Д.Г. БЕЛЕЦКИЙ
В.Г. МОИСЕЕВ
М.Г. ШЕМЕТОВ

# Справочник токаря-универсала

ББК 34.63
Б43
УДК 621.941-057.2(035)

Рецензенты: **В. А. Мещеряков и Ю. В. Заров**

**Белецкий Д. Г.** и др.

Б43 Справочник токаря-универсала/Д. Г. Белецкий, В. Г. Моисеев, М. Г. Шеметов; Под ред. М. Г. Шеметова.— М.: Машиностроение, 1987.— 560 с.: ил.— (Серия справочников для рабочих).

(В пер.): 1 р. 80 к.

Изложены сведения о процессах и режимах резания, нормировании токарных работ. Приведены методы повышения производительности труда, технические характеристики оборудования, описание технологической оснастки и инструмента, данные по обработке особо сложных деталей, изложены вопросы изобретательства и рационализации.

Для токарей-универсалов всех отраслей машиностроения, может быть полезен учащимся ПТУ.

**Б $\frac{2704040000\text{-}605}{038(01)\text{-}87}$ 250-86** **ББК 34.63**

© Издательство «Машиностроение», 1987

# ОГЛАВЛЕНИЕ


Глава 1. **Точность и качество поверхности при токарной обработке** *(Д. Г. Белецкий)* . . . . . 6
Виды и величины погрешностей . . . . . 6
Заготовки и припуски для токарной обработки 12
Повышение качества поверхности методами пластического деформирования . . . . . 16
Глава 2. **Режущий инструмент** *(И. В. Гайгал, В. Г. Моисеев, М. Г. Шеметов)* . . . . . 24
Инструментальные материалы . . . . . 24
Основные определения и классификация режущего инструмента . . . . . 44
Резцы с механическим креплением многогранных режущих пластин . . . . . 62
Расточные резцы и головки . . . . . 76
Конструкции резцов с механическим креплением пластин . . . . . 82
Инструмент для обработки фасонных поверхностей . . . . . 91
Резцы с напайной пластиной . . . . . 97
Резцы из сверхтвердых материалов . . . . . 99
Методы заточки токарного инструмента . . . . 106
Сверла . . . . . 119
Зенкеры и зенковки . . . . . 134
Развертки . . . . . 139
Резьбообразующий инструмент . . . . . 150
Глава 3. **Режимы резания осяовных групп обрабатываемых материалов** *(М. Г. Шеметов)* . . . . . 179
Глава 4. **Смазочно-охлаждающие технологические среды** *(М. Г. Шеметов, И. В. Гайгал)* . . . . . 248
Виды СОТС . . . . . 249
Характеристики и область применения основных марок СОТС . . . . . 250
Глава 5. **Оборудование дли токарных работ** *(Д. Г. Белецкий)* 260
Универсально-токарные центровые станки . . . 262
Лоботокарные станки . . . . . 270
Специализированные токарные станки . . . . . 270

Токарно-затыловочные станки . . . . . 273
Токарные гидрокопировальные станки . . . . . 288
Числовое программное управление станками . . . 293
Технические данные и особенности конструкций станков с ЧПУ . . . . . 293

Глава 6. **Вспомогательные устройства к токарным станкам** *(В. Г. Моисеев, М. Г. Шеметов)* . . . . . 301
Углы уклона инструментальных конусов . . . . . 301
Цанговые зажимы . . . . . 301
Сверлильные патроны . . . . . 308
Патроны для разверток и метчиков . . . . . 315
Резьбонарезные головки . . . . . 323

Глава 7. **Приспособления для высокопроизводительной обработки** *(В. Г. Моисеев, М. Г. Шеметов)* . . . 327
Классификация систем приспособлений . . . . 327
Закрепление заготовок . . . . . 328
Токарные патроны общего назначения . . . . 330
Кулачки к самоцентрирующим токарным патронам 334
Токарные поводковые патроны . . . . . 337
Центры поводковые зубчатые . . . . . 340
Центры вращающиеся . . . . . 343
Упоры . . . . . 347
Люнеты . . . . . 351
Приспособления для обработки эксцентриков 356
Планшайбы, угольники, оправки . . . . . 358
Обработка конических поверхностей . . . . . 367
Приспособления для обработки конусов . . . . 374
Приспособления для обработки фасонных поверхностей . . . . . 380
Приспособления для обработки сферических поверхностей . . . . . 382
Приспособления для нарезания резьбы . . . . 386
Специальные приспособления . . . . . 390

Глава 8. **Повышение производительности токарной обработки** *(Д. Г. Белецкий)* . . . . . 396

Глава 9. **Обработка тяжелых валов** *(Д. Г. Белецкий)* 408
Разновидности конструкций валов и особенности их обработки . . . . . 408
Особенности технологии обработки . . . . . 410

Глава 10. **Обработка резьб** *(В. Г. Моисеев, М. Г. Шеметов)* 435
Настройка станка на нарезание резьбы . . . . 435
Нарезание метрических резьб . . . . . 439

Нарезание прямоугольной, трапецеидальной и многозаходных резьб . . . . . 441
Накатывание резьбы . . . . . 453

Глава 11. **Плазменно-механическая обработка** *(М. Г. Шеметов, И. В. Гайгал)* . . . . . 460

Глава 12. **Обработка и доводка калибров** *(В. Г. Моисеев)* 472
Механическая и химико-механическая доводки 472
Материал притиров . . . . . 473
Абразивно-полирующие материалы . . . . . 475
Классификация притиров . . . . . 479
Технология изготовления калибров . . . . . 480

Глава 13. **Нормирование токарных работ** *(Д. Г. Белецкий)* 489
Элементы производственного процесса и технологическая документация . . . . . 489
Методы нормирования и тарификация токарных работ . . . . . 491
Определение нормы времени на токарные операции 494
Общая трудоемкость и себестоимость продукции 497

Глава 14. **Эксплуатация и ремонт токарных станков** *(Д. Г. Белецкий)* . . . . . 503
Единая система планово-предупредительного ремонта (ЕСППР) . . . . . 504
Техническое обслуживание токарных станков . . . 507
Проверка станков на точность . . . . . 514
Проверка станков на жесткость . . . . . 522
Испытания станков на виброустойчивость . . . 526

Глава 15. **Изобретательство и рационализации как фактор повышении эффективности производства** *(В. Г. Моисеев)* . . . . . 527
Некоторые сведения по организации изобретательской, рационализаторской и патентной работы в СССР . . . . . 527
Открытия . . . . . 528
Изобретения . . . . . 529
Рационализаторские предложения . . . . . 531
Промышленные образцы . . . . . 535

Приложение I . . . . . 538
Приложение II . . . . . 546
Список литературы . . . . . 548
Предметный указатель . . . . . 549

*Глава 1*

# ТОЧНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

## ВИДЫ И ВЕЛИЧИНЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Погрешности при механической обработке резанием выражаются в отклонениях от требований чертежа по размерам, взаимному расположению поверхностей, геометрической форме детали, а также по шероховатости обработанной поверхности и состоянию поверхностного слоя.

Погрешности обработки возникают в результате: геометрической неточности станка, приспособлений, мерного инструмента; неправильного базирования и закрепления заготовок при обработке; деформаций системы СПИЗ (станок, приспособление, инструмент, заготовка) под действием сил резания; неточности установки и регулирования инструмента, а также его изнашивания в процессе обработки; тепловых деформаций элементов системы СПИЗ.

Погрешности формы деталей, зависящие от точности токарных станков, указаны в табл. 1.

Погрешности установки заготовок на станках зависят от типа приспособления, методов закрепления и выверки заготовок. В зависимости от соотношения длины $L$ и диаметра $D$ заготовок применяются следующие методы их закрепления: в патроне при $L:D<1{,}5$; в центрах без люнета при $L:D<12$; в патроне с неподвижным люнетом (нежесткие ступенчатые и особо тяжелые заготовки) при $L:D>12$; в центрах с подвижным люнетом (нежесткие гладкие заготовки, обрабатываемые на станках с высотой центров менее 500 мм) при $L:D>12$.

В табл. 2 показаны типичные примеры закрепления заготовок при токарной обработке и условные обозначения установочных баз и зажимов.

Погрешности при установке заготовок в различных приспособлениях приведены в табл. 3 и 4.

При установке заготовок в четырехкулачковом патроне требуется обязательная выверка.

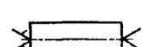
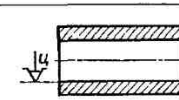
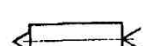
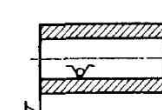
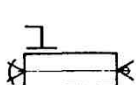
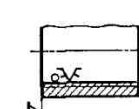
В случае проверки иглой рейсмаса по необработанной поверхности погрешности установки составляют 1 – 3 мм, по грубообработанной поверхности – 0,5 – 2,0 мм. При проверке индикатором по предварительно обработанной поверхности

**1. Допускаемые погрешности формы деталей после чистовой токарной обработки**

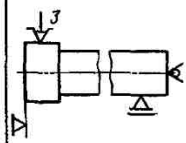
| Тип токарных станков | Наибольший диаметр детали, мм, до | Погрешность, мкм, в сечении | | Отклонение торцов от плоскостности (в сторону вогнутости), мкм * |
|---|---|---|---|---|
| | | продольном * | поперечном | |
| Общего назначения | 400 | 10/100 | 10 | 15/200 |
| | 800 | 30/100 | 15 | 20/300 |
| | 1000 | 40/300 | 20 | 25/400 |
| | 3200 | 50/300 | 30 | 30/500 |
| | 6300 | 60/300 | 40 | 70/900 |
| Повышенной точности | 500 | 10/300 | 5 | 10/200 |

* В числителе даны значения отклонения, в знаменателе – базовая длина (мм).

**2. Примеры обозначений установочных баз и зажимов при установке заготовок на токарных станках (ГОСТ 3.1107–81)**

| Способ установки | Схема | Способ установки | Схема |
|---|---|---|---|
| На рифленом и гладком неподвижном центрах |  | На цанговой разжимной оправке |  |
| На обратном рифленом и гладком неподвижном центрах |  | На цилиндрической роликовой оправке |  |
| На плавающем переднем и вращающемся заднем центрах с поводковым патроном и неподвижным люнетом |  | На резьбовой цилиндрической оправке с упором в торец |  |

*Продолжение табл. 2*

| Способ установки | Схема | Способ установки | Схема |
|---|---|---|---|
| В трехкулачковом патроне с механическим зажимом, с упором в торец, с вращающимся задним центром и подвижным люнетом |  | На конической оправке с механизированным гидравлическим зажимом*, упором на рифленый торец и поджимом вращающимся центром |  |

* Кроме гидравлических зажимов применяются пневматические (П), электрические (Э), магнитные (М) и электромагнитные (ЭМ) механизированные зажимы.

**3. Погрешности установки заготовок на оправках без выверки при ручном закреплении**

| Тип оправок | Квалитет точности базовой поверхности заготовки | Погрешности, мкм, в направлении | |
|---|---|---|---|
| | | радиальном | осевом |
| Цилиндрические с гайками | 9–11 | В пределах допуска зазора | 10 |
| Цанговые диаметром, мм, до: | | | |
| 50 | 7–8 | 10–35 | 20 |
| 200 | | 20–60 | 50 |
| С упругими втулками при длине: | | | |
| $\leqslant 1{,}5D$ | 7–8 | 3–10 | – |
| $> 3{,}0D$ | | 10–20 | – |
| Конусные при отверстии $\leqslant 1{,}5D$ | 7 | 30 | Зависит от размеров оправок |
| С упругими гофрированными элементами | 6–7 | 2–5 | – |

**4. Погрешности установки заготовок в трехкулачковых патронах без выверки**

| Вид заготовки | Смещение* заготовки, мкм, при диаметрах, мм, установочной поверхности, до | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 50 | 120 | 260 | 500 |
| Шлифованная | 20/10 | 30/15 | 40/25 | 50/30 |
| Предварительно обработанная | 50/30 | 80/50 | 100/80 | 120/100 |
| Отливка по выплавляемым моделям или в оболочковую форму | 100/50 | 150/80 | 200/100 | 250/120 |
| Отливка в постоянную форму или штампованная заготовка | 200/80 | 300/100 | 400/120 | 500/150 |

* В числителе даны значения смещений в радиальном направлении, в знаменателе – в осевом.

погрешности составляют 0,02 – 0,08 мм.

Погрешности установки резца при наладке на размер в радиальном направлении приведены в табл. 5.

Основные виды погрешностей формы при токарной обработке следующие: конусообразность при обработке в центрах и патроне в случае несовпадения осей передней и задней бабок, отклонения от параллельности осей шпинделя и направляющих станины, а также вследствие изнашивания вершины резца при обработке длинных валов; бочкообразность – утолщение в середине обработанной заготовки при обработке в центрах нежесткого вала ($L:D > 12$) без люнета; седлообразность – уменьшение диаметра в середине вала при нежестких переднем и заднем центрах или бабках; овальность и огранка наружных и внутренних поверхностей вследствие биения шпинделя и неравномерного изнашивания его шеек; неправильность формы отверстий тонкостенных втулок и колец после их растачивания в патроне (лепестковая форма) за счет пережима кулачков при установке обработанной заготовки.

Качество обработанной поверхности характеризуется ее шероховатостью и физико-механическими свойствами поверхностного слоя (внутренним напряжением, наклепом, глубиной обезуглероженного слоя и др.).

Погрешности обработки и шероховатость поверхности в зависимости от вида обработки приведены в табл. 6.

**5. Погрешность (Δ) установки резца при наладке на размер в радиальном направлении**

| Метод установки | Δ, мкм |
|---|---|
| По лимбу с ценой деления, мм: | |
| 0,01 | 10 |
| 0,02 | 15 |
| 0,03 | 20 |
| 0,05 | 30 |
| 0,1 | 40 |
| По индикаторному упору с ценой деления прибора, мм: | |
| 0,01 | 10 – 15 |
| 0,002 | 3 – 5 |
| 0,001 | 1 – 2 |
| По жесткому упору | 20 – 50 |
| По эталону: | |
| при касании эталона резцом и последующем его закреплении | 100 – 130 |
| при закрепленном резце путем подвода суппорта поперечной подачи | 20 – 30 |
| при контроле положения резца с помощью бумажного щупа | 10 – 20 |
| при контроле положения резца с помощью металлического щупа | 7 – 10 |
| Вие стаика: | |
| с помощью индикатора или миниметра | 20 – 30 |
| блока с резцами | 10 – 50 |
| Поворотом многогранной режущей пластины | 25 |

Примечания: 1. Погрешность установки эталона не должна превышать 10 – 20 мкм.

2. Для диаметральных размеров учитывают удвоенную погрешность 2Δ.

**6. Значения параметров точности и качества поверхностей при различных видах обработки**

| Вид обработки | Параметр шероховатости поверхности *Ra* | Глубина дефектного поверхностного слоя | Квалитет точности размера обработки | Допуск формы, мкм, при номинальных диаметрах поверхностей, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | мкм | | | До 6 | Св. 6 до 18 | Св. 18 до 50 | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 260 | Св. 260 до 500 |
| **Обработка наружных поверхностей** | | | | | | | | | |
| Точение: черновое | 40 – 10 | 120 – 60 | 14<br>13 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |

*Продолжение табл. 6*

| Вид обработки | Параметр шероховатости поверхности *Ra* | Глубина дефектного поверхностного слоя | Квалитет точности размера обработки | Допуск формы, мкм, при номинальных диаметрах поверхностей, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | До 6 | Св. 6 до 18 | Св. 18 до 50 | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 260 | Св. 260 до 500 |
| | мкм | | | | | | | | |
| Точение: | | | | | | | | | |
| получистовое | 20–2,5 | 50–20 | 13 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 |
| | | | 11 | 12 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| чистовое | 10–1,25 | 30–20 | 10 | 8 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |
| | | | 9 | 5 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| тонкое, алмазное | 1,25–0,32 | 10–5 | 8 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| | | | 7 | | | | | | |
| Обкатывание, | 0,63–0,04 | – | 9 | 5 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| алмазное выглаживание | | | 8 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| | | | 7 | | | | | | |
| | | | 6 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| **Обработка внутренних поверхностей** | | | | | | | | | |
| Сверление и растачивание | 20–2,5 | 70–25 | 12 | – | 30 | 40 | 50 | – | – |
| | | | 11 | 12 | 20 | 24 | – | – | – |
| Зенкерование: | | | | | | | | | |
| черновое | 20–5 | 50–30 | 12 | – | 30 | 40 | 50 | – | – |
| | | | 11 | – | 20 | 25 | 30 | – | – |
| чистовое | 10–2,5 | 40–25 | 10 | – | 12 | 16 | 20 | – | – |
| Развертывание: | | | | | | | | | |
| однократное | 2,5–1,25 | 25–15 | 11 | 8 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |
| | | | 10 | 5 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| точное | 1,25–0,63 | 10 | 9 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| | | | 8 | | | | | | |
| тонкое | 0,63–0,32 | 5 | 7 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| | | | 6 | | | | | | |
| Растачивание: | | | | | | | | | |
| черновое | 20–5,0 | 50–30 | 12 | – | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| | | | 11 | 8 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 |

*Продолжение табл. 6*

| Вид обработки | Параметр шероховатости поверхности *Ra* | Глубина дефектного поверхностного слоя | Квалитет точности размера обработки | Допуск формы, мкм, при номинальных диаметрах поверхностей, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | До 6 | Св. 6 до 18 | Св. 18 до 50 | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 260 | Св. 260 до 500 |
| | мкм | | | | | | | | |
| Растачивание: | | | | | | | | | |
| чистовое | 5,0—1,25 | 25—15 | 10<br>9 | 5 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 |
| тонкое, алмазное | 1,25—0,16 | 10—4 | 8<br>6 | 3<br>3 | 5<br>3 | 6<br>4 | 8<br>5 | 10<br>6 | 12<br>8 |
| Притирка, хонингование | 0,25—0,02 | 5—3 | 6 | 2<br>1,2 | 3<br>2 | 4<br>2,5 | 5<br>3 | 6<br>4 | 8<br>5 |
| Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание | 0,63—0,04 | — | 10,9<br>8,7<br>6 | 5<br>3<br>2 | 8<br>5<br>3 | 10<br>6<br>4 | 12<br>8<br>5 | 16<br>10<br>6 | 20<br>12<br>8 |

Примечания: 1. Данные табл. 6 соответствуют обработке деталей из стали. При обработке деталей из чугуна и цветных металлов допуски можно получить на один квалитет точнее.

2. Допуски, указанные в таблице, действительны при $L:D<2$; при $L:D=2-10$ погрешности обработки увеличиваются в 1,2—2 раза.

## ЗАГОТОВКИ И ПРИПУСКИ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Повышение эффективности производства требует применения таких заготовок, которые по своей форме и размерам максимально приближаются к готовым деталям.

На токарную обработку поступают заготовки для валов в виде проката обычной и повышенной точности, отливки, а также кованые и штампованные заготовки. Для изготовления втулок, дисков и рычагов применяются заготовки из проката, штампованные и отливки, для корпусных и коробчатых деталей — отливки и штампованные заготовки.

Припуск на обработку определяется, исходя из размера готовой детали путем прибавления суммы припусков и допусков на промежуточные операции.

Величина припуска на каждую операцию устанавливается с учетом размера детали, погрешности формы, глубины дефектного слоя и величины шероховатости после предыдущей обработки.

Точность размеров и качество поверхности заготовок зависят от метода их изготовления и требуемой точности готовой детали. Для изготовления из проката (ГОСТ 2590 – 71*) устанавливают три группы точности: высокую, повышенную и обычную. Для отливок из чугуна (ГОСТ 1855 – 55) и стальных заготовок (ГОСТ 2009 – 55) установлены также три класса точности, соответственно для массового (первый класс), серийного и единичного производства.

Припуски на стальные заготовки, получаемые свободной ковкой на прессах и молотах, регламентированы ГОСТ 7062 – 79* и ГОСТ 7829 – 70, на стальные штампованные заготовки массой до 200 кг – ГОСТ 7505 – 74 *.

Поковки из цветных металлов и сплавов, изготовляемые на молотах и прессах, в зависимости от требуемой шероховатости поверхности (до $Ra = 0{,}63 \div 0{,}32$ мкм после обработки) должны иметь припуск на одну сторону 1,5 – 2,5 мм при габаритных размерах до 250 мм и 2 – 3 мм при габаритных размерах до 500 мм.

Промежуточные припуски и допуски на черновое и чистовое точение приведены в табл. 7.

Припуски для снятия слоя цементации с поверхностей, не подлежащих закалке, приведены ниже:

| Глубина слоя цементации, мм | До 0,6 | До 0,8 | До 1,1 | До 1,4 | До 1,8 |
|---|---|---|---|---|---|
| Припуск на диаметр, мм | 2,0 | 2,6 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |

Припуски для обработки торцов валов представлены в табл. 8.

Промежуточные припуски и допуски при обработке внутренних цилиндрических поверхностей приведены в табл. 9 – 11.

Допуски и припуски на чугунные и стальные отливки регламентированы ГОСТ 1855 – 55 и ГОСТ 2009 – 55.

Поступающие на токарную обработку заготовки должны контролироваться по чертежу на заготовку и общим техническим условиям (ТУ) на прокат и отливки, в которых указаны требования к качеству поверхности.

**7. Промежуточные припуски (мм) и допуски (мм) на обработку наружных цилиндрических поверхностей при черновом и чистовом точении***

| Диаметр вала, мм | Припуск на диаметр, при расчетной длине, мм, до | | | | | Допуск на диаметр |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 | 250 | 400 | 630 | 1000 | |
| До 6 | 2,5/1 | 3/1,1 | 3,5/1,1 | – | – | −0,30/−0,08 |
| Св. 6 до 10 | 3,0/1,2 | 3,5/1,5 | 3,5/1,5 | 3,5/1,5 | 4/2,0 | −0,36/−0,10 |
| Св. 10 до 18 | 3,0/1,2 | 3,5/1,5 | 3,5/1,5 | 4,0/1,5 | −/2,0 | −0,43/−0,12 |
| Св. 18 до 30 | 3,5/1,5 | 3,5/1,5 | 3,5/1,5 | 4,0/2,0 | 5,0/2,0 | −0,52/−0,14 |
| Св. 30 до 50 | 4/1,5 | 4,5/1,5 | 4,5/2,0 | 5/2,0 | 5,5/2,5 | −0,62/−0,17 |
| Св. 50 до 80 | 4,0/2,0 | 4,5/2,0 | 4,5/2,0 | 5,5/2,5 | 5,5/2,5 | −0,74/−0,20 |
| Св. 80 до 120 | 5,5/2,0 | 6,0/2,0 | 7/2,0 | 7,5/2,5 | 8,5/2,5 | −0,87/−0,23 |
| Св. 120 до 200 | 6,0/2,0 | 7,0/2,5 | 7,5/2,5 | 8/3 | 9/3 | −/−0,87 |

* В числителе даны значения при черновом точении, в знаменателе — при чистовом.

Примечания: 1. При обработке заготовки с уступами припуск выбирают по отношению к общей ее длине.

2 Припуски на чистовое точение даны для случая, когда заготовка подвергается чериовому точению.

**8. Припуски (мм) на чистовое подрезание торцов и уступов**

| Диаметр заготовки, мм | Общая длина заготовки, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | До 18 | Св. 18 до 50 | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 260 | Св. 260 до 500 | Св. 500 |
| До 30 | 0,4 | 0,5 | – | – | – | – |
| Св. 30 до 50 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |
| Св. 50 до 120 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,3 |
| » 120 » 200 | 0,7–0,8 | 0,8–0,9 | 1,0 | 1,0–1,2 | 1,2–1,4 | 1,4–1,5 |

Примечание. При обработке валов с уступами припуск брать на каждый уступ отдельно, исходя из его диаметра *d* и общей длины заготовки.

**9. Припуски и допуски (мм) на диаметр при чистовом растачивании отверстий**

| Диаметр отверстия, мм | Припуск при длине отверстия, мм, до | | | | | | | Допуск |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | |
| До 10 | 1,0 | 1,1 | 1 | — | — | — | — | +0,20 |
| Св. 10 до 18 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | — | — | — | — | +0,24 |
| » 18 » 30 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | — | — | — | +0,28 |
| » 30 » 50 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | — | — | +0,34 |
| » 50 » 80 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | — | +0,40 |
| » 80 » 120 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | +0,46 |
| » 120 » 180 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,5 | +0,53 |
| » 180 » 260 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,6 | +0,60 |
| » 260 » 300 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | +0,68 |
| » 300 » 500 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | +0,76 |

**10. Припуски и допуски (мм) на диаметр под шлифование отверстий***

| Диаметр отверстия, мм | Припуск при длине отверстия, мм, до | | | | | Допуск |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 | |
| До 10 | 0,2/0,3 | — | — | — | — | +0,10 |
| От 10 до 18 | 0,3/0,3 | 0,3/0,4 | — | — | — | +0,12 |
| Св. 18 » 30 | 0,3/0,4 | 0,4/0,4 | 0,4/0,4 | — | — | +0,14 |
| » 30 » 50 | 0,4/0,4 | 0,4/0,4 | 0,4/0,5 | 0,4/0,5 | — | +0,17 |
| » 50 » 80 | 0,4/0,4 | 0,4/0,5 | 0,4/0,5 | 0,4/0,5 | — | +0,20 |
| » 80 » 120 | 0,5/0,5 | 0,5/0,5 | 0,5/0,6 | 0,5/0,6 | 0,6/0,7 | +0,23 |
| » 120 » 180 | 0,6/0,6 | 0,6/0,6 | 0,6/0,6 | 0,6/0,6 | 0,6/0,7 | +0,26 |
| » 180 » 260 | 0,6/0,7 | 0,6/0,7 | 0,7/0,7 | 0,7/0,7 | 0,7/0,8 | +0,30 |
| » 260 » 360 | 0,7/0,7 | 0,7/0,8 | 0,7/0,8 | 0,8/0,8 | 0,8/0,9 | +0,34 |
| » 360 » 500 | 0,8/0,8 | | | | 0,8/0,9 | +0,38 |

* В числителе даны значения для незакаленных заготовок, в знаменателе — для закаленных.

Крупные поковки и отливки для особо ответственных деталей (валов турбин, блоков цилиндров высокого давления) принимаются по специальным ТУ. Они предусматривают

**11. Припуски и допуски (мм) на тонкое (алмазное) растачивание отверстий**

| Диаметр отверстия, мм | Припуск для обработки | | | | Допуск (+) на черновую обработку по 8-му и 9-му квалитетам точности |
|---|---|---|---|---|---|
| | легких сплавов | баббитов | бронзы и чугуна | стали | |
| До 30 | 0,2/0,1 | 0,3/0,1 | 0,2/0,1 | 0,2/0,1 | 0,04 |
| 31 – 50 | 0,3/0,1 | 0,4/0,1 | 0,3/0,1 | 0,2/0,1 | 0,05 |
| 51 – 120 | 0,4/0,1 | 0,5/0,1 | 0,3/0,1 | 0,2/0,1 | 0,07 |
| 121 – 260 | 0,5/0,1 | 0,6/0,2 | 0,4/0,1 | 0,3/0,1 | 0,09 |
| 261 – 500 | 0,5/0,1 | 0,6/0,2 | 0,4/0,1 | 0,3/0,1 | 0,12 |
| 501 – 800 | –/– | –/– | 0,5/0,2 | 0,4/0,1 | 0,15 |
| 801 – 1000 | –/– | –/– | 0,6/0,2 | 0,5/0,2 | 0,17 |

Примечания: 1. При однопереходном растачивании припуск определяют как сумму припусков на получистовое и чистовое растачивание.
2. В числителе даны значения припуска для получистовой обработки, в знаменателе – для чистовой.

рентгеноструктурный, магнитный, металлографический и химический анализы и проверку механической прочности образцов, отрезаемых от поковок или отливаемых вместе с основной заготовкой.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДАМИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

В целях повышения износостойкости и снижения шероховатости поверхности деталей производятся операции обкатывания и раскатывания, динамического наклепа шариками и выглаживания поверхности алмазом.

**Обкатывание и раскатывание.** Операции выполняются на токарных станках с высотой центров от 200 мм и выше, одно- и многороликовыми и шариковыми приспособлениями, закрепленными в суппорте станка (рис. 1 – 3).

В некоторых случаях производят одновременную обработку резцом и обкатывание шариком, расположенным в державке с противоположной от резца стороны заготовки.

Прижим роликов и шариков к обрабатываемой поверхности осуществляется с помощью тарированных пружин. Обработке

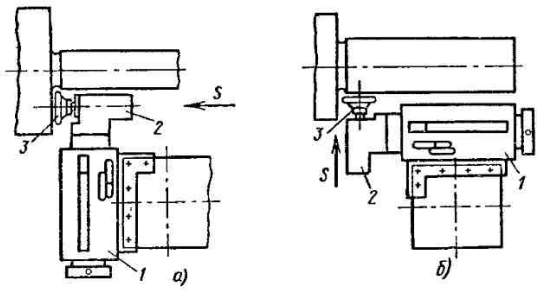



**Рис. 1. Схемы обкатывания поверхностей на токарных станках посредством однороликовых приспособлений:**
*а* – торцовой поверхности; *б* – шейки вала; *1* – корпус приспособления; *2* – роликовая головка; *3* – ролики

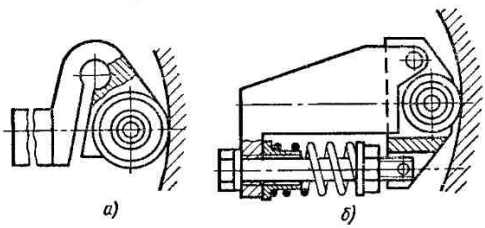



**Рис. 2. Однороликовые раскатки:**
*а* – с пружинящим корпусом; *б* – с нажимной пружиной

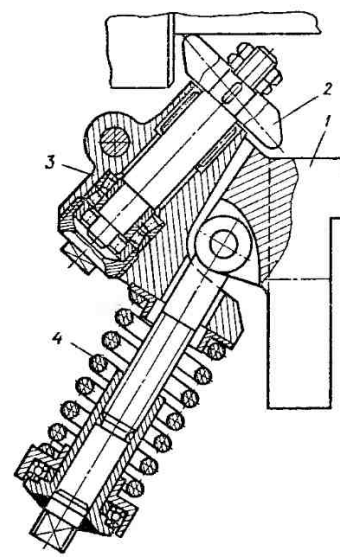



**Рис. 3. Однороликовое приспособление для обкатывания переходных поверхностей:**
*1* – корпус приспособления, устанавливаемого в резцедержателе; *2* – ролик; *3* – роликовая головка; *4* – натяжная пружина

подвергаются цилиндрические наружные и внутренние поверхности, канавки, переходные и фасонные поверхности 7–11-го квалитетов точности.

В процессе обработки происходит пластическая деформация микронеровностей, создаются сжимающие напряжения в поверхностном слое и на 25–40% повышается микротвер-

дость поверхности детали. Шероховатость поверхности улучшается до $Ra = 0{,}63 \div 0{,}16$ мкм, а точность размеров повышается на $10-20\%$.

Основными факторами, определяющими результаты обкатывания, являются рабочая сила прижима ролика, подача и исходная шероховатость поверхности.

Величины изменения диаметра обрабатываемой поверхности детали при обкатывании и раскатывании в зависимости от предварительной обработки и шероховатости поверхности приведены в табл. 12.

Ориентировочно припуск под обработку методом пластической деформации может быть определен по формуле

$$2\Delta = K(Rz' - Rz''),$$

где $2\Delta$ – припуск на диаметр; $Rz'$, $Rz''$ – шероховатость поверхности до и после обработки, мкм; $K$ – коэффициент, равный $1{,}1-1{,}5$, зависит от твердости металла; для цветных и легких металлов и сплавов принимают большие значения коэффициента, для закаленных сталей ($HRC_э 57-63$) – меньшие его значения.

Параметры режимов обработки, обеспечивающие получение заданной шероховатости, указаны в табл. 13.

Силы обкатывания в зависимости от размеров детали и ролика определяются по номограмме (рис. 4). Стрелки показывают последовательность определения приведенной силы $P$ для вала диаметром 250 мм и отверстия диаметром 100 мм при диаметрах роликов соответственно 100 и 50 мм и радиусах их профиля 50 и 20 мм.

**12. Изменения диаметров деталей при обкатывании и раскатывании**

| Способ предварительной обработки | Исходная шероховатость, мкм | Величина изменения диаметра, мм |
|---|---|---|
| Точение | $Rz = 40-20$<br>$Rz = 20-10$<br>$Ra$ 2,5 – 1,25 | 0,03 – 0,06<br>0,02 – 0,04<br>0,01 – 0,02 |
| Точение резцом с широкой кромкой | $Rz = 20-10$<br>$Ra$ 2,5 – 1,25 | 0,01 – 0,02<br>До 0,01 |

**13. Значения подачи и зависимости от радиуса профили роликов или шариков и исходиой шерохоиатости поиерхяости**

| Радиус профиля роликов, мм | Подача $S$, мм/об, для получения параметра шероховатости $Ra$, мкм | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,25–0,63 | | | 0,63–0,32 | | 0,32–0,16 | |
| | Исходная шероховатость поверхности, мкм | | | | | | |
| | $Rz=40$* | $Rz=20$ | $Ra=2,25$ | $Rz=20$ | $Ra=2,5$ | $Ra=2,5$ | $Ra=1,25$ |
| 5 | 0,07 | 0,15 | 0,30 | 0,07 | 0,15 | 0,07 | 0,15 |
| 6,3 | 0,09 | 0,18 | 0,36 | 0,09 | 0,18 | 0,09 | 0,17 |
| 8 | 0,12 | 0,23 | 0,46 | 0,12 | 0,23 | 0,12 | 0,19 |
| 10 | 0,15 | 0,29 | 0,56 | 0,15 | 0,29 | 0,15 | 0,21 |
| 12,5 | 0,18 | 0,37 | 0,64 | 0,18 | 0,34 | 0,18 | 0,24 |
| 16 | 0,23 | 0,47 | 0,72 | 0,23 | 0,39 | 0,23 | 0,27 |
| 20 | 0,29 | 0,58 | 0,80 | 0,29 | 0,42 | 0,29 | 0,30 |
| 25 | 0,37 | 0,83 | 0,88 | 0,37 | 0,48 | 0,35 | 0,35 |
| 32 | 0,47 | 0,94 | 1,00 | 0,47 | 0,54 | 0,39 | 0,39 |
| 40 | 0,58 | 1,12 | 1,12 | 0,58 | 0,60 | 0,43 | 0,43 |
| 50 | 0,74 | 1,24 | 1,24 | 0,66 | 0,66 | 0,48 | 0,48 |
| 63 | 0,92 | 1,40 | 1,40 | 0,72 | 0,72 | 0,54 | 0,54 |
| 80 | 1,17 | 1,60 | 1,60 | 0,84 | 0,84 | 0,60 | 0,60 |
| 100 | 1,45 | 1,80 | 1,80 | 0,96 | 0,96 | 0,66 | 0,66 |
| 125 | 1,80 | 2,00 | 2,00 | 1,05 | 1,05 | 0,75 | 0,75 |
| 160 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 1,23 | 1,23 | 0,85 | 0,85 |
| 200 | 2,55 | 2,55 | 2,55 | 1,35 | 1,35 | 0,95 | 0,95 |

* При $Rz=40$ мкм число продольных рабочих ходов равно 2, для остальных параметров шероховатости – 1.

Полученные значения силы $P$ (10 000 и 4000 Н) должны быть умножены на коэффициент $K$, зависящий от твердости обрабатываемого материала:

$$K = 0{,}01HB - 0{,}4.$$

Примеры режимов обкатывания вагонных осей и раскатывания многороликовыми раскатками отверстий в чугунных деталях приведены в табл. 14, 15. Чугунные детали обрабатываются без смазки; при обработке стальных деталей в качестве смазки применяются 5%-ная эмульсия, сульфофрезол, смесь машинного масла с керосином (каждого по 50%).

**Наклепывание шариками.** На рис. 5 показана схема процесса центробежно-ударного наклепа. Шарики или ролики могут перемещаться в пазах вращающегося сепаратора. Интенсив-

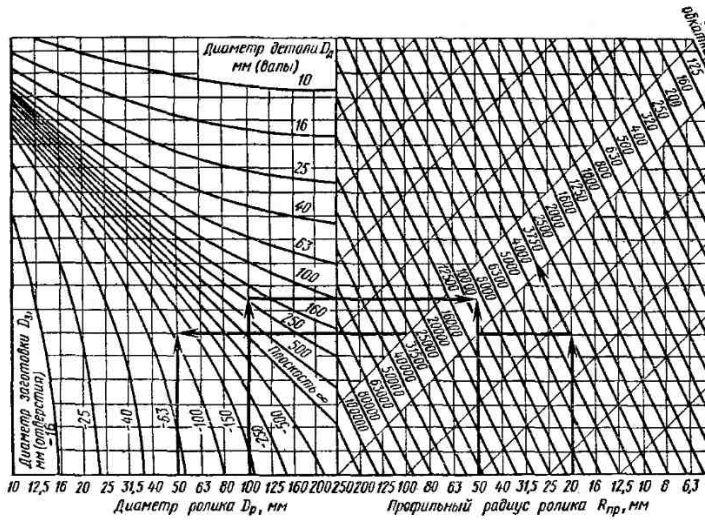



**Рис. 4. Номограмма для определения силы обкатывания в зависимости от размеров заготовки и ролика**

### 14. Параметры режимов обкатывания вагонных осей

| Размеры роликов, мм | | Сила $P$, действующая на ролик, Н, при диаметре детали, мм, до | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D_р$ | $R_{пр.у}$ | 69 | 80 | 129 | 159 | 194 | 239 | 284 |
| 110 | 9 | 6000 | 8000 | 10000 | 14000 | 16000 | — | — |
| 110 | 15 | 7000 | 9000 | 12000 | 16000 | — | — | — |
| 130 | 12 | — | — | — | 17000 | 19000 | 22000 | 24000 |
| 130 | 15 | — | — | — | — | 20000 | 23000 | 25000 |
| 150 | 19 | — | — | — | 22000 | 24000 | 26000 | 28000 |

Примечания: 1. Обработку проводят двумя роликами: упрочняющим и сглаживающим, диаметры $D_р$ которых одинаковы.

2. Профильный радиус сглаживающего ролика $R_{пр.с} = 50$ мм; значения профильных радиусов упрочняющего ролика $R_{пр.у}$ указаны в таблице.

3. Обкатывание проводят за один переход при подаче $S = 0{,}2 \div 0{,}6$ мм/об и скорости $v = 75 \div 125$ м/мин.

ность обработки определяется величиной натяга $h$. Режимы центробежно-ударной обработки поверхностей шариками приведены в табл. 16.

В результате пластической деформации микронеровностей

**15. Параметры режимов обработки отверстий в чугунных деталях многороликовыми раскатками**

| Параметры | Структура материала | | |
|---|---|---|---|
| | Феррит | Феррит + перлит | Перлит |
| Диаметр ролика, мм | 12–14 | 10–12 | 8–10 |
| Профильный радиус, мм | 3–3,5 | 3–3,5 | 3,3–5 |
| Шероховатость ($Ra$) поверхности, мкм: | | | |
| исходной | 5–1,25 | 5–1,25 | 5–1,25 |
| после обработки | 0,25–0,08 | 0,63–0,25 | 1,25–0,32 |
| Наибольшая радиальная сила раскатывания $P$, Н | 350–400 | 650–700 | 1400–1500 |
| Осевая подача $S$, мм/об | 0,25–0,55 | 0,15–0,35 | 0,10–0,15 |

Примечание. Превышение указанных значений силы $P$ может привести к шелушению обрабатываемой поверхности.

**16. Режимы центробежно-ударной обработки поверхностей шариками**

| Обрабатываемый материал | Окружная скорость, м/с | | Подача, мм/об | Натяг, мм | Число переходов | Повышение микротвердости, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | сепаратора | детали | | | | |
| Сталь | 15–40 | 0,5–1,5 | 0,04–0,16 | 0,1–0,25 | 2–3 | 15–55 |
| Чугун | 15–20 | 0,5–1,0 | 0,08–0,10 | 0,1–0,2 | 2 | 30–60 |
| Бронза, латунь | 8–15 | 0,5–1,0 | 0,02–0,20 | 0,05–0,1 | 1–2 | 25–45 |
| Дюралюминий | 9–13 | 0,1–0,5 | 0,02–0,15 | 0,01–0,15 | 1–2 | 25–35 |

шероховатость поверхности улучшается до $Ra = 0{,}63 \div 0{,}08$ мкм (при исходной шероховатости, равной 5–0,63 мкм); микротвердость поверхности увеличивается на 20–30% при глубине наклепа 0,3–3,0 мм; остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое достигают 4000–8000 МПа.

Размеры наклепываемых поверхностей детали изменяются в пределах 1–5 мкм и обычно не выходят за границы допуска

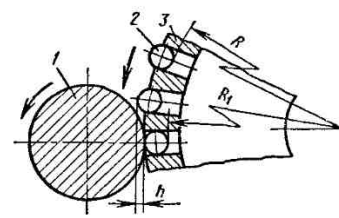



**Рис. 5. Схема процесса наклепа шариками:**
*1* – заготовка; *2* – шарик; *3* – диск (сепаратор)

6–8-го квалитетов, по которому должны обрабатываться детали перед шариковым наклепом.

Шариковый наклеп применяется для стальных и чугунных деталей с твердостью до $HRC_э$ 59–62, а также деталей из цветных металлов и сплавов.

При обработке необходимо обеспечить постоянную величину натяга и биения шариков, прижатых к сепаратору, а также биение и погрешность формы обрабатываемой детали не более 0,03–0,04 мм.

**Алмазное выглаживание.** Метод применяется для упрочнения и снижения шероховатости гладких поверхностей деталей из стали и цветных металлов, обработанных шлифованием или тонким точением по 7–8-му квалитетам точности.

Выглаживание производится алмазным наконечником, закрепляемым в специальных державках с тарировочными устройствами (рис. 6).

Рекомендуемые режимы алмазного выглаживания приведены в табл. 17.

Сила выглаживания не должна превышать 300 Н. Наиболее высокая износостойкость алмаза достигается при силе 250–300 Н. Допустимый износ алмаза определяется величиной

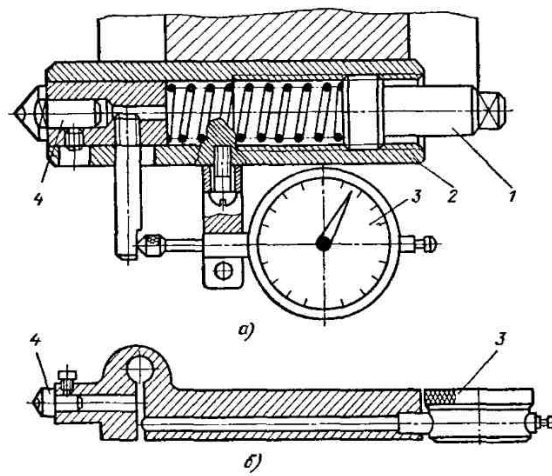



**Рис. 6. Державки для выглаживания поверхностей:**
*а* – с цилиндрической пружиной; *б* – с пружинным корпусом; *1* – регулировочный винт; *2* – корпус; *3* – индикатор; *4* – наконечник с алмазом

**17. Режимы алмазного выглаживания**

| Материал | Радиус алмазного наконечника, мм | Сила, Н | Подача, мм/об | Параметр шероховатости $Ra$*, мкм | Повышение твердости, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Сталь: ХГВ, закаленная ($HRC_э$ 52–62) | 1–1,3 | 120–180 | 0,02–0,05 | 1,25/0,25–0,16<br>0,63/0,16–0,08<br>0,25/0,08–0,04 | 20–35 |
| 35ХН1М, незакаленная ($HB$ 180–350) | 2,5–3,5 | 120–250 | 0,03–0,08 | 1,25/0,16–0,08<br>0,63/0,08–0,04<br>0,25/0,04–0,02<br>2,5/0,16–0,04 | 10–20 |
| Сплавы алюминиевые ($HB$ 140–180) | 3–3,5 | 80–150 | 0,04–0,1 | 1,25/0,16–0,08<br>0,63/0,08–0,04<br>0,25/0,04–0,02<br>10,0/0,63–0,32 | 8–14 |
| Бронзы, латуни ($HB$ 100–190) | 3–3,5 | 100–200 | 0,04–0,1 | 5,0/0,25–0,16<br>2,5/0,16–0,02<br>1,25/0,04–0,02 | 15–20 |

* В числителе приведены значения $Ra$ до обработки, в знаменателе – после нее.

Примечание. Окружная скорость деталей составляет 40–120 м/мин; она может быть повышена до 200 м/мин при обязательном отсутствии вибрации.

площадки износа диаметром 0,3–0,5 мм, что соответствует расстоянию, пройденному инструментом, 50–100 км. Для снижения величины износа алмаза следует применять смазку.

Размеры обработанных выглаживанием поверхностей могут изменяться в пределах 1–15 мкм. Во избежание потери точности следует ужесточать допуск предшествующей обработки на 20–30%.

При правильно подобранных режимах обработки шероховатость поверхности улучшается до 0,08–0,02 мкм (с $Ra = 0{,}25 \div 0{,}1$); микротвердость увеличивается на 60% при глубине наклепа до 400 мкм.

*Глава 2*

# РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Диапазон использования инструментального материала определяется соответствием его свойств эксплуатационным, технологическим и экономическим требованиям. Эксплуатационные требования предъявляются: к твердости, прочности (на изгиб, сжатие, ударную вязкость); теплостойкости (к температуре, при которой сохраняются режущие способности инструмента); износостойкости, теплопроводности. Технологические требования предъявляются к обрабатываемости материала резанием, его шлифуемости, способности пластически деформироваться, подвергаться термообработке, припаиваться, свариваться и т. д. Экономические требования сводятся к минимальной стоимости материала, минимальным затратам на изготовление и переточку инструмента.

Для изготовления режущих инструментов применяют следующие материалы:

инструментальные стали (углеродистые, легированные, быстрорежущие);

твердые сплавы (одно-, двух- и трехкарбидные, безвольфрамовые);

минералокерамику;

алмазы и сверхтвердые материалы;

абразивные материалы.

**Инструментальные углеродистые стали.** Инструментальные углеродистые стали содержат 0,6–1,4% углерода. Эти стали имеют низкую твердость в отожженном состоянии (*НВ* 187–207), что обеспечивает хорошую обрабатываемость резанием и высокую твердость после термической обработки ($HRC_э$ 58–65) (табл. 1). Однако твердость в зоне резания при температуре 200–250 °С резко падает, что является существенным недостатком.

Предусмотрен выпуск двух групп инструментальных углеродистых сталей (по ГОСТ 1435–74): качественные стали (У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12 и У13) и высококачественные стали (У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А и У13А).

**1. Свойства и область применения некоторых инструментальных углеродистых сталей**

| Сталь | *HB* в отожженном состоянии, не более | Температура отпуска, °С | $HRC_э$ после закалки и отпуска, не менее | Область применения |
|---|---|---|---|---|
| У9, У9А | 192 | 150–160<br>200–220 | 63–64<br>59–60 | Дисковые пилы, зубила, ножницы для резки жести, резцы для обработки меди |
| У10, У10А | 197 | 150–160<br>200–250 | 63–64<br>59–60 | Сверла малого диаметра, метчики, развертки, плашки, фрезы малого диаметра, напильники |
| У11, У11А | 207 | 150–160<br>200–250 | 63–64<br>58–59 | |
| У12, У12А, У13, У13А | 207<br>217 | 150–160<br>200–250 | 63–64<br>59–60 | Сверла спиральные, ручные, машинные, конические и насадные развертки, метчики, плашки, фрезы с затылованным зубом, долбяки, гребенки протяжки и т. п. |

Примечания: 1. В качественной инструментальной стали (без буквы А) содержание серы должно быть не более 0,030%; фосфора – не более 0,035%. 2. В высококачественной инструментальной углеродистой стали (марки с буквой А) содержание марганца 0,15–30%; серы – не более 0,020%; фосфора – не более 0,030%. 3. Температура закалки 760–780°С; охлаждающая среда – вода, масло.

Из-за отсутствия в стали легирующих химических элементов инструментальные углеродистые стали хорошо шлифуются и подвергаются доводке.

Недостатком углеродистых сталей является их низкая прокаливаемость. Поэтому необходимо проводить их закалку с охлаждением в воде, что увеличивает напряжения и деформации в закаленном инструменте и способствует образованию трещин при термообработке. В процессе резания при высоких температурах в зоне обработки в результате структурных превращений твердость углеродистых сталей резко снижается. Поэтому лезвия инструментов быстро изнашиваются. Это ограничивает применение углеродистых сталей при изготовлении высокопроизводительных инструментов.

**Инструментальные легированные стали.** Эти стали (ГОСТ 5950–73) подразделяются на две группы: неглубокой прокаливаемости, предназначенные в основном для изготовления режущего инструмента (7ХФ, 8ХФ, 9ХФ, 11ХФ, 13Х, ХВ4, В2Ф), и глубокой прокаливаемости, от которых требуется высокая твердость при повышенной вязкости, предназначенные для изготовления режущего и измерительного инструмента, деталей штампов и пресс-форм (9Х1, Х, 12Х1, 9ХС, ХГС, ХВГ, 9ХВГ, ХВСГ, 8Х6НФТ, 9Х5ВФ, 8Х4В3М3Ф2, Х6ВФ, Х12, Х12ВМ, Х12Ф1, 7ХГ2ВМ, 6ХВ3МФС, 6ХВГ и др.).

Эти стали обладают лучшей закаливаемостью, прокаливаемостью, меньшей чувствительностью к перегреву (табл. 2), чем углеродистые стали. В то же время они хорошо обрабатываются резанием и давлением.

**Конструкционные стали.** Для изготовления режущих и измерительных инструментов, приспособлений и штампов приме-

**2. Температура закалки и отпуска и область применения инструментальных легированных сталей**

| Марка стали | Температура закалки, °С, охлаждающая среда | Температура отпуска, °С | Область применения |
|---|---|---|---|
| Стали неглубокой прокаливаемости | | | |
| 11ХФ | 810–830, масло | 120–150 | Метчики и другие осевые инструменты диаметром до 30 мм |
| ХВ4 | 800–320, вода | 120–150 | Резцы и фрезы для обработки твердых металлов с невысокими скоростями резания |
| Стали глубокой прокаливаемости | | | |
| Х | 840–860, масло | 150–250 | Токарные, строгальные и долбежные резцы |
| 9ХС | 840–860, масло | 150–200 | Сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы |
| ХВГ | 830–850, масло | 160–220 | Протяжки, длинные метчики, плашки |
| ХВСГ | 840–860, масло | | Круглые плашки, развертки |

**3. Конструкционные стали для нерабочей части составного режущего инструмента**

| Инструмент | Нерабочая часть | Сталь |
|---|---|---|
| Резцы: | | |
| с пластинами из быстрорежущей стали | Державка | Ст6, 45, 40Х |
| с пластинами из твердого сплава | | 40Х, 45Х |
| Сверла: | | |
| сварные | Хвостовик | 45, 60, 65, 45Х |
| с пластинами из твердого сплава | Корпус | 45Х |
| Зенкеры: | | |
| сварные | Хвостовик | Ст6, 45, 45Х |
| с пластинами из твердого сплава | Корпус | 40Х |
| Развертки: | | |
| сварные | Хвостовик | Ст6, 45, 45Х |
| насадные | Корпус | 45, 50, 40Х |
| Метчики сварные | Хвостовик | Ст6, 45, 50, 40Х |

няют углеродистые стали обыкновенного качества (ГОСТ 380–71*), качественные (ГОСТ 1050–74**) и конструкционные легированные стали (ГОСТ 4543–71*). Конструкционная легированная сталь подразделяется на две группы: с нормальным содержанием марганца и с повышенным содержанием марганца. В табл. 3 даны рекомендуемые марки конструкционных сталей для изготовления нерабочей части составного режущего инструмента.

**Инструментальные быстрорежущие стали.** Красностойкость быстрорежущих сталей достигает 600–650 °С; она зависит в основном от двух факторов – химического состава сталей и режима их термической обработки. Наиболее важными легирующими элементами быстрорежущей стали является вольфрам (6–18%) и ванадий (1–5%). Во все быстрорежущие стали входит хром (3–4,5%). Некоторые быстрорежущие стали содержат кобальт, который также повышает их красностойкость. Однако с увеличением содержания кобальта и ванадия шлифуемость сталей ухудшается, повышается их чувствительнось к обезуглероживанию. Чтобы придать быстрорежущим сталям высокие режущие свойства, их подвергают термической обработке по специальному режиму.

ГОСТ 19265–73* предусматривает 14 марок быстрорежущих сталей, которые условно можно разделить на две группы: не содержащие кобальта и содержащие повышенное количество кобальта и ванадия. Согласно стандарту быстрорежущие стали подразделяются на горячекатаную, кованую, калиброванную и серебрянку. Этот же ГОСТ нормирует твердость, макроструктуру, карбидную неоднородность, глубину обезуглероженного слоя и другие параметры сталей. Химический состав быстрорежущих сталей различных марок отечественного производства приведен в табл. 4, а их физико-механические свойства – в табл. 5.

Быстрорежущие инструменты при резании труднообрабатываемых материалов применяют в тех случаях, когда невозможно использовать инструмент с режущей частью из твердых сплавов, т.е. при прерывистом резании и пониженной жесткости системы СПИД, при сверлении отверстий малого диаметра и нарезании в них резьбы.

Быстрорежущие стали подразделяются на стали нормальной производительности и повышенной производительности. К первой группе относятся стали Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р6М5, Р18Ф2. Они имеют универсальное применение. К сталям повышенной производительности относятся стали Р9Ф5, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2К5. Их применяют для обработки специальных сталей, жаропрочных и титановых сплавов, а также других труднообрабатываемых материалов.

Быстрорежущие стали по теплостойкости (красностойкости) можно подразделить на следующие группы:

умеренной (нормальной) теплостойкости (615–625 °С) с $HRC_э$ 63–65,5, широко используемые для обработки конструкционных сталей: вольфрамовые (Р9, Р12, Р18) и вольфрамомолибденовые (Р6М3, Р6М5, Р8М3);

повышенной теплостойкости (625–640 °С), к которым относятся стали повышенной производительности, а также новые легированные стали 10Р8М3, Р12Ф3 ($HRC_э$ 65,5–67), используемые вместо сталей Р9Ф5 и Р14Ф4, так как они обладают большей прочностью и пластичностью; сталь Р12Ф4К5 ($HRC_э$67–68), используемая вместо сталей Р10Ф5К5, Р9К5, Р9К10 в инструментах для обработки коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и спавов; стали Р8М3К6С, Р9М4К8Ф и Р12М3Ф2К8 с повышенным содержанием углерода (1–1,1%) и относительно низким содержанием ванадия (1,5–2,2%), обладающие повышенной теплостойкостью (640–650 °С) и очень

**4. Химический состав и твердость быстрорежущих сталей (ГОСТ 19265–73*)**

| Марка стали | Массовая доля компонента, % | | | | | | *HB* в отожженном состоянии, не более | $HRC_э$ в закаленном состоянии, не менее |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Cr | W | Mo | V | Co | | |
| P18* | 0,7–0,8 | 3,8–4,4 | 17,0–18,5 | 1,0 (не более) | 1,0–1,4 | – | 235 | 63 |
| P18K5Ф2 | 0,75–0,85 | 3,8–4,3 | 17,0–18,0 | 0,5–1,0 | 1,5–1,8 | 4,8–5,3 | 269 | 65,0 |
| P12 | 0,8–0,9 | 3,1–3,6 | 12,0–13,0 | 1,0 (не более) | 1,5–1,9 | – | 265 | 63 |
| P12Ф3 | 0,94–1,04 | 3,5–4,0 | 12,0–13,5 | 0,5–1,0 | 2,5–3,0 | 0,6 | 269 | 64,0 |
| P10K5Ф5 | 1,45–1,55 | 4,0–4,6 | 10,0–11,5 | 1,0 (не более) | 4,3–5,1 | 5,0–6,0 | 285 | 64,0 |
| P9K5 | 0,9–1,0 | 3,8–4,4 | 9,0–10,5 | 1,0 (не более) | 2,0–2,6 | 5,0–6,0 | 269 | 64,0 |
| P9K10 | 0,9–1,0 | 3,8–4,4 | 9,0–10,5 | 1,0 (не более) | 2,0–2,6 | 9,0–10,5 | 269 | 64,0 |
| P9M4K8 | 1,0–1,1 | 3,1–3,6 | 8,5–9,5 | 3,8–4,3 | 2,0–2,5 | 7,5–8,5 | 269 | 65,0 |
| P9 | 0,85–0,95 | 3,8–4,4 | 8,5–10,0 | 1,0 (не более) | 2,0–2,5 | – | 255 | 63,0 |
| P9M4K8 | 1,0–1,1 | 3,0–3,6 | 8,5–9,5 | 3,8–4,3 | 2,1–2,5 | 7,5–8,5 | 285 | 68 |
| P6M5 | 0,80–0,88 | 3,8–4,4 | 5,5–6,5 | 5,0–5,5 | 1,0–2,1 | – | 255 | 64,0 |
| P6M5K5 | 0,80–0,88 | 3,8–4,3 | 6,0–7,0 | 4,8–5,3 | 1,7–2,2 | 4,8–5,3 | 269 | 65,0 |
| P6M5Ф3 | 0,95–1,05 | 3,8–4,3 | 5,7–6,7 | 5,5–6,0 | 2,2–2,7 | – | 269 | 64,0 |

* Характеристики стали P18 приведены для сравнения.

высокой твердостью (до $HRC_э$ 70,5) и предназначенные для инструментов, обрабатывающих жаропрочные сплавы, и улучшенные конструкционные стали повышенной твердости ($HRC_э$ 36,5–41,5);

высокой теплостойкости (700–725 °С): B11M7K23, B3M12K23, B18M7K25, B18M4K25 с малым содержанием угле-

**5. Физико-механические свойства быстрорежущих сталей**

| Марка стали | $\sigma_и$*, МПа | Красностойкость, °С, не менее | Шлифуемость | Склонность | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | к перегреву | к обезуглероживанию |
| Р18** | 2900 – 3100 | 620 | Хорошая | Нет | Удовлетворительная |
| Р18К5Ф2 | 2570 – 3160 | 610 | » | » | |
| Р12 | 3000 – 3200 | 620 | Удовлетворительная | Меньше, чем у Р9 | » |
| Р12Ф3 | 3000 – 3100 | 630 | Пониженная | » | » |
| Р10К5Ф5 | 3500 | 640 | Низкая | » | Повышенная |
| Р9К5 | 2500 | 640 | » | » | » |
| Р9К10 | 2050 – 2100 | 640 | » | » | » |
| Р9М4К8 | 1800 – 2400 | 630 | Пониженная | » | » |
| Р9 | 3350 | 620 | » | » | Удовлетворительная |
| Р9М4К8 | 2500 | 630 | » | Есть | Повышенная |
| Р6М5 | 3300 – 3400 | 620 | Удовлетворительная | » | » |
| Р6М5К5 | 3000 | 630 | Пониженная | » | » |
| Р6М5Ф3 | – | | » | » | » |

* В закаленном состоянии.
** Характеристики стали Р18 даны для сравнения.

рода (до 0,15%) и высокой твердостью ($HRC_э$ 68 – 70), предназначенные для обработки титановых и жаропрочных сталей и сплавов; 25В20К25ХФ, 3В20К16ХФ с большим содержанием углерода и $\sigma_и = 2500 \div 2700$ МПа.

Области рационального применения быстрорежущих сталей представлены в табл. 6, а характеристики сталей повышенной производительности (по сравнению со сталью Р18) – в табл. 7.

**Порошковые быстрорежущие стали.** Порошковые быстрорежущие стали изготовляются методом прессования порошков, полученных распылением расплавленной стали в среде инертных газов (аргон, азот).

Порошковые быстрорежущие стали хорошо шлифуются и обладают высокими механическими свойствами технологиче-

**6. Область рационального применения быстрорежущих сталей**

| Марка сталей | Область применения |
|---|---|
| Р9К5, Р6М5К3 | Для инструментов, работающих при прерывистых и непрерывных процессах резания, на черновых и чистовых операциях |
| Р9К10, Р9М4К8, Р9К5Ф5, Р12Ф4К5, Р8М3К6С, Р12Ф2К8М3, Р12Ф3К10М3, Р6Ф2К8М5, Р2Ф2К8М6, Р18Ф2К8М | Для инструментов, нагревающихся до высоких температур и работающих на черновых и получистовых операциях при равномерной нагрузке на режущие зубья |
| Р9Ф5, Р14Ф4, Р12Ф5М, Р3М3Ф3Б2 | Для инструментов, работающих с тонкими срезами и не разогревающихся до высоких температур |

**7. Характеристики быстрорежущих сталей повышенной производительности (по сравнению со сталью Р18)**

| Марка стали | Характеристика |
|---|---|
| Р9К5 | Повышенные режущие свойства, вторичная твердость ($HRC_э$ 67); красностойкость; пониженные механические свойства и шлифуемость, повышенная склонность к обезуглероживанию |
| Р6М5К5 | Повышенные режущие свойства, вторичная твердость ($HRC_э$ 67); более высокие механические свойства по сравнению со всеми сталями повышенной производительности; удовлетворительная шлифуемость; повышенная склонность к обезуглероживанию |
| Р9К10 | Более высокие режущие свойства и красностойкость (по сравнению со сталью Р9К5); пониженные механические свойства и шлифуемость; повышенная склонность к обезуглероживанию |
| Р9М4К8, Р12Ф2К8М3 | Повышенные режущие свойства, вторичная твердость ($HRC_э$ 67); пониженные механические свойства и шлифуемость (но более высокие, чем у стали Р9К10); повышенная склонность к обезуглероживанию |
| Р9Ф5, Р14Ф4 | Повышенные режущие свойства и износостойкость, низкая шлифуемость |

ской пластичностью. Инструмент, изготовленный из таких сталей (в зависимости от вида инструмента и обрабатываемого материала), обладает повышенной стойкостью (в 1,5–2 раза) по сравнению с инструментом, изготовленным из быстрорежущей стали обычного способа выплавки того же состава. Равномерное распределение карбидной фазы в любом сечении проката и хорошая шлифуемость позволили применять порошковые стали для изготовления крупногабаритного режущего инструмента и инструмента сложной формы. Наибольшее распространение получили стали марок Р6М5К5-МП и Р6М5Ф3-МП, поставка которых осуществляется соответственно по ТУ 14-1-2804–79 и ТУ 12-2998–80. В состоянии поставки сталь Р6М5К5-МП имеет *НВ* 232, а сталь Р6М5К5 – *НВ* 255.

**Твердые спеченные сплавы.** Для изготовления режущего инструмента, обладающего повышенными эксплуатационными свойствами и красностойкостью не менее 800–900 °С, широко применяют пластины из твердых спеченных сплавов (ГОСТ 3882–74*). Они состоят из порошков карбидов вольфрама – основа (66–97%) и металлического кобальта (3–25%). В зависимости от марки сплава в него добавляют компоненты: карбид титана (3–30%) и карбид тантала (2–12%).

Физико-механические свойства твердых сплавов представлены в табл. 8.

Твердые спеченные сплавы подразделяются на три группы: вольфрамокобальтовые (ВК) – на основе карбидов вольфрама; титано-вольфрамовые (ТК) – на основе карбидов вольфрама и титана; титанотанталовольфрамовые (ТТК) – на основе кар-

**8. Физико-механические свойства твердых спеченных сплавов**

| Марка сплава | $\sigma_{и}$, МПа | *HRA* | Коэрцитивная сила, Э |
|---|---|---|---|
| ВК2 | 1100 | 90 | – |
| ВК3 | 1100 | 89,5 | – |
| ВК3М | 1100 | 91 | 230–280 |
| ВК4 | 1400 | 89,5 | 125–160 |
| ВК6 | 1500 | 88,5 | 150–170 |
| ВК6КС | 1500 | 87,5 | 100–140 |
| ВК6М | 1350 | 90 | 200–250 |
| ВК6ОМ | 1200 | 90,5 | 280 |
| ВК8 | 1700 | 87,5 | 130–160 |
| ВК10М | 1400 | 88 | 150–200 |
| ВК10ОМ | 1400 | 89 | 200 |
| ВК10КС | 1750 | 85 | 70–100 |

*Продолжение табл. 8*

| Марка сплава | $\sigma_и$, МПа | *HRA* | Коэрцитивная сила, Э |
|---|---|---|---|
| ВК10ХОМ | 1500 | 89 | 220 |
| ВК15ОМ | 1500 | 88 | 150 |
| ВК15ХОМ | 1650 | 87,5 | 160 |
| Т30К4 | 950 | 92 | – |
| Т15К6 | 1150 | 90 | 130–180 |
| Т14К8 | 1250 | 89,5 | 105–145 |
| Т5К10 | 1400 | 88,5 | 95–115 |
| Т5К12 | 1650 | 87 | 60–90 |
| ТТ7К12 | 1600 | 87 | 60–90 |
| ТТ8К6 | 1250 | 90,5 | 200–260 |
| ТТ10К8А | 1300 | 89,5 | 160–190 |
| ТТ10К8Б | 1450 | 89,0 | 100–140 |
| ТТ20К9 | 1300 | 89 | 90–150 |

бидов титана, тантала, вольфрама. Во все твердые сплавы в качестве связующего добавляют кобальт.

Прочность и твердость твердых сплавов зависит от содержания в них кобальта. Чем больше кобальта, тем выше прочность при изгибе, но меньше твердость. Кобальт влияет также на красностойкость сплава: чем больше кобальта, тем ниже красностойкость. Титан способствует повышению красностойкости и износостойкости сплава.

Сплавы вольфрамовой группы при одинаковом химическом составе отличаются размерами зерен карбидных составляющих, что определяет различие их физико-механических свойств и областей применения:

особомелкозернистые – размер не менее 70% зерен карбидной фазы в их структуре не превышает 1 мкм, их обозначают буквами ОМ в конце марки сплава (ВК6ОМ; ВК10ОМ);

мелкозернистые – размер не менее 50% зерен карбидной фазы в их структуре не превышает 1 мкм; для обозначения мелкозернистой структуры в конце марки сплава ставится буква М (ВК6М);

среднезернистые – с карбидными зернами 1–2 мкм;

крупнозернистые – с карбидными зернами 2–5 мкм; их обозначают в конце марки сплава буквой В (ВК8В).

Крупнозернистые сплавы имеют невысокие износостойкость и теплостойкость, но высокую прочность. Они хорошо сопротивляются ударам и циклическим нагрузкам. Поэтому их целесообразно применять при черновом точении труднообрабаты-

ваемых материалов при наличии на поверхности раковин, трещин, корки и неравномерного припуска. Сплавы мелкозернистой и особомелкозернистой структуры с повышенным содержанием кобальта (ВК10М, ВК10ОМ) в основном применяют для изготовления мелкозернистого инструмента (сверл, метчиков). Они имеют бóльшую износостойкость (по сравнению с ВК3М и ВК6М), но меньшую эксплуатационную прочность; применяют их для изготовления инструмента, выполняющего получистовые и чистовые операции в условиях повышенных режимов резания.

Основными характеристиками твердых сплавов, определяющих области их эффективного применения, является красностойкость и прочность.

Выбирать марки твердых сплавов, рекомендуемых для лезвийной обработки различных материалов, следует по табл. 9. В табл. 10 дано примерное соответствие отечественных марок твердых сплавов маркам зарубежных сплавов по классификации ИСО для инструмента.

**Безвольфрамовые твердые сплавы.** Сплавы состоят из карбидов и карбонитридов титана с никельмолибденовой связкой. Высокие твердость (*HRA* 87,5–91) и плотность (5,5–5,9 г/см$^3$) имеют следующие сплавы на основе карбида титана (26–79%): ТНМ-20, ТНМ-25, ТНМ-30, КТНМ-30А, КТНМ-30Б.

Карбидохромистые твердые сплавы КХН-10, КХН-15, КХН-20, КХН-30, КХН-35 и КХН-40 (цифра в обозначении марок этих сплавов указывает на процентное содержание никеля, остальное – карбид хрома) не окисляются при нагреве в воздушной среде до 1100 °С, хорошо сопротивляются истиранию, абразивному изнашиванию и коррозии, обладают низкой склонностью к схватыванию. Их плотность 6,6–7 г/см$^3$, *HRA* 80–90, прочность при сжатии 2800–3500 МПа, при изгибе – 400–700 МПа.

Безвольфрамовые твердые сплавы применяются в машиностроении для изготовления режущего инструмента, измерительных калибров, вытяжных матриц и пресс-форм. Эти сплавы имеют высокую окалиностойкость (в 10–15 раз выше чем у стандартных сплавов Т15К6, Т5К10), причем образующаяся на поверхности твердосплавных пластин тонкая окисная пленка в процессе эксплуатации инструмента при высоких температурах выполняет роль твердой смазки. Благодаря этому сплавы имеют низкий коэффициент трения и хорошо сопротивляются изнашиванию. У них пониженная склонность к адге-

зионному взаимодействию с обрабатываемым материалом; этот фактор снижает изнашивание инструмента по передней поверхности, обеспечивая более низкую шероховатость обработанной поверхности.

Безвольфрамовые твердые сплавы целесообразно применять при чистовой и получистовой обработке конструкционных, низколегированных, высокохромистых и хромоникелевых сталей с $HRC_э \leqslant 31{,}5$ и цветных металлов вместо стандартных сплавов Т30К4 и Т15К6.

Вследствие пониженной прочности безвольфрамовых твердых сплавов и их разупрочнения при высоких температурах, значительной склонности к трещинообразованию при пайке и заточке из-за пониженной теплопроводности необходимо тщательно осуществлять операции пайки и заточки.

**Минералокерамические материалы.** Минералокерамические материалы (металлокерамика) не содержат дорогостоящих и дефицитных компонентов. Основу металлокерамики составляет технический глинозем – двуокись алюминия $Al_2O_3$, подвергнутый спеканию при температуре более 1750 °С. Минералокерамика обладает высокой твердостью (*HRA* 91 – 93), теплостойкостью (1100 – 1200 °С) и неокисляемостью. Металлокерамика превосходит по стойкости твердые сплавы, но уступает им по механическим свойствам.

Инструмент с пластинами из минералокерамики используется при получистовом и чистовом точении и растачивании заготовок (из высокопрочных и отбеленных чугунов, из закаленных и труднообрабатываемых сталей, некоторых цветных металлов и их сплавов, а также неметаллических материалов) с высокими скоростями резания в условиях безударной обработки и без охлаждения. Жесткость системы СПИД должна быть высокой.

При обработке сталей минералокерамическим инструментом достигается меньшая шероховатость поверхности, чем при обработке твердосплавным инструментом, вследствие пассивности минералокерамики к адгезионно-диффузионному взаимодействию со сталью и отбеленным чугуном. Наибольшее применение получил режущий инструмент различных форм и типоразмеров из минералокерамики марки ЦМ-332, которая имеет $\sigma_и = 295 \div 345$ МПа.

Для повышения физико-механических свойств минералокерамики ее легируют карбидами тугоплавких металлов (хрома, никеля, титана, молибдена, вольфрама и др.). Такие материалы

**9. Рекомендуемые марки твердых сплавов для обработки резанием различных металлов**

| Вид и режим обработки | Марка твердого сплава при обработке | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | сталей | | | | | | | сплавов | | | | чугунов | |
| | углеродистых | легированных | инструментальных | коррозионностойких | высокопрочных и жаропрочных | высокомарганцевистых | закаленных | титановых | жаропрочных | тугоплавких | цветных | серых с $HB$ 240 | ковких отбеленных высокопрочных с $HB$ 460—700 |
| Точение; чистовое; $S=0{,}1 \div 0{,}3$ мм/об, $t=0{,}5 \div 2{,}0$ мм | Т30К4 | Т30К4, ВК6ОМ | ВК3М, ВК3 | ВК6ОМ, ВК6М, Т15К6 | ВК6ОМ, ВК6М, Т15К6 | ВК6ОМ, ВК6М | Т30К4, ВК3М | ВК6ОМ, ВК6М | ВК6ОМ, ВК6М | ВК6ОМ, ВК3М, ВК6М | ВК6М, ВК4, Т8К6 | ВК6М, ВК3 | ВК3М, ВК3, ВК6ОМ |
| получистовое; $S=0{,}2 \div 0{,}5$ мм/об, $t=2{,}0 \div 4{,}0$ мм | Т15К6, Т10К8Б | Т15К6, Т14К8, Т10К8Б | Т15К6, Т14К8 | ВК6М, ВК4, Т10К8Б | ВК6М, Т15К6, Т10К8Б | ВК6М, Т8К6, Т10К8Б | ВК3М, ВК6М, Т15К6 | ВК6ОМ, ВК6М, ВК4, ВК10ОМ | ВК6М, ВК6, Т10К8Б | ВК6М, ВК6, ВК6 | ВК6, ВК6М, Т8К6 | ВК6М, ВК6, Т8К6 | ВК6М, ВК6ОМ, ВК6М, Т18К6 |
| черновое; $S=0{,}4 \div 1{,}0$ мм/об, $t=4{,}0 \div 10{,}0$ мм | Т4К8, Т10К8Б | Т14К8, Т5К10, Т10К8Б | ВК6, Т14К8 | ВК6М, ВК8, ВК10ОМ, Т10К8Б | ВК8, ВК6КС ВК10ОМ, Т5К12, Т7К12, Т10К8Б | Т10К8Б ВК10ОМ, ВК8 | | ВК6, ВК8, ВК10ОМ | ВК4, ВК6, ВК8, ВК10ОМ, Т10К8Б | ВК8, ВК10ОМ, ВК10ХОМ | ВК6, ВК8 | ВК6, ВК6 | ВК6, ВК10ОМ |
| Обдирка; $S>1$ мм/об; $t=6-20$ мм | Т5К10, Т5К12, Т7К12 | Т5К10, Т5К12, Т7К12 | ВК8, Т5К10 | ВК8, ВК15ОМ, Т5К12, Т7К12, ВК6КС | ВК8, ВК6КС, ВК10ОМ, ВК15ОМ, Т5К12, Т7К12 | ВК6, ВК8, ВК10ОМ, Т7К12 | – | ВК8, ВК10КС | ВК8, ВК10ОМ, ВК15ОМ, Т7К12, ВК15ХОМ | ВК8, ВК10ОМ, ВК15ОМ, ВК10ХОМ, ВК15ХОМ | ВК6, ВК8 | ВК6, ВК8, ВК6КС | ВК8, ВК10ОМ |
| Отрезка и прорезка канавки | Т15К6, Т5К10 | Т15К6, Т14К8 | Т15К6, Т14К8 | ВК6М, ВК8 | ВК6М, ВК4, ВК8 | ВК4, ВК8 | – | ВК4, ВК8 | ВК6М, ВК6, ВК8, ВК10ОМ | ВК6ОМ, ВК10ОМ, ВК8 | ВК3М, ВК3, ВК6ОМ | ВК4, ВК6М, ВК6 | ВК3, ВК6М, |

*Продолжение табл. 9*

| Вид и режим обработки | Марка твердого сплава при обработке | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | сталей | | | | | | | сплавов | | | | чугунов | |
| | углеродистых | легированных | инструментальных | коррозионностойких | высокопрочных и жаропрочных | высокомарганцевистых | закаленных | титановых | жаропрочных | тугоплавких | цветных | серых с *HB* 240 | ковких отбеленных высокопрочных с *HB* 460 – 700 |
| Нарезание резьбы | Т15К6 | Т15К6, Т14К8 | Т15К6, Т14К8 | ВК3, ВК6М, ВК8 | ВК6ОМ, ВК8, ВК10ОМ | ВК6ОМ, ВК8, ВК10ОМ | ВК3М, ВК6М, Т30К4 | ВК6ОМ, ВК6М, ВК8 | ВК6ОМ, ВК6М, ВК8 | ВК6ОМ, ВК8 | ВК3, ВК6ОМ, ВК6М, ВК6 | ВК3, ВК6ОМ, ВК6М | ВК3М, ВК6ОМ, ВК6М |
| Сверление отверстий: | | | | | | | | | | | | | |
| $c\ l < 5D$ | Т5К10, Т14К8, ВК8, ВК10М | Т5К10, ВК8, ВК10М | ВК8, ВК10М | Т5К12, ВК8, ВК10М | Т5К12, ВК8, ВК10М | ВК8, ВК10ОМ, ВК10М | – | ВК6, ВК8, ВК10М, ВК10ОМ | ВК8, ВК10ОМ, ВК10М | ВК8, ВК6ОМ, ВК10ОМ | ВК4, ВК6М | ВК4, ВК6, ВК8 | ВК8 |
| глубоких с $l \geqslant 5D$ | Т5К10, Т5К12, ВК8 | Т5К12, ВК8 | Т5К12, ВК8 | Т5К12, ВК8, ВК10ОМ | Т5К12, ВК8 | ВК8, ВК10ОМ | – | ВК6М, ВК10ОМ | ВК8, ВК10М, ВК10ОМ | ВК8, ВК10М, ВК6ОМ, ВК10ОМ, | ВК4, ВК6М | ВК4, ВК6, ТТ8К6 | ВК8, ТТ8К6 |
| Зенкерование: | | | | | | | | | | | | | |
| черновое | Т14К8, Т5К10, Т5К12 | Т14К8, Т5К10, ВК8 | Т5К10, Т5К12, ВК8 | ВК4, ВК10ОМ | ВК4, ВК8, ВК10ОМ | ВК6М, ВК8, ВК10ОМ | – | ВК8, ВК10ОМ | ВК8, ВК10ОМ | ВК8, ВК10ОМ | ВК4, ВК6 | ВК6, ВК8 | ВК4 ВК6М |
| получистовое и чистовое | Т15К6, Т14К8 | Т15К6, Т14К8 | Т14К8, Т5К10 | ВК6М, ВК6ОМ | ВК6М, ВК6ОМ | ВК6М, ВК6ОМ | – | ВК4, ВК6М, ВК8 | ВК6М, ВК8, ВК10ОМ | ВК6ОМ, ВК8, ВК10ОМ | ВК4, ВК6 | ВК3М, ВК4, ТТ8К6 | ВК4, ВК6М, ТТ8К6 |
| Развертывание | Т30К4, Т15К6 | Т30К4, Т15К6 | Т30К4, Т15К6, ВК6ОМ | ВК4, ВК6М, ВК6ОМ | ВК6М, ВК6ОМ | ВК6М, ВК6ОМ | Т30К4, ВК3М, ВК6ОМ | ВК3М, ВК6ОМ | ВК3М2, ВК6ОМ | ВК3М, ВК6ОМ, ВК6М | ВК3М, ВК3, ВК6ОМ | ВК3М, ВК3, ВК6ОМ, ВК6М | ВК3М, ВК6ОМ |

Примечание. *l*, *D* – соответственно длина и диаметр обрабатываемого отверстия.

**10. Соответствие отечественных марок твердых сплавов (по ГОСТ 3882—74) зарубежным (по ИСО)**

| Марка сплава по ГОСТ 3882—74 | *HRA*, не менее | Сплав по ИСО | | | | Обрабатываемый материал |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Основная группа | Подгруппа | *HRA* | Маркировочный цвет | |
| Т30К4 | 92,0 | | Р01 | 96,5 | | Сталь, стальные отливки, ковкий чугун со сливной стружкой |
| | | | Р02 | 96,4 | | |
| | | | Р05 | 91,7 | | |
| Т15К6 | 90,0 | | Р10 | 94,0 | | |
| | | | Р15 | 99,3 | Синий | |
| Т14К8 | 89,5 | Р | Р20 | 92,3 | | |
| ТТ20К9 | 89,0 | | Р25 | 89,5 | | |
| Т5К10 | 88,0 | | Р30 | 88,5 | | |
| ТТ10К8-Б | 89,0 | | — | — | | |
| Т5К12 | 87,0 | | Р40 | 90,8 | | |
| ВК6ОМ | 90,5 | | М03 | 96,5 | | Сталь, стальные отливки, марганцевистая сталь, легированный чугун, аустенитные стали, ковкий чугун, автоматная сталь |
| ВК6М | 90,0 | | М05 | 95,1 | | |
| ТТ8К6 | 90,5 | | М10 | 93,6 | | |
| ТТ10К8-Б | 89,0 | | М20 | 93,1 | Желтый | |
| ВК10ОМ | 88,5 | М | М30 | 91,8 | | |
| ВК10М | 88,0 | | — | — | | |
| ВКВ | 87,5 | | М40 | | | |
| ТТК12 | 87,0 | | М40 | — | | |
| ВК10ОМ | 88,5 | | | — | | |
| ВК3, ВК3М | 89,5 | | К01 | — | | Чугун, кокильные отливки, ковкий чугун, закаленная сталь, цветные металлы, пластмасса, древесина |
| | | | К02 | 95,4 | | |
| | | | К03 | 95,0 | | |
| ВК6ОМ | 90,5 | К | К05 | 93,8 | Красный | |
| ВК6М | 90,0 | | К10 | 93,4 | | |
| ТТ8К6 | 90,5 | | — | — | | |
| ВК6, ВК4 | 88,5 | | К20 | 88,5 | | |
| ВК8, ВК4 | 87,5 | | К30 | 87,5 | | |
| ВК8, ВК15 | 86,0 | | К40 | 87,5 | | |

называют керметами или оксидно-карбидной керамикой. Предел прочности на изгиб у керметов $\sigma_и = 400 \div 735$ МПа, красностойкость их 1200—1300 °С. Керметы марки В3, имеющие черный цвет, состоят из 60% $Al_2O_3$ и 40% карбидов тугоплавких металлов; инструменты из керметов В3 используются для чистового и получистового точения хромоникелемолибденовых

сталей. Помимо этой марки в СССР выпускаются керметы марок ВОК-60, ВОК-63, ВШ-75 и др.

**Сверхтвердые материалы.** В последние годы благодаря своей высокой твердости (близкой к твердости алмаза), теплостойкости (1500–1600 °С), химической инертности к железу и углеродистым сплавам широкое распространение получили синтетические сверхтвердые материалы (СТМ), которые по физико-механическим свойствам превосходят твердые сплавы, минералокерамику и быстрорежущие стали. Сверхтвердые материалы делятся на две группы: поли- и монокристаллические синтетические алмазы и композиционные материалы (композиты) на основе нитрида бора.

Поликристаллические алмазы выпускают следующих марок: АСБ – типа баллас (АСБ-5, АСБ-6, АСБ-5А); АСПК – типа карбонадо (АСПК-1, АСПК-2, АСПК-3); СВ, СВС, СВАБ – алмазные спеки типа СВ, представляющие собой композицию алмазных порошков и нитрида бора.

Вследствие поликристаллического строения алмазы перечисленных марок обладают изотропностью механических свойств и высокой динамической прочностью, что позволяет применять лезвийный инструмент с алмазными вставками при обработке особо прочных материалов.

Монокристальные алмазы выпускают двух марок: САМ и АСТ. Из алмазов марки САМ целесообразно изготовлять резцы для резания полупроводниковых материалов, радиотехнической керамики, высококремнистых цветных сплавов, а из марки АСТ – наконечники измерительных приборов.

Резцы с алмазными вставками можно затачивать с минимальным радиусом скругления режущей кромки; острота кромки долго сохраняется, что позволяет вести обработку с малыми глубинами резания и получать малую шероховатость поверхности.

Сверхтвердые композиционные материалы на основе нитрида бора применяют в инструментах для обработки закаленных и цементуемых сталей и других труднообрабатываемых материалов на станках повышенной точности и жесткости.

Композиты делятся на две группы с массовой долей кубического нитрида бора (КНБ) 95% (и выше) и с массовой долей КНБ 75% с различными добавками (например, $Al_2O_3$).

К первой группе относятся: композит 01 (эльбор Р), композит 02 (белбор), композит 03 (исмит), композит 10 (гексанит Р) и др. Композиты отличаются друг от друга кристаллической

решеткой и физико-механическими свойствами, которые зависят от технологии получения композита.

Ко второй группе относятся: композит 0,5, состоящий из КНБ и двуокиси алюминия $Al_2O_3$ (и его модификация – композит 05И), получаемый в виде таблеток диаметром до 8 мм, высотой около 6 мм, которые закрепляют в корпусах режущих инструментов; композит 09, представляющий собой поликристаллы твердого нитрида бора (ПТНБ), предназначен для инструментов, работающих с ударными нагрузками.

Кроме имеющихся сверхтвердых материалов разработаны новые СТМ, показавшие достаточно высокие эксплуатационные свойства. К ним относится силинит-Р – инструментальный материал на основе нитрида кремния (SiN). Для силинита-Р характерно отсутствие адгезии с большинством сталей и сплавов на основе алюминия и меди. Из него можно изготовлять многогранные режущие пластины и крупные фасонные режущие пластины, используемые с многократной переточкой.

Физико-механические свойства приведены в табл. 11.

**11. Физико-механические свойства СТМ**

| Материал | Микротвердость | $\sigma_и$, МПа | $\sigma_{сж}$, МПа | Красностойкость, °С |
|---|---|---|---|---|
| АСБ | 75–80 | 490–635 | 490–785 | 650–700 |
| АСПК | 80–85 | 490–685 | 785–1175 | 700–800 |
| Композиты: 01, 02 | 73–78 | 590–685 | 490–590 | ~1200 |
| 09 | 39 | 686–980 | 3900–4900 | ~1400 |
| Силинит-Р | 20–31 | 500–700 | 2500 | ~1600 |

**Абразивные материалы.** Эти материалы используются токарем для заточных, доводочных и отделочных операций в свободном и связанном состоянии в виде абразивного инструмента.

Для заточки инструмента применяются преимущественно круги из искусственных абразивных материалов (табл. 12).

**12. Основные марки абразивных материалов и область их применения**

| Абразивный материал | Обозначение | Марка | Область применения |
|---|---|---|---|
| Электрокорунд: | | | |
| нормальный | 1А | 12А, 13А, 14А, 15А, 16А | Для заточки инструмента из углеродистых инструментальных сталей |
| белый | 2А | 22А, 23А, 24А, 25А | Для заточки инструмента из быстрорежущих сталей нормальной производительности |
| хромистый | 3А | 32А, 33А, 34А | Для заточки инструмента из быстрорежущих сталей повышенной производительности |
| титанистый | 3А | 37А | |
| Монокорунд | 4А | 43А, 44А, 45А | |
| Карбид кремния: | | | |
| черный | 5С | 53С, 54С, 55С | Для заточки инструмента из твердых сплавов, минералокерамики и быстрорежущих сталей |
| зеленый | 6С | 63С, 64С | |
| Электрокорунд хромотитанистый | 9А | 91А | Для притирки |
| Корунд природный | 9Е | — | Для правки кругов |
| Алмаз: | | | |
| природный | А | А, АМ, АН, | Для заточки инструмента из твердых сплавов, минералокерамики и сверхтвердых материалов |
| синтетический: | | | |
| шлифпорошок | АС | АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС | |
| микропорошок | | АСМ, АСН | |
| Кубический нитрид бора: | | | |
| эльбор | Л | ЛО, ЛП, ЛД, ЛОМ, | Для заточки инструмента из труднообрабатываемых быстрорежущих сталей |

*Продолжение табл. 12*

| Абразивный материал | Обозначение | Марка | Область применения |
|---|---|---|---|
| кубонит | К | ЛОС КО, КР, КМ, КОМ, КРМ, КОС, КОМА | Для заточки инструмента из труднообрабатываемых быстрорежущих сталей |

## ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

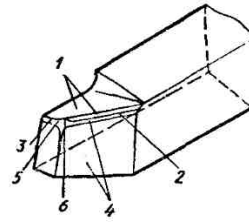
Классифицируют режущий инструмент следующим образом:

по материалу – стальной с лезвиями из стали (углеродистой, легированной и быстрорежущей); твердосплавный с лезвиями из твердого сплава; минералокерамический с лезвиями из минералокерамики;

по конструкции – цельный (изготовленный из одной заготовки); составной (с неразъемным соединением его частей и элементов) и сборный (с разъемным соединением его частей и элементов); с механическим креплением пластины (сборный лезвийный инструмент с разъемным соединением режущей пластины с корпусом или ножом); с напайной пластиной (лезвийный инструмент, лезвия которого изготовлены путем напайки режущей пластины на корпус или нож); с клееной пластиной (лезвийный инструмент с соединением режущей пластины с корпусом или ножом клеем); с наплавленным лезвием (составной лезвийный инструмент, лезвия которого изготовлены путем наплавки инструментального материала).

Режущий инструмент в соответствии с ГОСТ 25751–83 состоит: из корпуса – части режущего инструмента, несущей на себе все его элементы; крепежной части для установки и (или) крепления в технологическом оборудовании или приспособлении и лезвия инструмента – клинообразного элемента режущего инструмента для проникновения в материал заготовки и отделения слоя материала.

**Рис. 1. Конструктивные параметры токарного резца**




Лезвие имеет следующие элементы (рис. 1); *переднюю поверхность лезвия* $A_\gamma$(1) – поверхность лезвия инструмента, контактирующего в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой; *главную заднюю поверхность лезвия* $A_\alpha$ – поверхность лезвия инструмента, контактирующую в процессе резания с поверхностями заготовки; *режущую кромку* – кромку лезвия инструмента, образуемую пересечением передней и задней поверхностей лезвия; она имеет радиус скругления ρ, представляющий радиус кривизны режущей кромки в сечении ее нормальной секущей плоскостью; *главную режущую кромку* К (*2*) – часть режущей кромки, формирующую большую сторону сечения срезаемого слоя; *вспомогательную режущую кромку* К′ (*3*) – часть режущей кромки, формирующую меньшую сторону сечения срезаемого слоя; *главную заднюю поверхность* $A_\alpha$ (*4*) – заднюю поверхность лезвия инструмента, примыкающую к главной режущей кромке; *вспомогательную заднюю поверхность* $A'_\alpha$ (*5*) – заднюю поверхность лезвия инструмента, примыкающую к вспомогательной режущей кромке; *вершину лезвия* (*6*)– участок режущей кромки в месте пересечения двух задних поверхностей. У проходного токарного резца вершиной является участок лезвия в месте пересечения главной и вспомогательной режущих кромок; у резьбового резца – участок лезвия, формирующий внутреннюю поверхность резьбы; у сверла – точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

Лезвие имеет *радиус вершины* $r_в$, представляющий собой радиус кривизны вершины лезвия.

Обработка резанием определяется следующими кинематическими элементами и характеристиками процесса резания.

*Главное движение резания* $D_s$ – прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания (главное движение может входить в состав сложного формообразующего движения, например при обработке резьбы точением).

*Скорость главного движения резания* $v$ – скорость рассма-

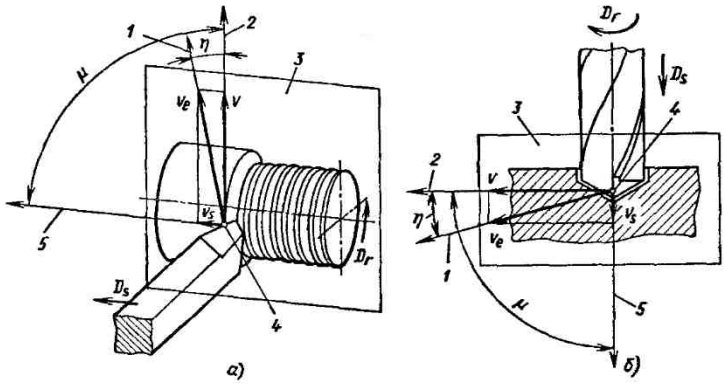



**Рис. 2. Элементы движений в процессе резания при обтачивании *(а)* и сверлении *(б)*:**
*1* – направление скорости $v_e$ результирующего движения резания; *2* – направление скорости $v$ главного движения $D_r$; *3* – рабочая плоскость $P_s$; *4* – рассматриваемая точка режущей кромки; *5* – направление скорости $v_s$ движения подачи $D_s$

триваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении резания.

*Движение подачи* $D_s$ – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания, предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность. В зависимости от направления движения подачи различают следующие движения подачи; продольное, поперечное и комбинированное.

*Скорость движения подачи* $v_s$ – скорость рассматриваемой точки режущей кромки в движении подачи.

*Подача* $S$ – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания или к числу определенных долей цикла этого другого движения. Под циклом движения понимают полный оборот режущего инструмента или заготовки. Долей цикла является часть оборота, соответствующая угловому шагу зубьев режущего инструмента.

*Подача на оборот* $S_0$ – подача, соответствующая одному обороту инструмента или заготовки.

*Подача на зуб* $S_z$ – подача, соответствующая повороту инструмента или заготовки на один угловой шаг зубьев режущего инструмента.

*Результирующее движение резания* $D_e$ – суммарное движение режущего инструмента относительно заготовки, включающее главное движение резания, движение подачи и касательное движение.

*Рабочая плоскость* $P_s$ – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи (рис. 2).

*Угол скорости резания* $\eta$ – угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей результирующего движения резания и главного движения резания.

*Угол подачи* $\mu$ – угол в рабочей плоскости между направлениями скоростей движения подачи и главного движения резания.

*Поверхность резания* $R$ – поверхность, образуемая режущей кромкой в результирующем движении резания.

*Поверхность главного движения* $R_г$ – поверхность, образуемая режущей кромкой в главном движении резания.

*Обрабатываемая поверхность* – поверхность заготовки, которая частично или полностью удаляется при обработке.

*Обработанная поверхность* – поверхность, образованная на заготовке в результате обработки.

На рис. 3 показаны поверхности обрабатываемой заготовки.

При обработке резанием различают три системы координат (ГОСТ 25762–83):

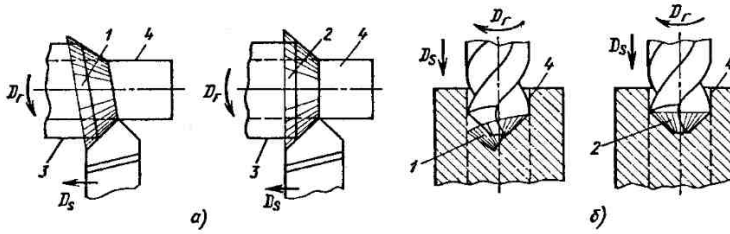
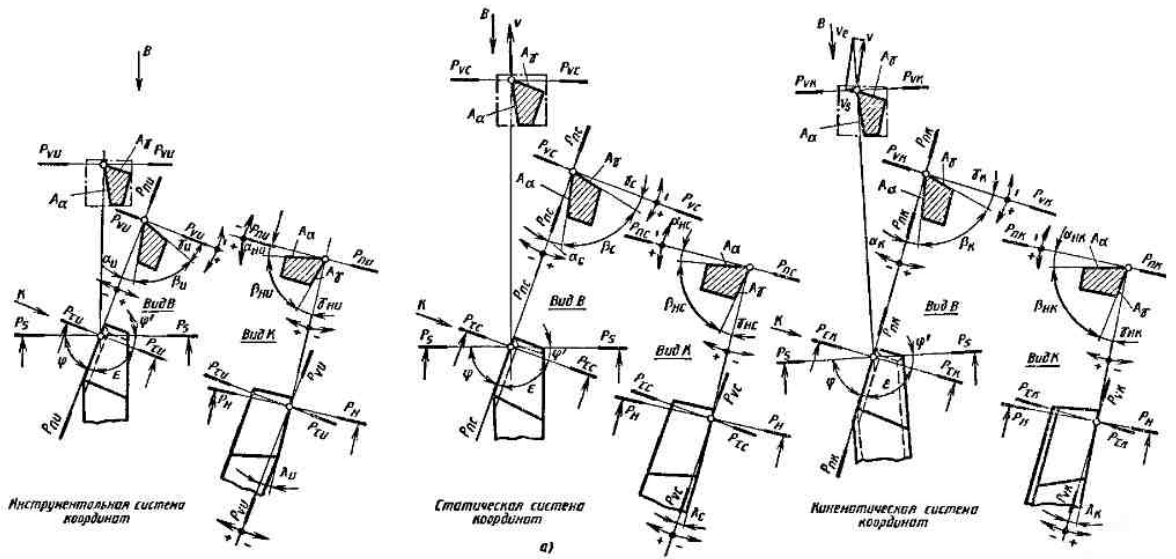



**Рис. 3. Поверхности обрабатываемой заготовки при точении** *(а)* **и сверлении** *(б)*:
*1* – поверхность резания; *2* – поверхность главного движения; *3* – обрабатываемая поверхность; *4* – обработанная поверхность


Вид В
Вид К
Инструментальная система координат
Статическая система координат
Кинематическая система координат

а)

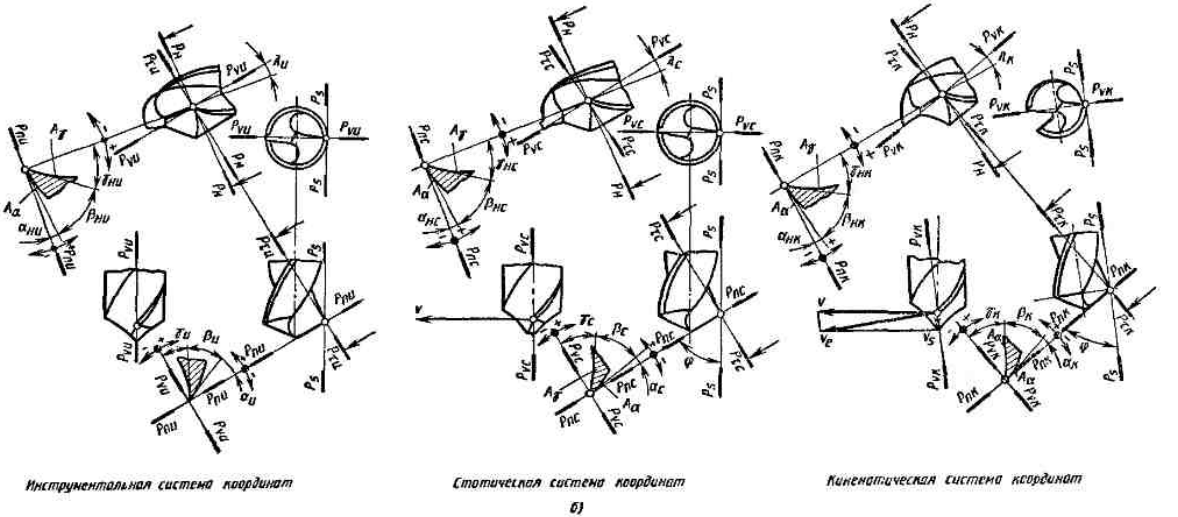



**Рис. 4. Координатные плоскости и геометрические параметры резца** *(а)* **и сверла** *(б)*

*инструментальная* (ИСК), которая применяется для изготовления и контроля инструмента*;

*статическая* (ССК), которая применяется для приближенных расчетов углов лезвия в процессе резания и для учета изменения этих углов после установки инструмента на станке; она является в общем случае переходной системой от ИСК к КСК;

*кинематическая* (КСК), которая применяется для определения истинных углов лезвия в процессе резания.

Основные понятия систем координат и координатных плоскостей, используемых для определения геометрических параметров режущего инструмента (рис. 4), даны в табл. 13.

Определения углов режущего лезвия (по ГОСТ 25762–83) даны в табл. 14. *Передний угол* $\gamma$ обеспечивает уменьшение силы резания и трения сходящей стружки о переднюю поверхность лезвия.

*Задний угол* $\alpha$ служит для уменьшения трения задней поверхности лезвия об обрабатываемую заготовку. Угол заострения $\beta$ влияет на прочность лезвия. *Угол наклона кромки* $\lambda$ определяет направление схода стружки (рис. 5).

Для токарных резцов рассматриваются также следующие углы: $\varphi$ – *угол в плане вспомогательной режущей кромки;* $\varphi'$ – угол

* Далее в таблицах, на эскизах, рисунках, в тексте значения углов и их обозначения даны применительно к ИСК.

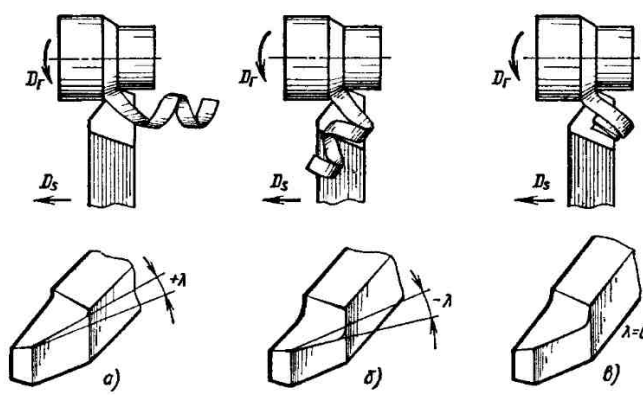



**Рис. 5. Изменение направления схода стружки при $\lambda > 0$ *(а)*, $\lambda < 0$ *(б)* и $\lambda = 0$ *(в)***

в основной плоскости между рабочей плоскостью $P_s$ и главной секущей плоскостью $P_\tau$; *угол при вершине в плане* $\varepsilon$ – угол в основной плоскости между главной и вспомогательной режущими кромками. Рекомендуемые значения углов $\varphi$, $\varphi'$, $\lambda$ представлены в табл. 15, 16, 17.

*Угол резания* $\delta$ – это угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Расположение резца выше или ниже линии центров влияет на углы резания (рис. 6). При установке его выше линии центров передний угол $\gamma$ увеличивается, а задний уменьшается; при установке резца ниже линии центров передний угол $\gamma$ уменьшается, а задний $\alpha$ увеличивается. Это явление можно использовать в процессе обработки; например, если нужно уменьшить трение задней поверхности резца об обработанную поверхность, следует установить резец несколько ниже линии центров.

В соответствии с ГОСТ 25751–83 резец определяется как однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в любом направлении.

По виду обработки токарные резцы делятся на проходные, подрезные, отрезные, резьбовые, расточные и фасонные; по направлению подачи – на правые и левые; по форме головки – на прямые, отогнутые и оттянутые, дисковые, призматические, стержневые, тангенциальные, радиальные. Схемы обработки различными резцами приведены на рис. 7.

Углы заточки резцов выбираются в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки, жесткости системы СПИД (табл. 18).

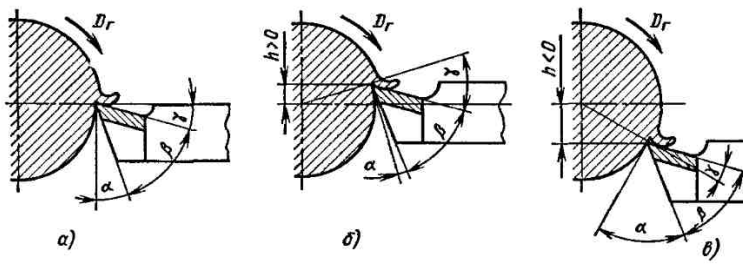



**Рис. 6. Углы резания при установке резца по оси заготовки *(а)*, выше *(б)* и ниже *(в)* ее**

## 13. Системы координат и координатные плоскости (ГОСТ 25762–83)

| Понятие | Система координат | | |
|---|---|---|---|
| | инструментальная | статическая | кинематическая |
| Система координатных плоскостей | Прямоугольная система координат с началом в вершине лезвия, ориентированная относительно геометрических элементов режущего инструмента, принятых за базу | Прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости главного движения резания | Прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости результирующего движения резания |
| Основная плоскость $P_v$ – координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного или результирующего движения резания в этой точке | Инструментальная основная плоскость $P_{vи}$ – основная плоскость инструментальной системы координат. В ИСК направление скорости главного движения резания принимается: у токарных резцов прямоугольного сечения перпендикулярно конструкторской установочной базе резца, у дисковых токарных резцов и осевых инструментов – по касательной к траекторин вращательного движения инструмента или заготовки | Статическая основная плоскость $P_{vс}$ – основная плоскость статической системы координат | Кинематическая основная плоскость $P_{vк}$ – основная плоскость кинематической системы координат |
| Плоскость резания $P_n$ – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к основной плоскости | Инструментальная плоскость резания $P_{nи}$ – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к инструментальной основной плоскости | Статическая плоскость резания $P_{nс}$ – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к статической основной плоскости | Кинематическая плоскость резания $P_{nк}$ – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к кинематической основной плоскости |
| Главная секущая плоскость $P_τ$ – координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения основной плоскости и плоскости резания | Инструментальная главная секущая плоскость $P_{τи}$ – координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения инструментальных основной плоскости и плоскости резания | Статическая главная секущая плоскость $P_{τс}$ – координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения статических основной плоскости и плоскости резания | Кинематическая главная секущая плоскость $P_{τк}$ – координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения кинематических основной плоскости и плоскости резания |
| Нормальная секущая плоскость $P_н$ – плоскость, перпендикулярная к режущей кромке в рассматриваемой точке | – | – | – |
| Секущая плоскость схода стружки $P_c$ – плоскость, проходящая через направление схода стружки и скорости резания в рассматриваемой точке режущей кромки | – | – | – |

**14. Понятие и определения углов режущего инструмента (ГОСТ 25762—83)**

| Понятие угла | | | Определение угла в системе координат | | |
|---|---|---|---|---|---|
| режущего лезвия | главного | рабочего | инструментальной | статической | кинематической |
| Передний угол $\gamma$ — угол в секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и основной плоскости | Главный передний угол $\gamma$ — передний угол в главной секущей плоскости | Рабочий кинематический передний угол $\gamma_p$ — угол в секущей плоскости схода стружки между передней поверхностью лезвия и кинематической основной плоскостью | Инструментальный главный передний угол $\gamma_и$ — угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и инструментальной основной плоскостью | Статический главный передний угол $\gamma_с$ — угол в статической главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и статической основной плоскостью | Кинематический главный передний угол $\gamma_к$ — угол в кинематической главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и кинематической основной плоскостью |
| Нормальный передний угол $\gamma_н$ — передний угол в нормальной секущей плоскости | — | — | Нормальный инструментальный передний угол $\gamma_{н.и}$ — передний угол в нормальной секущей плоскости в инструментальной системе координат | Нормальный статический передний угол $\gamma_{н.с}$ — передний угол в нормальной секущей плоскости в статической системе координат | Нормальный кинематический передний угол $\gamma_{н.к}$ — передний угол в нормальной секущей плоскости в кинематической системе координат |
| Задний угол $\alpha$ — угол в секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания | Главный задний угол $\alpha$ — задний угол в главной секущей плоскости | Рабочий кинематический задний угол $\alpha_p$ — угол в рабочей плоскости между задней поверхностью лезвия и направлением скорости результирующего движения резания в рассматриваемой точке режущего лезвия | Инструментальный главный задний угол $\alpha_и$ — угол в инструментальной главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и инструментальной плоскостью резания | Статический главный задний угол $\alpha_с$ — угол в статической главной секущей плоскости лезвия между задней поверхностью и статической плоскостью резания | Кинематический главный задний угол $\alpha_к$ — угол в кинематической главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и кинематической плоскостью резания |
| Нормальный задний угол $\alpha_н$ — задний угол в нормальной секущей плоскости | — | — | Нормальный инструментальный задний угол $\alpha_{н.и}$ — задний угол в нормальной секущей плоскости в инструментальной системе координат | Нормальный статический задний угол $\alpha_{н.с}$ — задний угол в нормальной секущей плоскости в статической системе координат | Нормальный кинематический задний угол $\alpha_{н.к}$ — задний угол в нормальной секущей плоскости в кинематической системе координат |
| Угол заострения $\beta$ — угол в секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия | Главный угол заострения $\beta$ — угол заострения в главной секущей плоскости | | Инструментальный главный угол заострения $\beta_и$ — угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия | Статический главный угол заострения $\beta_с$ — угол в статической главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия | Кинематический главный угол заострения $\beta_к$ — угол в кинематической главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия |
| Нормальный угол заострения $\beta_н$ — угол заострения в нормальной секущей плоскости | — | — | Нормальный инструментальный угол заострения $\beta_{н.и}$ — угол заострения в нормальной секущей плоскости в инструментальной системе координат | Нормальный статический угол заострения $\beta_{н.с}$ — угол заострения в нормальной секущей плоскости в статической системе координат | Нормальный кинематический угол заострения $\beta_{н.к}$ — угол заострения в нормальной секущей плоскости в кинематической системе координат |
| Угол наклона кромки $\lambda$ — угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью | — | — | Инструментальный угол наклона режущей кромки $\lambda_и$ — угол в инструментальной плоскости резания между режущей кромкой и инструментальной основной плоскостью | Статический угол наклона кромки $\lambda_с$ — угол в статической плоскости резания между режущей кромкой и статической основной плоскостью | Кинематический угол наклона кромки $\lambda_н$ — угол в кинематической плоскости резания между режущей кромкой и кинематической основной плоскостью |
| Угол в плане $\varphi$ — угол в основной плоскости между плоскостью резания и рабочей плоскостью | — | Рабочий кинематический угол в плане $\varphi_p$ — угол между режущей кромкой и рабочей плоскостью | Инструментальный угол в плане $\varphi_и$ — угол в инструментальной основной плоскости между инструментальной плоскостью резания и рабочей плоскостью | Статический угол в плане $\varphi_с$ — угол в статической основной плоскости между статической плоскостью резания и рабочей плоскостью | Кинематический угол в плане $\varphi_к$ — угол в кинематической основной плоскости между кинематической плоскостью резания и рабочей плоскостью |

**15. Значение угла в плане φ токарных и расточных резцов**

| Вид обработки | φ,° |
|---|---|
| Точение: | |
| чистовое с малой глубиной резания | Менее 30 |
| с малыми глубинами резания при повышенной жесткости системы СПИД | 30 |
| при недостаточной жесткости системы СПИД (и растачивание стальных заготовок) | 60 |
| Растачивание при недостаточной жесткости системы СПИД | 70–75 |
| Точение в условиях повышенной жесткости системы СПИД | 45 |
| Подрезание, отрезание, обработка в упор в условиях недостаточной жесткости системы СПИД | 90 |
| Отрезание заготовок без бобышек | 80 |

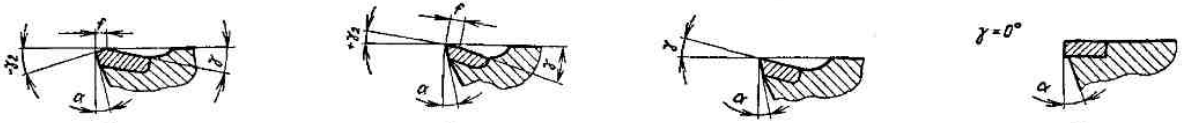
**16. Значения угла φ′**

| Вид обработки | φ′,° |
|---|---|
| Точение: | |
| чистовое | 5–10 |
| черновое | 10–15 |
| Чистовое растачивание | 15–20 |
| Обработка широким резцом или резцом с дополнительным лезвием | 0 |
| Подрезание и отрезание | 1–2 |
| Обработка отогнутыми резцами | 30–45 |

**17. Значения угла наклона кромки λ**

| Вид обработки | λ,° |
|---|---|
| Точение прерывистых поверхностей | 12–15 |
| Черновое точение и растачивание: | |
| чугунов | 10 |
| конструкционных сталей | 0–5 |
| Точение и растачивание жаропрочных сталей и сплавов | 0 |
| Чистовое точение и растачивание | −2 ÷ −4 |

**18. Рекомендуемые углы заточки и марки твердого сплава для резцов при скорости точения $v = 80$ м/мин (по черным металлам), $v = 300$ м/мин (по цветным металлам и их сплавам), $v = 20 \div 50$ м/мин (по титановым сплавам)**




I II III IV

| Обрабатываемый материал | Вид обработки | Профиль лезвия: простой — Форма заточки (см. эскиз) | Угол,° γ2 | Угол,° γ | Угол,° α | фасонный для обработки тонкостенных деталей — Форма заточки (см. эскиз) | Угол,° γ | Угол,° α | Марки твердых сплавов при жесткости системы СПИД: повышенной | нормальной | недостаточной |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Стали: среднелегированные средней твердости | 1 | I | −5 | 6 | 8 | — | — | — | Т5К10; ВК8 | ВК8 Т15К6 | — Т5К10; ВК8 |
| | 2 | | −2 | 6 | 8 | III | 6−8 | 8 | Т15К6 | Т15К6 | Т15К6; ВК8 |
| | 3 | | | | 10 | | | 10 | Т15К6 | Т15К6; | Т5К10; |
| | 4 | | | | | | | | Т30К4; ВК6М | ВК6М | ВК8 Т15К6 |
| среднелегированные повышенной твердости | 1 | I | −5 | 6 | 8 | III | 4−6 | 8 | — | — | — |
| | 2 | | | | | | | | — | — | — |
| | 3 | | | | | | | | Т15К6; ВК6М | Т15К6; ВК6М | Т5К10; ВК8 |
| | 4 | | | | | | | | Т30К4; Т15К6; ВК6М | Т15К6; ВК6М | Т15К6; Т5К10 |
| легированные и жаропрочные средней вязкости, низколегированные и углеродистые | 1 | I | −5 | 6 | 8 | — | — | — | ВК8 | ВК8 | — |
| | 2 | II | 8 | 12 | 8 | III | 8−12 | 8 | Т15К6 | Т15К6 | Т5К10; ВК8 |
| | 3 | | | | | | | | Т15К6 | Т15К6 | Т5К10; ВК8 |
| | 4 | | | | 10 | | | 10 | Т30К4; Т15К6 | Т15К6 | Т15К6; ВК8 |
| легированные и жаропрочные повышенной вязкости | 1 | I | −5 | 6 | 8 | — | — | — | ВК8 | ВК8 | — |
| | 2 | II | 12 | 15 | 8 | III | 12−15 | 8 | ВК8; ВК4; ВК6 | ВК8 | ВК8 |
| | 3 | | | | | | | | ВК4; ВК8 | ВК8 | ВК8 |
| | 4 | | | | 10 | | | 10 | ВК6; ВК6М | ВК6М; ВК8 | ВК8 |
| Сплавы титановые | 1 | III | — | 4 | 10 | — | — | — | ВК8 | ВК8 | — |
| | 2 | | — | 8 | 12 | III | 8−10 | 12 | ВК4; ВК8 | ВК4; ВК8 | ВК8 |

*Продолжение табл. 18*

| Обрабатываемый материал | Вид обработки | Профиль лезвия: простой — Форма заточки (см. эскиз) | Угол, ° $\gamma_2$ | Угол, ° $\gamma$ | Угол, ° $\alpha$ | Профиль лезвия: фасонный для обработки тонкостенных деталей — Форма заточки (см. эскиз) | Угол, ° $\gamma$ | Угол, ° $\alpha$ | Марка твердых сплавов при жесткости системы СПИД: повышенной | нормальной | недостаточной |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сплавы титановые | 4 | *III* | – | 8 | 2 | *III* | 8–10 | 12 | ВК4; ВК6М | ВК4; ВК6М; ВК8 | ВК8 |
| Алюминиевые сплавы, красная медь | 2 | *II* | 5 | 20–25 | 10 | *III* | 20–25 | 10 | ВК4; ВК6; ВК8 | ВК4; ВК8 | ВК8 |
| | 3 | | | | | | | | ВК4; ВК6 | ВК4; ВК6; ВК8 | ВК8 |
| | 4 | | | | 12 | | | 12 | ВК2; ВК6 | ВК3; ВК6 | ВК6 |
| Латунь, магниевые сплавы | 2 | *II* | 12 | 15 | 10 | *III* | 12–15 | 10 | ВК4; ВК6; ВК8 | ВК6; ВК8 | ВК3 |
| | 3 | | | | | | | | ВК3М; | ВК4; | ВК6; |
| | 4 | | | | 12 | | | 12 | ВК4; ВК2; ВК3М | ВК6 ВК3М; ВК6 | ВК8 ВК6 |
| Бронзы | 2 | *II* | 6 | 8 | 8 | *III* | 6–10 | 8 | ВК4; ВК6; ВК8 | ВК4; ВК8 | ВК8 |
| | 3 | | | | | | | | ВК6; ВК4 | ВК6М; ВК6; ВК8 | ВК8 |
| | 4 | | | | | | | | ВК2; ВК4 | ВК3; ВК4; ВК6 | ВК4; ВК6; ВК8 |
| Чугуны | 1 | *I* | –5 | 6 | 6 | *IV* | 0 | 6 | ВК8 | ВК8 | – |
| | 2 | | | | | | | | ВК6М; ВК4; ВК8 | ВК4; ВК8 | ВК8 |
| | 3 | | | | 8 | | | 8 | ВК6М; ВК4; ВК8 | ВК6М; ВК4; ВК6 | ВК8 |
| | 4 | | | | | | | | ВК2; ВК6М; ВК4 | ВК6; ВК6М; ВК4 | ВК6 |

Примечания: 1. Обозначение видов обработки: 1 – грубая; обдирка с прерывистым резанием; 2 – обдирка с непрерывным резанием; 3 – получистовая и чистовая с прерывистым резанием; 4 – получистовая с непрерывным резанием.
2. При скоростях резания ниже 80 м/мин геометрия заточки резцов остается той же, но без фасок на передней поверхности.
3. При наличии тяжелого прерывистого резания фаски на передней поверхности сохраняются.
4. Твердый сплав Т30К4 при скоростях резания ниже 80 м/мин применять не рекомендуется.
5. На эскизах $f$ – ширина фаски.

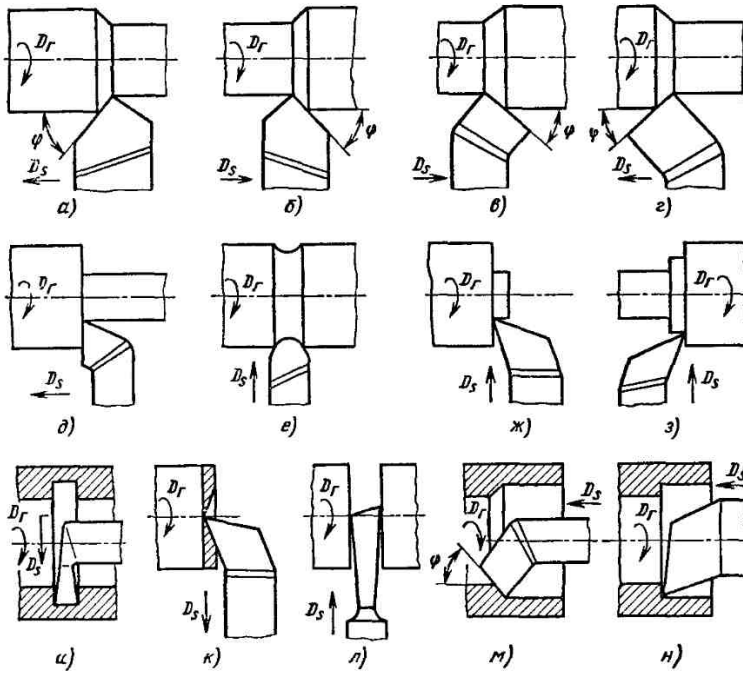



**Рис. 7. Схемы обработки при точении резцами:**
прямым проходным правым *(а)* и левым *(б)*; отогнутым проходным правым (*в*) и левым (*г*); проходным упорным (*д*); канавочным наружным (*е*); подрезными правым (*ж*) и левым (*з*); внутренним канавочным (*и*) отрезным *(к)*; подрезным с врезанием *(л)*; расточным для сквозных *(м)* и глухих *(н)* отверстий

## РЕЗЦЫ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ МНОГОГРАННЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

Резцы с механическим креплением многогранных режущих пластин (МРП) из твердого сплава, минералокерамики и СТМ находят все большее применение, вытесняя инструмент с напайными пластинами из твердого сплава.

По ГОСТ 19042–80 режущие пластины классифицируются по форме, наличию заднего угла, классу допусков, наличию отверстия и стружколомающих канавок. Система обозначений, классификация и формы пластин в соответствии с ГОСТ

19042 – 80 показана на рис. 8. В конструкции резцов для наружной обработки (рис. 9) и державок для внутренней обработки (рис. 10) учтены тип крепления пластин, их форма, угол в плане, задний угол пластины, исполнение резца (правое, левое и нейтральное для резцов, предназначенных для наружной обработки), размеры корпуса резцов и державок, длина режущей кромки.

Для обработки конструкционных сталей и чугунов выпускаются резцы следующей номенклатуры:

токарные сборные резьбовые с механическим креплением призматических твердосплавных пластин (ГОСТ 22207 – 76*);

токарные сборные проходные и подрезные с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин без отверстия (ГОСТ 23075 – 78, ГОСТ 23076 – 78);

токарные сборные с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин (ГОСТ 20872 – 80, ГОСТ 20874 – 75*);

токарные сборные с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин (ГОСТ 21151 – 75*).

Типаж выпускаемого Минстанкопромом инструмента с МРП предусматривает выпуск отдельной номенклатуры резцов по чертежам ВНИИ и ОСТам, а также и резцов, оснащенных МРП из безвольфрамового твердого сплава и композита.

Основное направление повышения работоспособности твердосплавного инструмента – нанесение на него износостойких покрытий. Такой инструмент обеспечивает повышение режимов резания для определенных групп обрабатываемых материалов (в основном конструкционных сталей и чугунов). Работы в этой области в отдельных случаях вышли из стадии экспериментальных исследований, однако оптимальные составы покрытий, технология их нанесения еще не совершенны.

Основные преимущества применения сборного режущего инструмента с механическим креплением МРП следующие:

отсутствие операции пайки твердосплавных пластин и, следовательно, вызываемых ею термических напряжений; это исключает появление трещин и повышает запас прочности инструмента при эксплуатации, а также увеличивает его стойкость на 30% по сравнению с напайным инструментом;

стабильность геометрии режущего инструмента при замене пластины, а также обеспечение постоянной шероховатости режущей кромки;

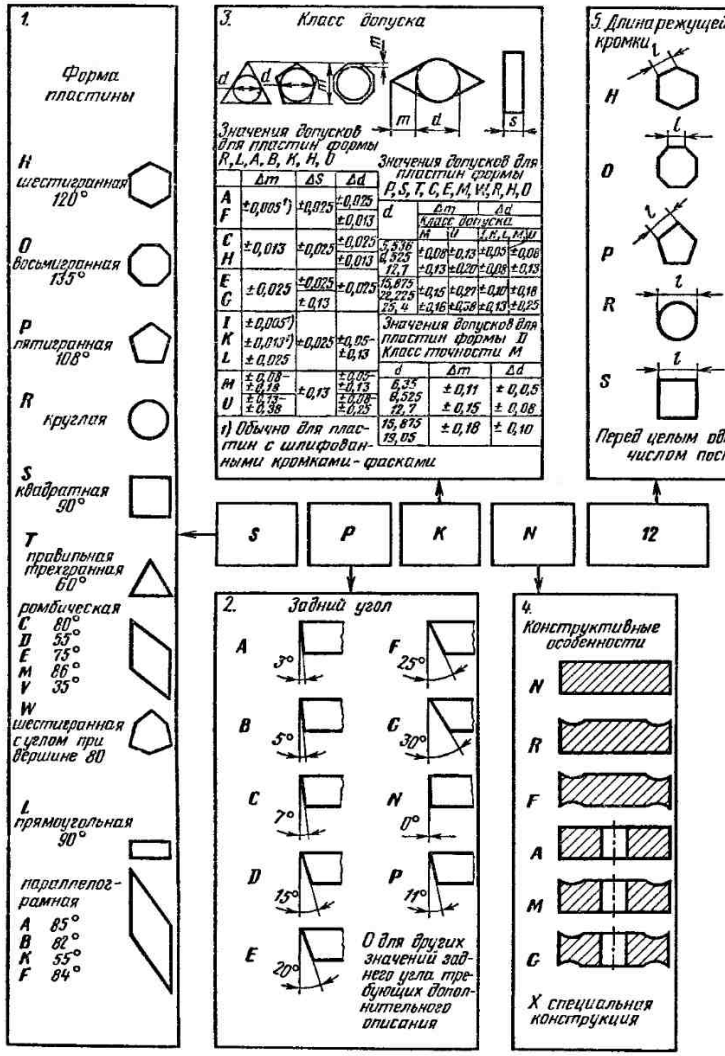
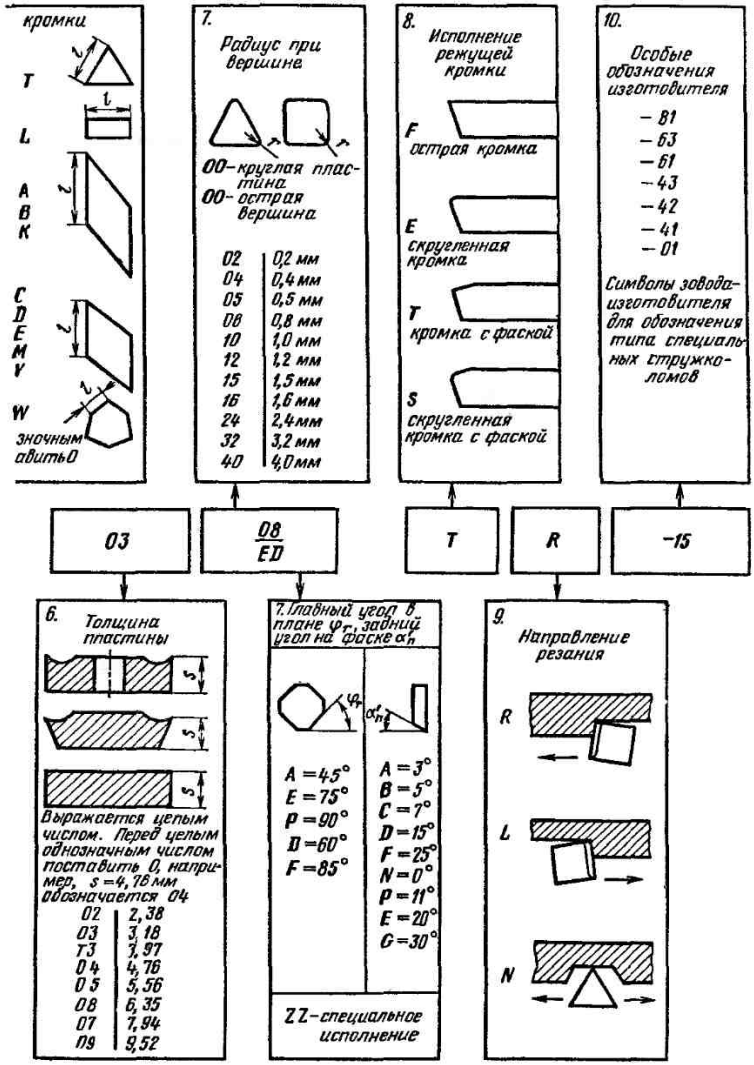



**Рис. 8. Классификация, система обозначения и формы МРП:**
*1 – 10* – цифры, указывающие порядок маркировки МРП


кромки
T
L
A
B
K
C
D
E
M
V
W
значным
авитьО
7.
Радиус при вершине
00–круглая пластина
00–острая вершина
02 0,2 мм
04 0,4 мм
05 0,5 мм
08 0,8 мм
10 1,0 мм
12 1,2 мм
15 1,5 мм
16 1,6 мм
24 2,4 мм
32 3,2 мм
40 4,0 мм
8.
Исполнение режущей кромки
F
острая кромка
E
скругленная кромка
T
кромка с фаской
S
скругленная кромка с фаской
10.
Особые обозначения изготовителя
– 81
– 63
– 61
– 43
– 42
– 41
– 01
Символы заводов-изготовителя для обозначения типа специальных стружколомов
03
08
ED
T
R
–15
6.
Толщина пластины
s
Выражается целым числом. Перед целым однозначным числом поставить 0, например, s =4,76 мм обозначается 04
02 2,38
03 3,18
T3 3,97
04 4,76
05 5,56
08 6,35
07 7,94
09 9,52
7. Главный угол в плане φr, задний угол на фаске αn
A =45°
E =75°
P =90°
D =60°
F =85°
A =3°
B =5°
C =7°
D =15°
F =25°
N =0°
P =11°
E =20°
G =30°
ZZ–специальное исполнение
9.
Направление резания
R
L
N

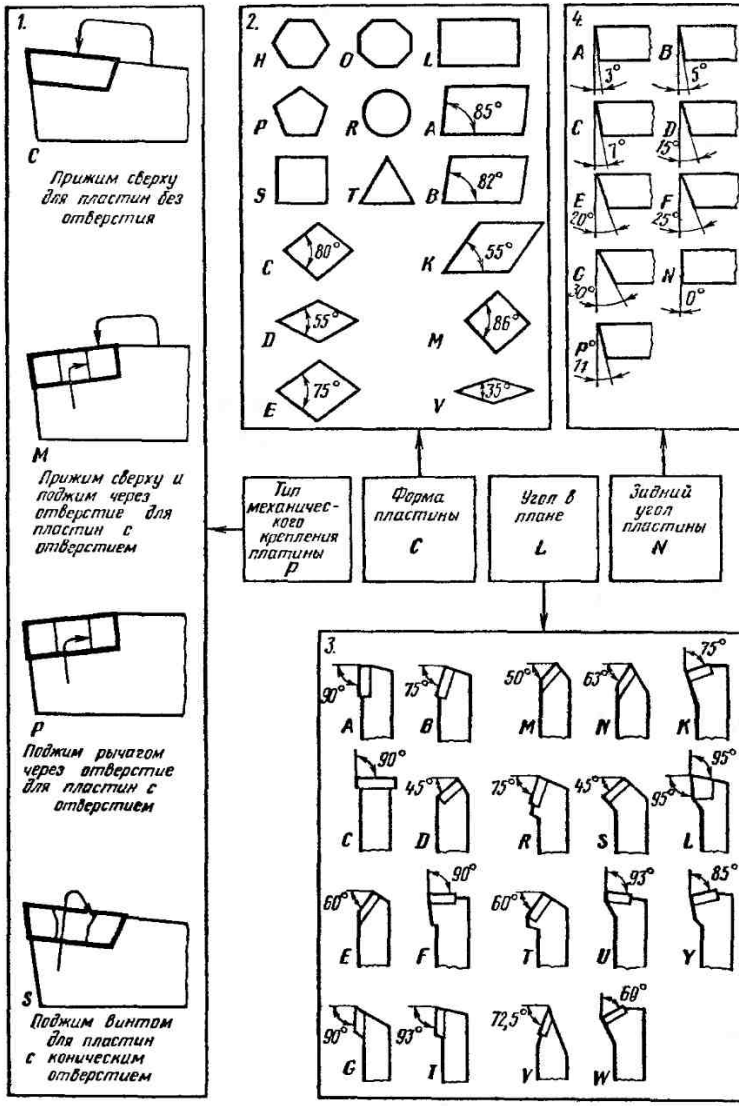
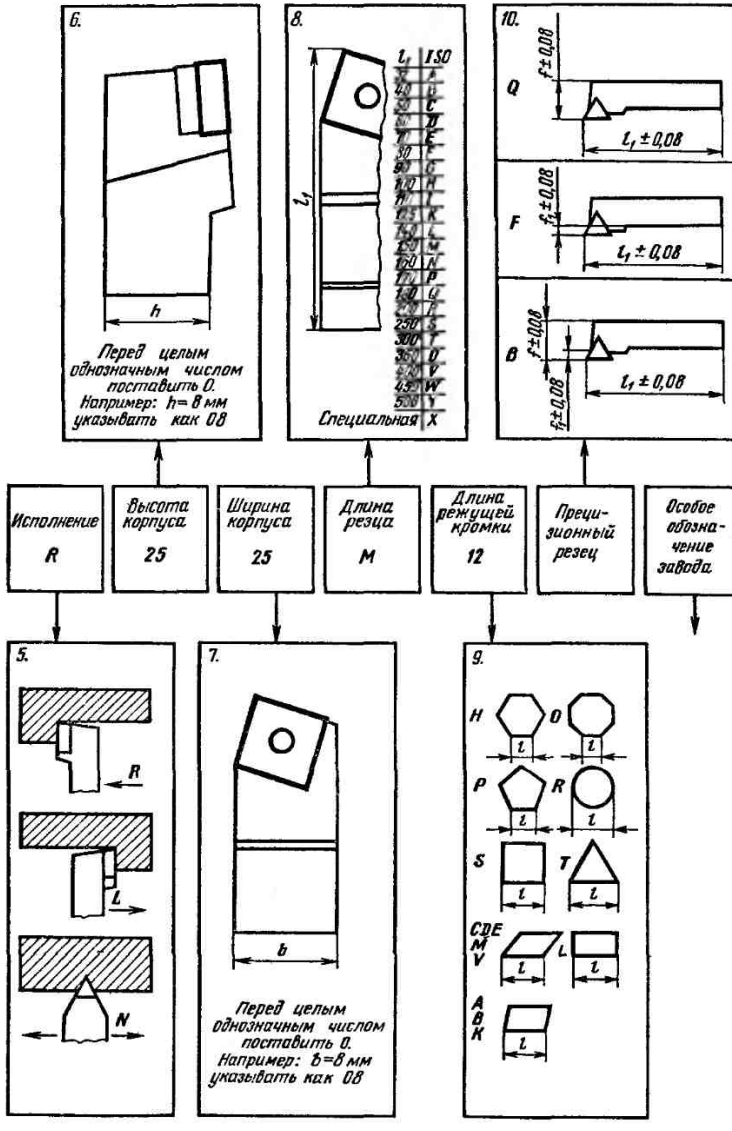



**Рис. 9. Классификация, система обозначения резцов с МРП:**
*1–11* – цифры, указывающие порядок маркировки резцов


6.
h
Перед целым однозначным числом поставить 0. Например: h=8 мм указывать как 08
8.
$l_1$
$l_1$ ISO
Специальная X
10.
Q
F
B
$f \pm 0{,}08$
$l_1 \pm 0{,}08$
Исполнение R
Высота корпуса 25
Ширина корпуса 25
Длина резца M
Длина режущей кромки 12
Прецизионный резец
Особое обозначение завода
5.
R
L
N
7.
b
Перед целым однозначным числом поставить 0. Например: b=8 мм указывать как 08
9.
H O P R S T
CDE M V L
A B K
l

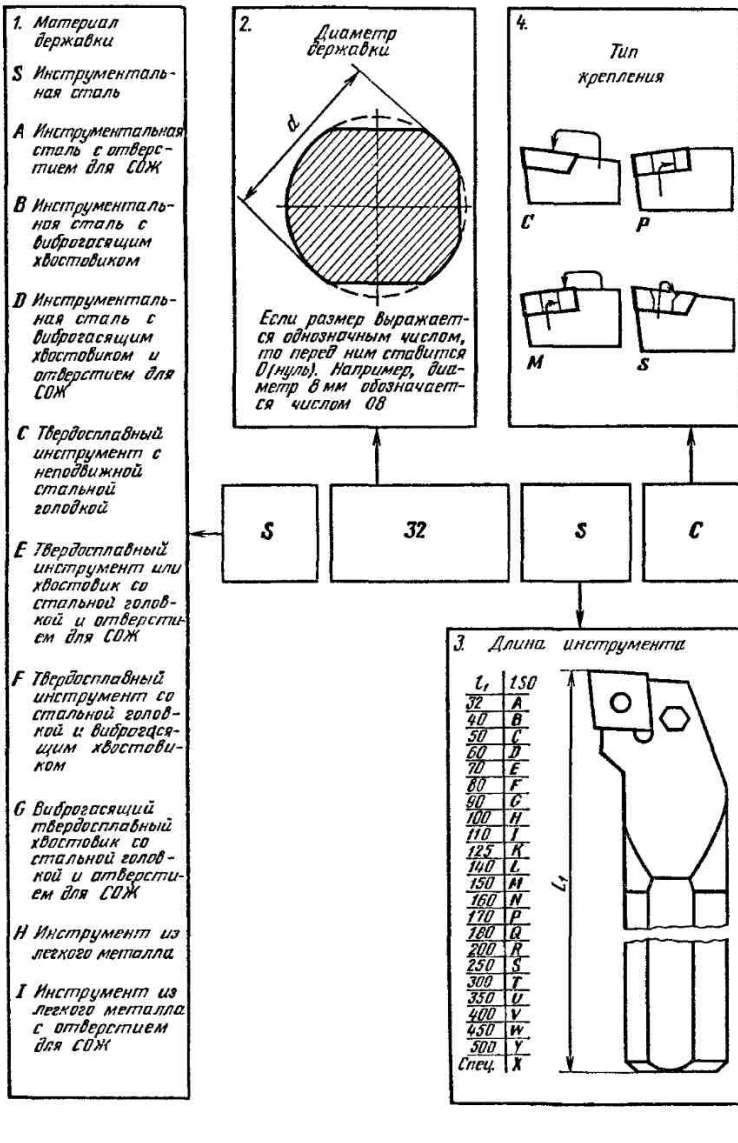
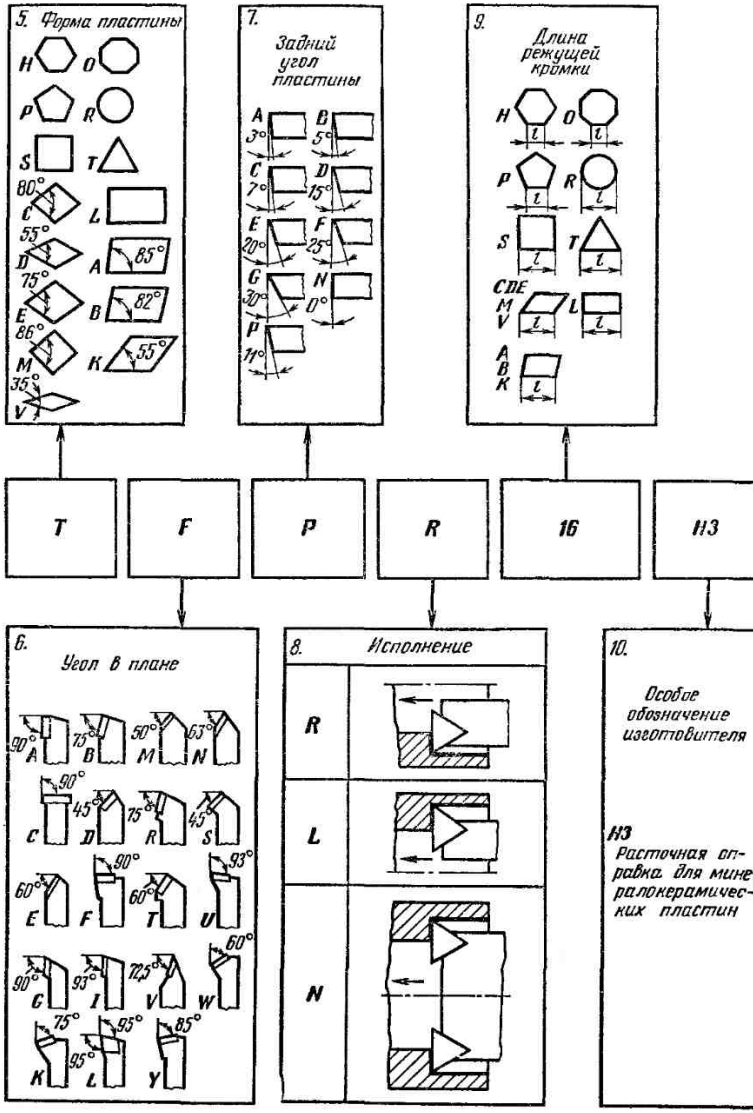



**Рис. 10. Классификация, система обозначения расточных державок с МРП:** 1 – 10 – цифры, указывающие порядок маркировки державок


5. Форма пластины
H O P R S T C L D A E B M K V
80° 55° 75° 86° 35° 85° 82° 55°
7. Задний угол пластины
A B C D E F G N P
3° 5° 7° 15° 20° 25° 30° 0° 11°
9. Длина режущей кромки
H O P R S T CDE M V L A B K
l
T F P R 16 Н3
6. Угол в плане
A B M N C D R S E F T U G I V W K L Y
90° 75° 50° 63° 45° 60° 93° 107,5° 95° 85°
8. Исполнение
R L N
10. Особое обозначение изготовителя
Н3 Расточная оправка для минералокерамических пластин

сокращение числа напайных резцов при длительном сроке службы державок, повышенная прочность и износостойкость деталей крепления МРП; срок службы державки определяется числом закрепляемых в ней пластин (100 режущих и 130 опорных); державки рекомендуется изготовлять из сталей 45, 40Х, 50ХФА, 38ХН3МА с твердостью $HRC_э$ 41,5–46,5;

возможность использования державок инструмента при обработке заготовок из различных материалов за счет установки в одном корпусе пластин, изготовленных из других марок твердого сплава;

сокращение вспомогательного времени замены изношенных режущих кромок и пластины в целом; применение пластин соответствующей степени точности исключает подналадку инструмента на размер;

возможность более экономного использования твердых сплавов;

экономия черных металлов, расходуемых на изготовление корпусов, и цветного металла, применяемого для напайки.

При внедрении инструментов с МРП наряду с их достоинствами следует учитывать и недостатки: увеличенные габариты из-за необходимости размещения элементов крепления; вынужденная и не всегда оптимальная геометрия пластины; повышенная сложность изготовления державки и элементов крепления.

Для получения наибольшего эффекта от внедрения инструмента с МРП с учетом условий эксплуатации необходимо выбрать оптимальные форму пластины и способ ее крепления, правильно выбрать материал пластины, назначить экономически выгодные стойкость и режимы резания.

Основные требования к креплению МРП следующие:

надежная фиксация, не допускающая микросмещений пластины в процессе резания;

наличие плотного контакта опорной поверхности пластины с опорной поверхностью паза при повороте и смене пластины;

обеспечение стабильной геометрии, дробления и завивания стружки, ее надежное удаление и безвибрационная обработка;

минимальное время смены лезвий;

компактность и технологичность.

Конструкции крепления зависят от конструкции самих МРП, а также от вида инструмента, величины и направления нагрузки на пластину в процессе резания, от условий размещения элементов крепления.

Пластины, в конструкции которых отсутствует задний угол, называются негативными, так как при их установке в пазу державки получается отрицательный передний угол. Пластины, имеющие задний угол, которые можно устанавливать в корпусе с положительным передним углом, называются позитивными.

Коэффициент использования твердого сплава в негативных пластинах в 2 раза выше, чем в позитивных, так как они после изнашивания всех режущих кромок с одной стороны могут быть перевернуты, при этом опорная поверхность становится передней.

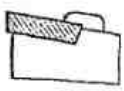
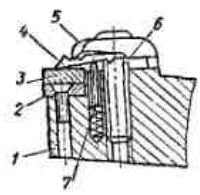
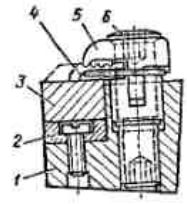
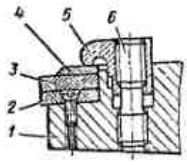
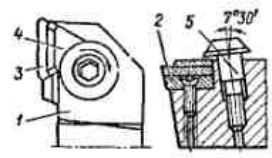
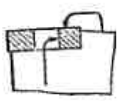
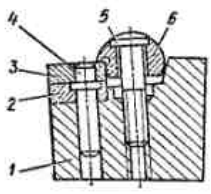
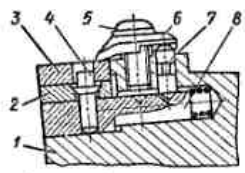
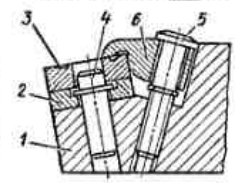
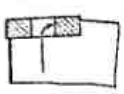
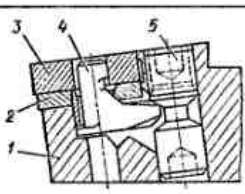
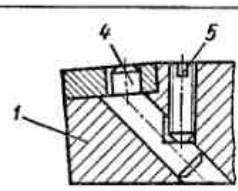
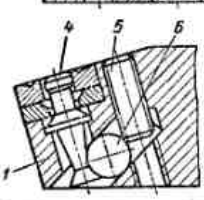
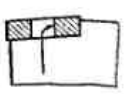
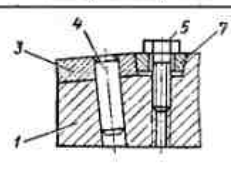
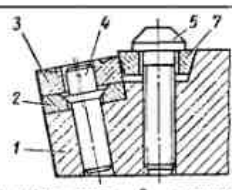
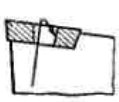
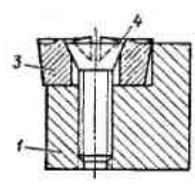
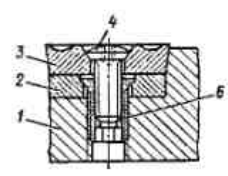
В зависимости от формы пластины и условий обработки по ИСО предусмотрено четыре типа крепления МРП в державке (табл. 19).

Область применения резцов, оснащенных МРП различных форм, зависит от их прочности и условий резания (табл. 20).

Существуют новые конструкции резцов с МРП, в которых пластины закрепляются силами резания. В этом случае обеспечивается более высокая надежность закрепления МРП при токарной обработке с любыми режимами резания, в том числе с ударными нагрузками, и полностью исключается возможность саморазжима режущих пластин в процессе работы. По классификации ИСО такой тип крепления относится к группе Р. Для зажима пластин силами резания в конструкцию резца вводится дополнительный подвижной элемент, который под действием нажима или легкого удара в направлении силы зажима, совпадающей с направлением действия осевой составляющей силы резания, смещается в глубь корпуса и зажимает режущую пластину.

Опорная поверхность выступа у резца (рис. 11, *а*) расположена под острым углом к основанию паза таким образом, что вершина этого угла находится в стороне, противоположной главной режущей кромке, так как высота выступа увеличивается от главной режущей кромки. Крепежный Г-образный элемент размещен в пазу подвижного элемента так, что одно его плечо находится в отверстии режущей пластины, другое – контактирует с выступом корпуса. Опорная стенка расположена под углом к выступу, но может быть и параллельна ему. При зажиме режущей пластины под действием силы $P_з$ подвижной элемент смещается вправо вместе с крепежным элементом, который, поворачиваясь вокруг точки $O$ (по стрелке $n$), прижимает режущую пластину к опорной стенке корпуса. Резец

**19. Основные типы механического крепления МРП**

| Обозначение по ИСО и тип крепления | Варианты конструктивного решения | Назначение и характеристика |
|---|---|---|
|  |     *1* – корпус; *2* – опорная пластина; *3* – режущая пластина; *4* – стружколом; *5* – прихват; *6* – винт | Для крепления гладких пластин (позитивных и негативных) с положительным и отрицательным передним углом. Наличие регулируемого накладного стружколома позволяет осуществлять его перемещение по передней поверхности лезвия пластины для оптимального стружколомания в зависимости от марки обрабатываемого материала и режимов обработки. Применяется для большинства операций наружного точения |
| M  |    *1* – корпус; *2* – опорная пластина; *3* – режущая пластина; *4* – штифт; *5* – винт; *6* – прихват; *7* – шток; *8* – тяга | Для крепления МРП, имеющих центральное отверстие. Стружколомание осуществляется стружкозавивающими канавками, выполненными на передней поверхности лезвия пластины. Применяется для черновой и получистовой обработки |
| P  |    *1* – корпус; *2* – опорная пластина; *3* – режущая пластина; *4* – штифт (рычаг); *5* – винт; *6* – шарик | Применяется в резцах для черновой, получистовой и чистовой обработки заготовок в труднодоступных местах, так как наличие свободной передней поверхности лезвия пластины обеспечивает |
| P  |   *1* – корпус; *2* – опорная пластина; *3* – режущая пластина; *4* – штифт (рычаг); *5* – винт; *7* – клин | свободный сход стружки, а также стабильность и точность базирования пластин. Время смены пластины по сравнению со схемами крепления С и М меньше |
| S  |   *1* – корпус; *2* – опорная пластина; *3* – режущая пластина; *4* – винт с конической головкой; *6* – резьбовая втулка | Для операций внутренней и наружной обработки, особенно в труднодоступных местах. Небольшие габариты по сравнению со схемами крепления С, М, Р, так как мало крепежных элементов. Конструкция технологичная в изготовлении. Посадка осуществляется на внутреннюю коническую поверхность пластины *3* винтом *4* с конической головкой. Открытая передняя поверхность лезвия пластины обеспечивает хороший стружкоотвод. Стружкозавивание осуществляется стружкозавивающей канавкой. Высокая точность и стабильность базирования пластин, надежное крепление |

**20. Рекомендуемая область применения резцов, оснащенных МРП**

| Тип резца | Область применения |
|---|---|
| С пластинами квадратной и ромбической формы с отверстием | Черновое и получистовое точение и растачивание |
| С позитивными пластинами квадратной формы без отверстия | Получистовое и чистовое точение, растачивание с износом $h_з \leqslant 0{,}3 \div 0{,}4$ мм, если по условиям обработки необходим передний угол $\gamma = 0$ |
| С негативными пластинами квадратной формы без отверстия | Получистовое и чистовое точение с износом $h_з \leqslant 0{,}3 \div 0{,}4$ мм, если по условиям обработки необходим передний угол $\gamma \neq 0$ |
| С круглыми пластинами | Чистовая и получистовая обработка фасонных торцовых поверхностей (дисков, зубчатых колес) |
| С пластиной, имеющей форму параллелограмма | Копировальная обработка наружных фасонных поверхностей с углом до 30° |

(рис. 11, *б*) снабжен головкой, расположенной в отверстии режущей пластины, и пазом, в котором предусмотрен дополнительный выступ корпуса. Ось отверстия в подвижном элементе наклонена к основанию паза корпуса. Опорная стенка расположена под углом $\varphi$ к выступу корпуса, но может быть и параллельна ему, т. е. угол $\varphi = 0$. Опорная поверхность дополнительного выступа расположена под острым углом к основанию гнезда корпуса таким образом, что вершина этого угла находится в стороне, противоположной главной режущей кромке. При зажиме режущей пластины под действием силы $P_з$ подвижной элемент вместе с крепежным элементом смещается вправо. Последний, смещаясь вниз, своей головкой прижимает режущую пластину к опорной стенке корпуса. Область применения этих резцов может быть расширена, так как режущие пластины могут находиться также и в глухих гнездах подвижных элементов, а их главные режущие кромки могут быть выполнены под разными углами к опорной стенке корпуса.

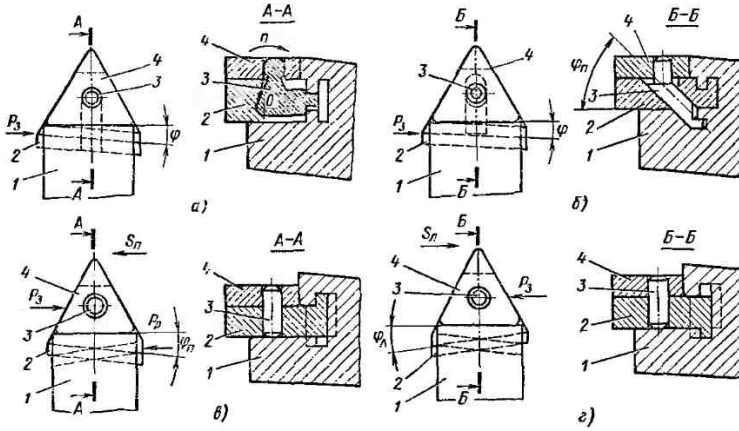



**Рис. 11. Конструкция резцов с зажимом МРП силами резания «сапожком» (*а*), косой тягой (*б*), штифтом (*в, г*):**
*1* – корпус; *2* – подвижной элемент; *3* – крепежный элемент; *4* – режущая пластина

Конструкция (рис. 11, *в, г*) совмещает в себе резец правого (рис. 11, *в*) и левого (рис. 11, *г*) исполнения. Подвижной элемент резца снабжен Г-образным выступом, а в корпусе имеются два паза. В процессе резания подвижной элемент заклинивается в пазу, обеспечивая надежное закрепление пластины. Переход от правого резца к левому осуществляется с помощью переворота подвижного элемента на 180°.

## РАСТОЧНЫЕ РЕЗЦЫ И ГОЛОВКИ

Для обработки отверстий диаметром 35–50 мм и более разработаны расточные резцы с механическим креплением трех- и четырехгранных пластин со специальной подкладкой (рис. 12). В головке державки *1* имеется сквозной паз, в который вставляется подкладка *4* (сталь 40Х, $HRC_э$ 41,5–46,5) с запрессованным в ней штифтом *3*. По мере перемещения подкладки *4* вдоль паза благодаря клинообразному винту *5* режущая пластина *2* плотно прижимается к торцовой поверхности державки. Сменные подкладки повышают долговечность державки и расточного резца. Для державок расточных резцов применяются пластины различных типоразмеров.

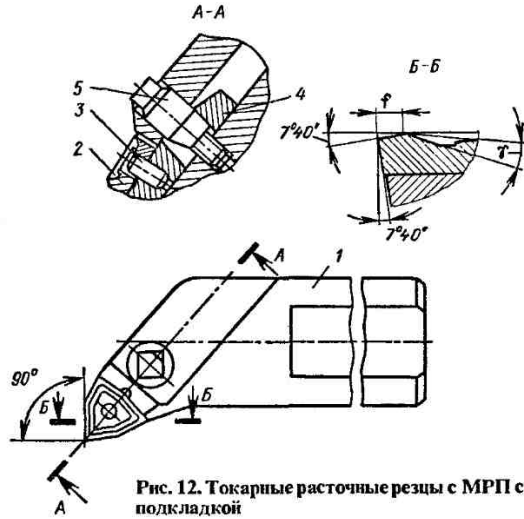



**Рис. 12. Токарные расточные резцы с МРП со специальной подкладкой**

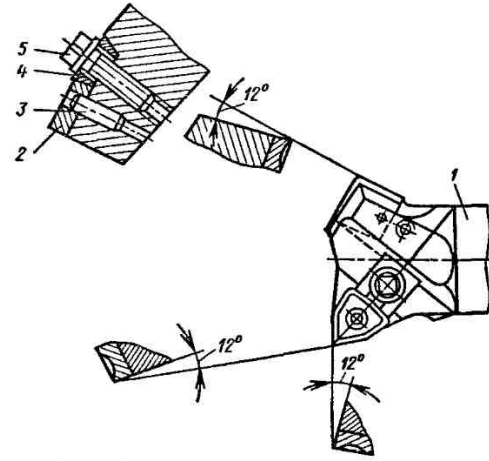



**Рис. 13. Расточный комбинированный резец с МРП:**
*1* – державка; *2* – пластина; *3* – штифт; *4* – клин; *5* – винт

Комбинированный расточный резец, оснащенный трех- и четырехгранными твердосплавными режущими пластинами, предназначен для обработки глухих и сквозных отверстий на токарных станках с минимальным диаметром расточки 70 мм (рис. 13). Регулирование вылета допускается в пределах

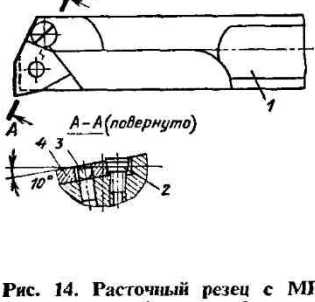



**Рис. 14. Расточный резец с МРП:** *1* – державка; *2* – винт; *3* – штифт; *4* – пластина

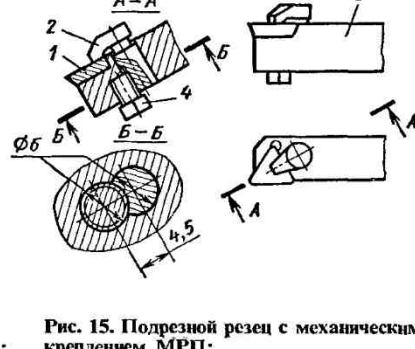



**Рис. 15. Подрезной резец с механическим креплением МРП:** *1* – пластина; *2* – прихват; *3* – державка; *4* – винт

70–180 мм. Державка *1* имеет лыски для устойчивого закрепления ее в резцедержателе суппорта. Трех- и четырехгранные пластины *2* свободно надеваются на штифт и прочно закрепляются.

Отличительные особенности расточного резца с механическим креплением трехгранной режущей пластины (рис. 14) – его компактность, простота изготовления и высокая жесткость крепления режущей пластины. Режущая пластина *4*, установленная в наклонное гнездо корпуса державки, базируется на опорной плоскости и поверхности штифта *3*, запрессованного в корпусе. Со стороны боковой грани пластины, противоположной режущей грани под углом к оси штифта в корпусе выполнено резьбовое отверстие, в которое установлен зажимной винт *2*. При ввертывании винта его головка своим цилиндрическим пояском соприкасается с цилиндрической поверхностью отверстия под головку, а конической поверхностью – с боковой поверхностью пластины. Перемещаясь вниз, головка винта прижимает пластину к опорной плоскости, что исключает образование зазора между пластиной и корпусом. Расточный резец позволяет производить как чистовую, так и черновую расточку отверстий диаметром 28 мм и более.

В корпусе резца с механическим креплением трехгранной режущей пластины с углом в плане $\varphi = 90°$ (рис. 15) предусмотрены гнездо под пластину *1* и два отверстия. В сквозное отверстие диаметром 6 мм установлен Г-образный прихват *2*, а в глухое гладкое отверстие диаметром 6 мм – зажимной винт

*4.* Винт соединен с прихватом резьбой, нарезанной на цилиндрической части прихвата с внешней стороны (см. сечение *Б—Б*). Винт при вращении по часовой стрелке перемещает прихват, который и закрепляет пластину в гнезде корпуса.

*Расточная быстросменная головка «Советская»* (рис. 16, *а*) в корпусе *6* имеет два отверстия. В одном отверстии располо-

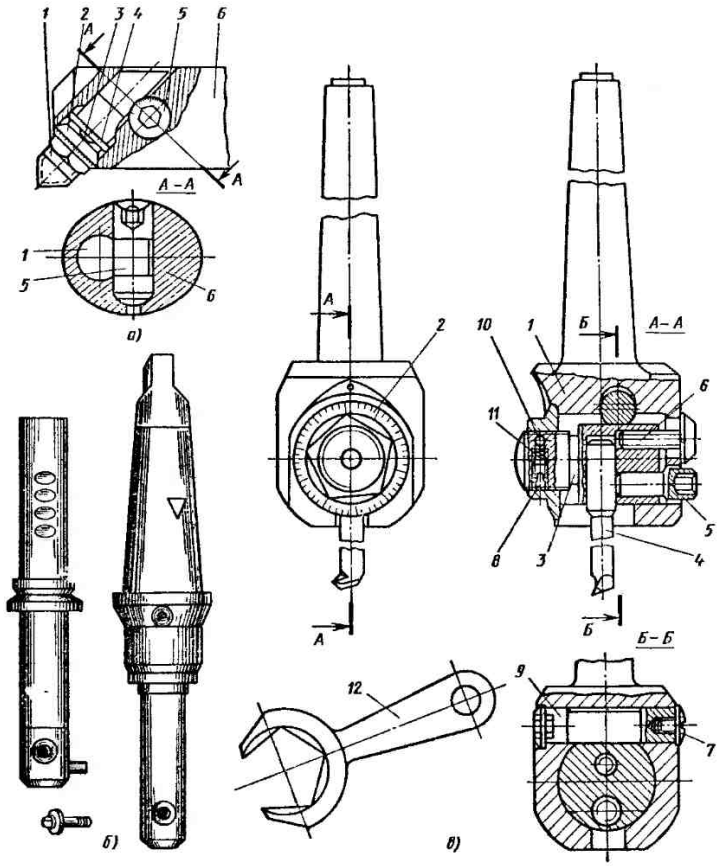



**Рис. 16. Расточные быстросменные головки:**
*а* — «Советская»; *б* — «Россия»; *в* — «Надежда»: *1* — корпус; *2* — микрометрическая гайка; *3* — резцедержатель; *4* — резец; *5—8* — винты; *9* — эксцентрик; *10* — шарик; *11* — пружина; *12* — ключ

жен эксцентрик *5*, в другом – цилиндрический резец *1*, на котором со стороны головки имеется микрометрическая резьба, а на хвостовике – лыска. На головку резца навернута гайка *2* с конической поверхностью и шкалой. При вращении гайки по часовой стрелке, последняя, упираясь в коническую поверхность корпуса, выдвигает из него резец на величину, определяемую по шкале. На резце имеется контргайка *4* и пружинящая шайба *3*. На торце эксцентрика, со стороны шестигранника под ключ имеется еще одна неполная шкала, по которой определяется постоянная сила, необходимая для надежного закрепления и точного позиционирования резца в продольной и поперечной плоскостях.

Резец, закрепляемый в головке, можно изготовить из бывшего в употреблении осевого инструмента, например, из вышедших из строя фрез и т. д. Для этого необходимо на их цилиндрической поверхности с одного конца прошлифовать резьбу, а с другого на плоскошлифовальном или заточном станке сделать лыску и выдержать углы заточки.

В *расточной быстросменной головке «Россия»* (рис. 16, *б*) помимо радиального микрометрического регулирования резца на размер растачиваемого отверстия предусмотрена возможность перемещения всей резцедержавки и в осевом направлении в зависимости от глубины растачиваемого отверстия: на 1 – 10 мм при ускоренной предварительной настройке и на 0,01 – 0,001 мм при окончательной.

Расточная быстросменная головка «Россия» способна заменить целый набор разных по длине расточных резцов, оправок, головок.

*Расточная быстросменная головка «Надежда»* (рис. 16, *в*) в комплекте имеет восемь резцедержателей вместо одного, как у расточных патронов, причем все резцы могут быть предварительно закреплены в резцедержателе и настроены на размер растачиваемого отверстия вне станка. Время на перезакрепление резцедержателя в корпусе головки составляет не более 10 с. В корпусе *1* головки перпендикулярно ее оси выполнено цилиндрическое отверстие, в котором крепится с помощью эксцентрика *9* резцедержатель *3* с резцом *4*. Для работы с большими нагрузками на резец предусмотрено дополнительное крепление резцедержателя в корпусе винтом *6*. Настройка резцедержателя с резцом на размер производится микрометрической пятигранной гайкой *2* со шкалой. Фиксация резцедержателя с резцом, настроенным на определенный размер, осущест-

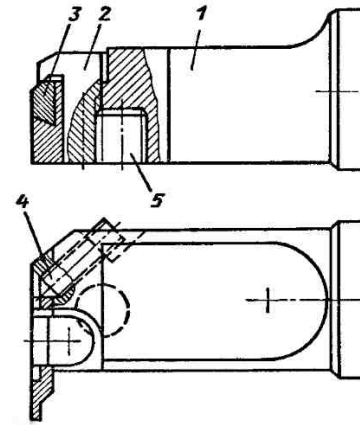



**Рис. 17. Расточный резец с механическим креплением канавочной твердосплавной пластины:**
*1* – державка; *2* – Г-образный прихват; *3* – пластина; *4* – винт; *5* – зажимной винт

вляется шариком *10*, пружиной *11* и винтом. Цена деления шкалы микрометрической гайки равна 0,01 мм. На торце эксцентрика имеется еще одна неполная шкала для обеспечения точного позиционирования резца в двух плоскостях. На другом торце эксцентрика имеется винт, удерживающий его от смещения по оси.

Установка резца в головке на размер осуществляется следующим образом. При повороте торцовым шестигранным ключом эксцентрика ослабляется сила зажима резцедержателя. Затем производится вращение накидным ключом *12* микрометрической гайки со шкалой. При этом гайка своим торцом, опираясь на торец корпуса головки, вытягивает резцедержатель с резцом. После установки на заданный размер резцедержатель надежно закрепляется в корпусе эксцентриком. Сила зажима и точность фиксации размера определяются по шкале эксцентрика. Пять граней микрометрической гайки делят шкалу на пять равных частей, что ускоряет и облегчает установку инструмента на размер.

В расточном резце с механическим креплением канавочной пластины для токарно-револьверных станков с ЧПУ (рис. 17) гнездо под пластину *3* выполнено на торце перпендикулярно оси цилиндрического хвостовика державки. В качестве упора для регулирования расстояния от режущей кромки до оси хвостовика (это расстояние для станков с ЧПУ должно быть постоянным) используется винт, ось которого расположена под углом 45° к торцу державки. Опорной поверхностью для пластины служит конусная поверхность винта. Зажимной винт *5* расположен с обратной стороны зажимной головки Г-образного прихвата под углом 45°, что обеспечивает компактность резца.

## КОНСТРУКЦИИ РЕЗЦОВ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ ПЛАСТИН

При обработке на токарных станках кольцевых заготовок хорошо зарекомендовал себя резец, показанный на рис. 18. Он состоит из одной державки и двух прихватов, двух режущих двухпозиционных твердосплавных пластин, двух подкладок, двух гаек, двух винтов и двух шайб. При обработке по наружному и внутреннему диаметру резец производит съем металла с припуском до 10 мм на всю ширину пластины, что повышает производительность обработки за счет сокращения времени на переустановку резцов.

Резец, установленный в державку, предназначен для расточки конуса на станках с ЧПУ (рис. 19). Державка состоит из корпуса с базовыми опорами, клина и винтов для крепления резца. При поломке или изнашивании резцы вынимаются из державки и заменяются новыми. Посадочные места державки могут быть изготовлены по типу резцовых вставок к инструментальным головкам станков с ЧПУ.

Сборный отрезной резец, представленный по рис. 20, оснащен твердосплавной пластиной. Державка *1* резца устанавливается в резцедержателе суппорта станка. В нее устанавливается сменная планка *2* с четырьмя V-образными пазами для базирования режущей пластины *3*, которая закрепляется прихватом *4*. Замена сменной планки осуществляется без снятия державки со станка.

Конструкция резца позволяет прочно и надежно закреплять твердосплавные пластины, предназначенные для нарезания резьбы, прорезания канавок и др. Канавочные и резьбовые пластины изготовляют двусторонними. Конструкция резца предус-

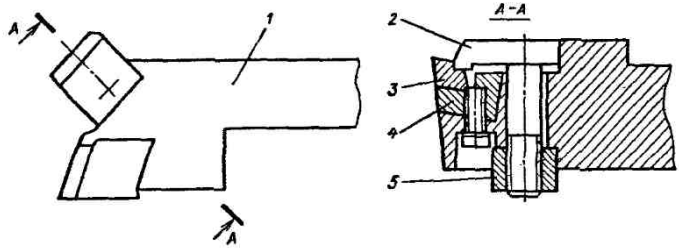



**Рис. 18. Резец для обработки кольцевых заготовок:**
*1* – державка; *2* – прихват; *3* – пластина; *4* – подкладка; *5* – гайка

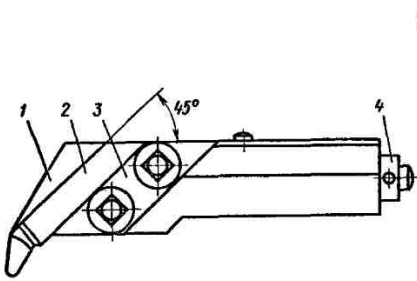



**Рис. 19. Резец для расточки конуса:** *1* – державка; *2* – резец; *3* – клин; *4* – базовые опоры

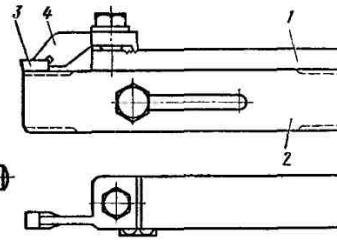



**Рис. 20. Сборный отрезной резец**

матривает возможность многократного использования режущей пластины. В конструкции корпуса резца предусмотрены рифления, позволяющие перемещать прихват по мере переточки режущей пластины. Кроме того, на сменной вставке имеется специальный паз, позволяющий регулировать ее положение.

Твердосплавные пластины затачивают по задней поверхности и по упрочняющей фаске. В отдельных случаях на передней поверхности резца рекомендуется затачивать стружкозавивающую канавку (особенно при разрезке материалов невысокой прочности). Резцы предназначаются для отрезки заготовок из прутка диаметром до 70 мм и труб больших диаметров с толщиной стенки до 60 мм на токарных и отрезных станках.

В конструкции резца, представленной на рис. 21, применяется пластина формы 22 со скосом из твердого сплава (ГОСТ 2209–82). Она укладывается в гнездо державки и прижимается планкой с помощью винта. При необходимости переточки пластины винт отпускается, и с помощью регулировочного винта через штифт пластина подается вперед. Скос пластины обеспечивает ее перемещение вперед и влево, что позволяет затачивать главную и вспомогательную режущие кромки. Стружколом подкладывают под прижимную планку и крепят вместе с ней. Расстояние от режущей кромки до стружколома регулируется с помощью овального отверстия в планке. Резец обладает высокой жесткостью; его конструкция позволяет быстро сменить режущую пластину без съема резца, а также снизить расход твердого сплава.

В конструкции, представленной на рис. 22, спиральная пружина *5* расположена в отверстии корпуса *1* резца; она с по-

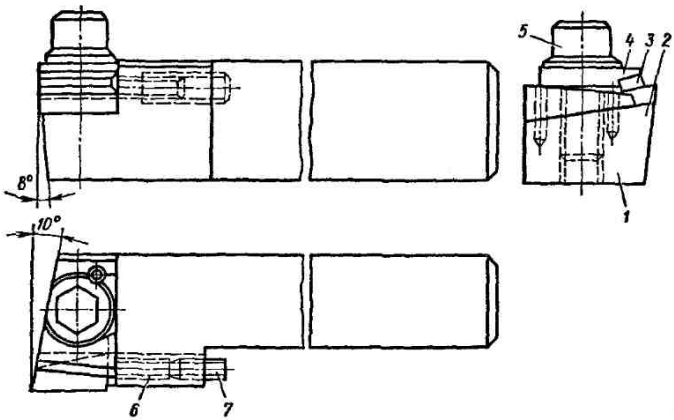
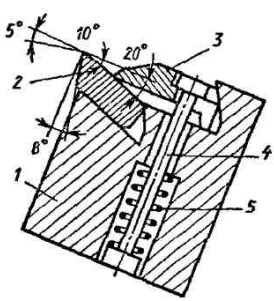



**Рис. 21. Резец с креплением пластины прижимной пленкой:**
*1* – державка; *2* – пластина; *3* – стружколом; *4* – прижимная планка; *5* – винт; *6* – штифт; *7* – регулировочный винт

мощью штока *4* прижимает стружколом *3* к передней поверхности режущей пластины *2*, что обеспечивает повышенную надежность инструмента в работе. Для смены стружколома достаточно нажать на выступающую из корпуса часть штока, сжать пружину и вывести головку штока из паза стружколома. К преимуществам резцов такого типа относятся возможность заточки режущих пластин отдельно от корпуса резца, отсутствие необходимости вышлифовывания в твердом сплаве стружкозавивающей канавки вследствие применения накладного стружколома. Такая канавка, как известно, приводит к нерациональному использованию твердого сплава и усложняет заточку.




На рис. 23 приведена одна из конструкций резца с механическим креплением керамической пластины. Державка *1* имеет пазы, расположенные под углами 70 и 80° к передней поверхности инструмента. Керамическая пластина *2* прижимается к корпусу клином *3*, затягиваемым винтом *4*. Такое зажатие пластины целесообразно, так как вследствие большой хруп-

**Рис. 22. Крепление перетачиваемых твердосплавных пластин спиральной пружиной**

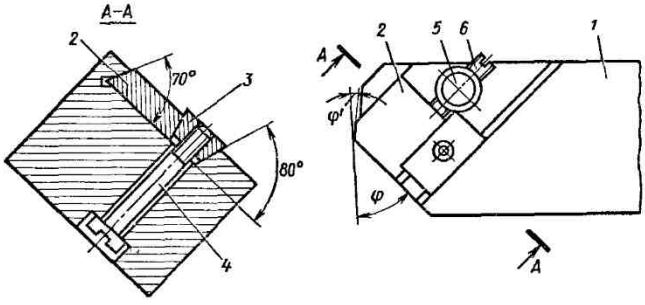



**Рис. 23. Резец с механическим креплением керамической пластины**

кости минералокерамики она легко может быть разрушена, если ее зажать сверху. В пластину упирается регулировочный винт *6*, ввернутый в палец *5*, который запрессован в державке. По мере переточки пластины ее ширина уменьшается; подвертыванием регулировочного винта *6* регулируется вылет пластины, который не должен превышать 0,5 – 0,8 мм.

Токарный проходной резец с механическим креплением пластины на подвижной опоре (рис. 24) состоит из режущей пластины *2*, опорной пластины, шпонки *4*, винта с эксцентриковой цилиндрической головкой и корпуса. При повороте винта его головка, входящая в отверстие опорной пластины, перемещает последнюю; режущая пластина, находящаяся в гнезде корпуса,

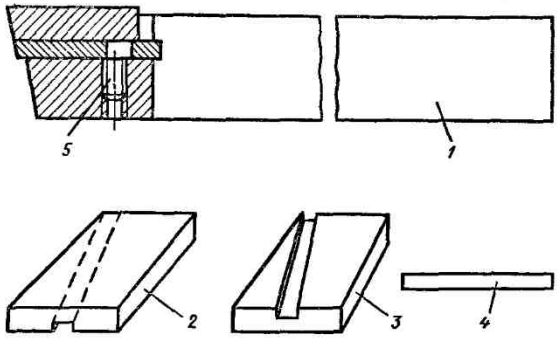



**Рис. 24. Проходной резец с механическим креплением пластин:**
*1* – державка; *2* – пластина; *3* – подкладка; *4* – шпонка; *5* – эксцентриковый штифт

под действием шпонки *4*, расположенной под некоторым углом к опорным поверхностям гнезда, прижимается к этим поверхностям и закрепляется. В резце могут быть использованы как стандартизованные пластины (с некоторой доработкой), так и пластины специальные из различных инструментальных материалов.

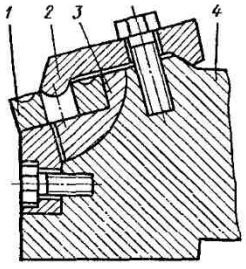
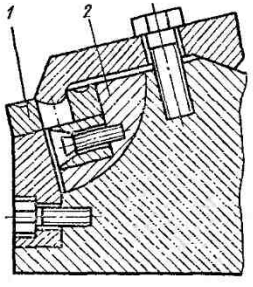
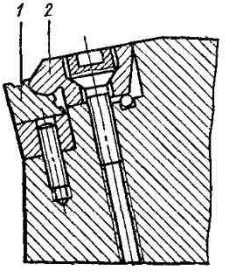
Разрушение режущей части инструмента происходит под действием изгибных напряжений. Режущая пластина работает как балка на упругом основании. Наибольшая упругая деформация основания возникает у задней поверхности. В ряде случаев в этом месте возникает пластическая деформация, приводящая к появлению зазора между пластиной и основанием и резкому увеличению напряжения в пластине.

Для устранения этого явления место крепления пластины можно перенести таким образом, чтобы вместо напряжений изгиба действовали напряжения сжатия. Некоторые конструкции резцов для тяжелых режимов резания, представленные в табл. 21, предусматривают шарнирное крепление режущей пластины к корпусу таким образом, чтобы геометрическая ось поворота вставки была расположена в плоскости, перпендикулярной к направлению перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности, и проходила через вершину режущей пластины. Такие конструкции позволяют перемещаться пластине в направлении деформации опоры, однако при этом она не раскрепляется и в ней не возникают напряжения изгиба.

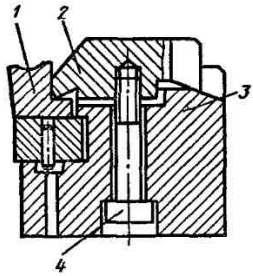
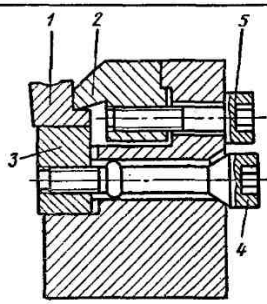
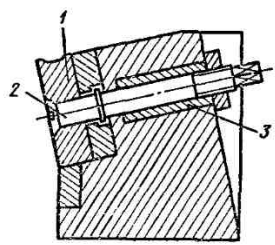
В условиях единичного и мелкосерийного производства находят применение резцы со сменной рабочей головкой (вставками). Резец (рис. 25, *а*) состоит из державки с коническим отверстием и сменной рабочей головки с коническим хвостовиком. Рабочая головка устанавливается хвостовиком в коническое отверстие державки, где заклинивается в результате действия сил резания. Для извлечения головки из державки достаточно легкого постукивания молотком снизу по хвостовику. Рабочая головка резца устанавливается под любым углом в плане (рис. 25, *б*), благодаря чему расширяются технологические возможности резца. Аналогичные возможности и у комбинированного резца со сменными вставками (рис. 26). Сменные вставки устанавливаются в пазы державки резца и прижимаются планкой при помощи винта. Вставки могут быть цельными из быстрорежущей стали, либо оснащаться пластинами из твердого сплава.

Для средних и тяжелых токарных и карусельных станков

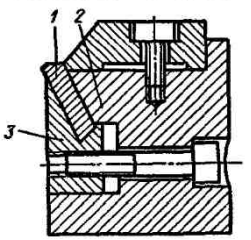
**21. Конструкции резцов для тяжелых режимов резания**

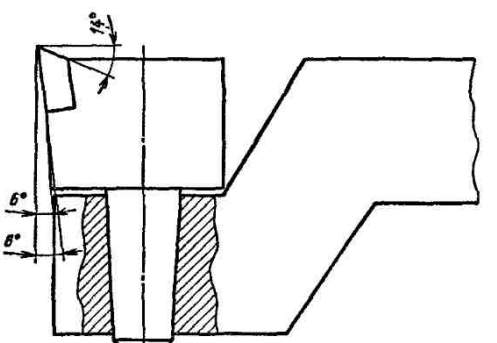
| Эскиз | Конструктивные особенности |
|---|---|
|  | В комбинированном опорном элементе сменная режущая пластина с центральным отверстием *1* жестко крепится прихватом *2* к вставке *3*, шарнирно соединенной с корпусом *4*. Своей опорной поверхностью режущая пластина контактирует со сменной опорой, жестко закрепленной в корпусе винтом |
|  | Конструкция позволяет повысить срок службы шарнирной опоры *2* режущей пластины *1* из-за того, что опора составная |
|  | Использование короткой режущей пластины с выемкой под прихват позволяет приблизить реакцию опорной поверхности к режущей кромке и тем самым увеличить долю напряжения сжатия по сравнению с напряжением изгиба в напряженном состоянии режущей пластины. Зажимная поверхность прихвата *2* и контактирующая с ней поверхность режущей пластины *1* имеют цилиндрическую форму, что позволяет пластине амортизировать при упругих деформациях опоры |

*Продолжение табл. 21*

| Эскиз | Конструктивные особенности |
|---|---|
|  | Прочность режущего элемента увеличивается при конструктивном сближении прихвата не только с главной задней поверхностью, но и с передней. Режущая пластина *1* упирается своей верхней частью в прихват-стружколом *2*. Самоустановка прихвата при затягивании крепежного винта *4*, а также равномерное усилие распределения силы закрепления по поверхности прихвата достигаются благодаря тому, что опорная поверхность прихвата имеет форму усеченного конуса, контактирующего с конической поверхностью корпуса *3*. Ось конуса перпендикулярна торцовой упорной поверхности прихвата. Из-за наличия уклона опорной поверхности установочного паза создается сила, прижимающая режущую пластину к прихвату |
|  | Крепление прихвата *2* и опоры *3* осуществляется с боковой стороны резца. Режущая пластина *1* и опора прижимаются к двум поверхностям вследствие движения винтов *4* и *5* |
|  | Пластина *1* расположена вдоль задней поверхности; она имеет большую прочность, так как сила $P_z$ в большинстве случаев значительно больше силы $P_y$. Крепление пластины осуществляется винтом *2* за коническую часть отверстия пластины. Втулка *3*, выполненная из меди, предназначена для увеличения силы закрепления при ее удлинении из-за разных коэффициентов теплового линейного расширения материалов корпуса и втулки |

*Продолжение табл. 21*

| Эскиз | Конструктивные особенности |
|---|---|
|  | Режущая пластина *1* установлена в паз наклонно между корпусом *2* и Г-образным прихватом *3*, выполняющим роль опоры. Угол наклона режущего элемента выбирают таким, чтобы его расположение приблизительно совпадало с направлением равнодействующей силы резания. Форма режущей пластины допускает восемь перестановок |




*а)*

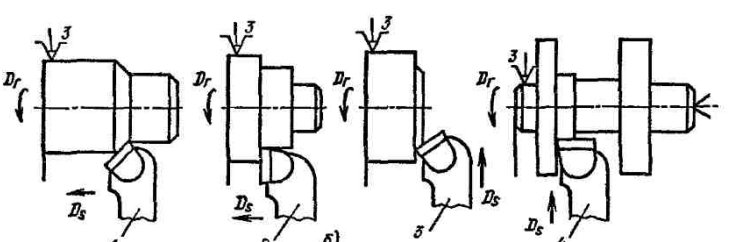



**Рис. 25. Резец со сменной рабочей головкой** *(а)* **и схема использования** *(б)* **его в качестве резца:**
*1* – проходного; *2* – упорного; *3* – торцового; *4* – прорезного

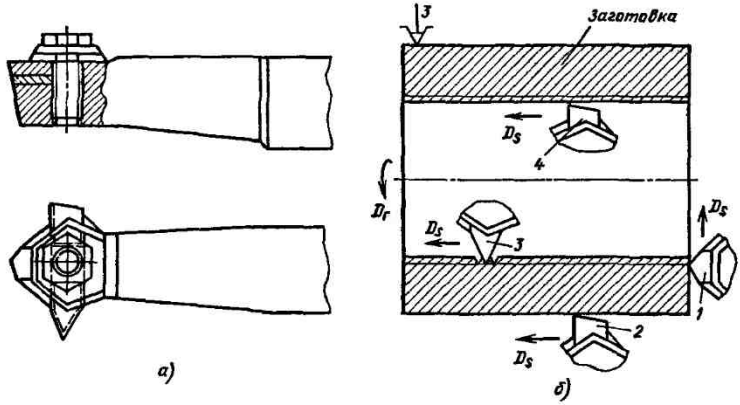



**Рис. 26. Комбинированный резец со сменными вставками** *(а)* **и схема использования** *(б)* **его в качестве резца:**
*1* – торцового; *2* – проходного упорного; *3* – внутреннего резьбового; *4* – расточного

создан сборный резец (рис. 27), который состоит из державки *3*, сменных резцовых вставок *1*, закрепляемых на державке посредством соединения типа ласточкина хвоста, и винта *2*. Для надежного крепления вставок поверхности соединения типа ласточкина хвоста выполнены под углом к опорной поверхности державки. В одну державку можно устанавливать резцовые вставки нескольких типов: проходные правые и левые, подрезные упорные и торцовые, прорезные, резьбовые, а также вставки для обработки переходных поверхностей. Вставки состоят из стального кованого корпуса, опорной пластины, режущей твердосплавной пластины, прихвата и крепежных элементов. По мере изнашивания пластины изменение размера компенсируется прокладками.

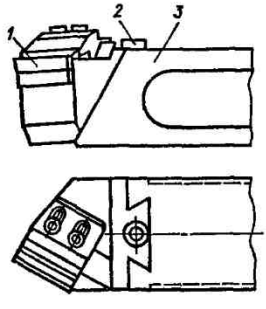



**Рис. 27. Сборный резец со сменными резцовыми вставками**

## ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для обработки переходных поверхностей, канавок и других фасонных поверхностей применяются фасонные резцы (рис. 28): стержневые, призматические и круглые. Профиль режущей кромки фасонного резца полностью совпадает с профилем обрабатываемой поверхности. В зависимости от направления подачи фасонные резцы подразделяются на радиальные и тангенциальные. Радиальные фасонные резцы могут работать как с продольной, так и с поперечной подачей (рис. 29). При обработке тангенциальными резцами точность обработки зависит только от точности установки и настройки резца и не зависит от точности выключения подачи.

Системы координат и координатные плоскости при точении призматическим фасонным резцом показаны на рис. 30.

Круглые фасонные резцы могут выполняться с кольцевыми (рис. 31, *а*) и винтовыми образующими (рис. 31, *б, в, г*), которые после обработки обеспечивают получение меньшей шероховатости поверхности. Дисковый круглый резец устанавливают на станок таким образом, чтобы его ось находилась выше оси заготовки на величину $h$ (рис. 31, *а*). Это необходимо для получения заднего угла $\alpha$, отличного от нуля. Круглые фасонные резцы конструкций, работающих с поперечной (рис. 31, *а, б, в*) и продольной (рис. 31, *г*) подачами, служат для обработки наружных (рис. 31, *а, в*) и внутренних (рис. 31, *б, г*) поверхностей.

Призматические фасонные резцы используются для работы с радиальной (рис. 32, *а*) и тангенциальной (рис. 32, *б*) подачами. У призматических радиальных фасонных резцов задние углы $\alpha$ создаются соответствующей установкой резца в державке (рис. 33). Особенностью тангенциальных резцов является изменение значений углов $\alpha$ и $\gamma$ в процессе резания. На рис. 34 показано положение тангенциального резца до обработки (рис. 34, *а*) и после (рис. 34, *б*), из чего следует, что $\gamma_{нач} < \gamma_{кон}$, $\alpha_{нач} > \alpha_{кон}$. Поскольку разница значений углов тем больше, чем больше припуск, то такие резцы применяются в основном для чистовой обработки. На рис. 35 показан тангенциальный фасонный резец, у которого режущая кромка наклонена к обрабатываемой поверхности под углом $\lambda$, в результате чего обеспечивается плавное врезание и соответственно снижение сил резания, необходимых при обработке заготовок малой жесткости.

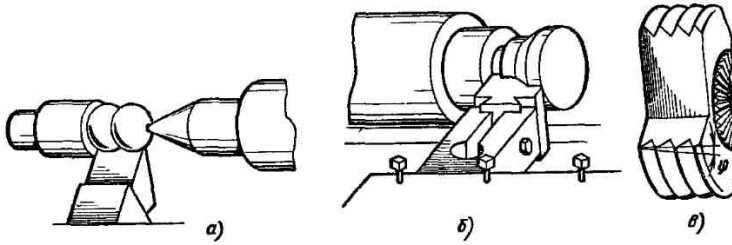



**Рис. 28. Стержневой (*а*), призматический (*б*) и круглый (*в*) фасонные резцы**

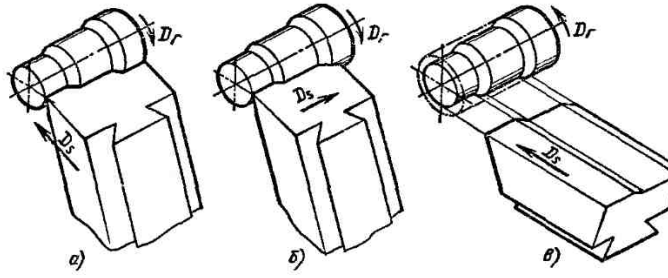



**Рис. 29. Схема работы фасонных резцов с подачей:**
*а* — поперечной; *б* — продольной; *в* — тангенциальной

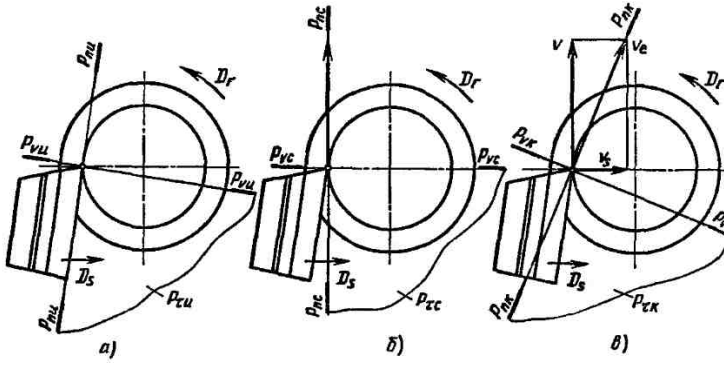



**Рис. 30. Координатные плоскости и системы координат при фасонном точении:**
*а* — инструментальная; *б* — статическая; *в* — кинематическая

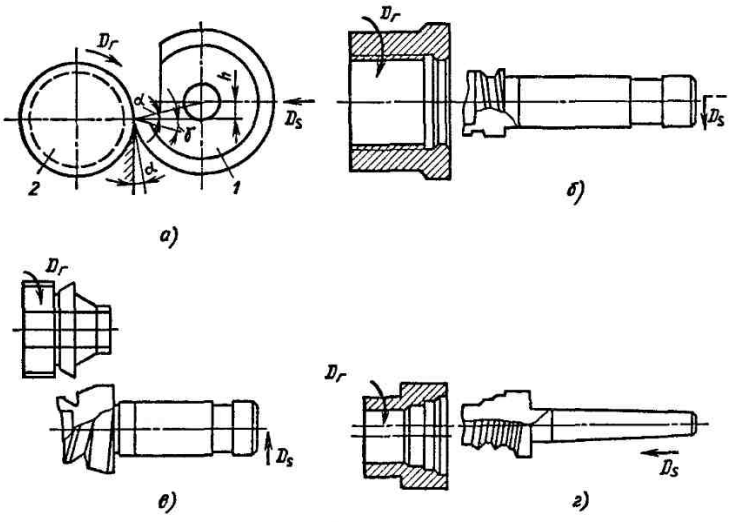



**Рис. 31. Круглые фасонные резцы с кольцевыми *(а)* и винтовыми образующими *(б,в,г)* для обработки наружных поверхностей с радиальной подачей *(а,в)* и внутренних поверхностей с радиальной *(б)* и продольной *(г)* подачами:**
*1* – резец; *2* – заготовка

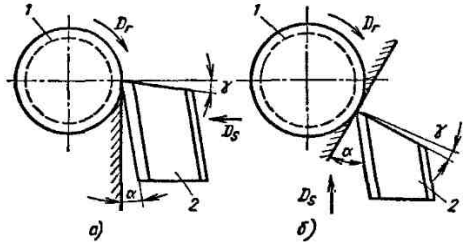



**Рис. 32. Призматические фасонные резцы для обработки с радиальной *(а)* и тангенциальной *(б)* подачами:**
*1* – заготовка; *2* – резец

Для совмещения переходов целесообразно применять комбинированные резцы. Усложнение конструкции и процесса заточки комбинированных резцов обычно окупается экономией вспомогательного времени (на замену инструмента) и основного вследствие совмещения различных переходов. Предста-

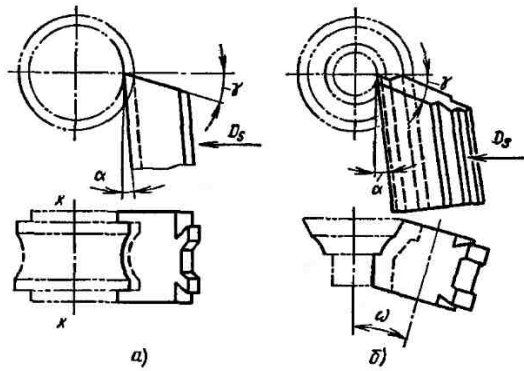



**Рис. 33. Призматический радиальный фасонный резец, установленный перпендикулярно *(а)* и под углом ω *(б)* к заготовке**

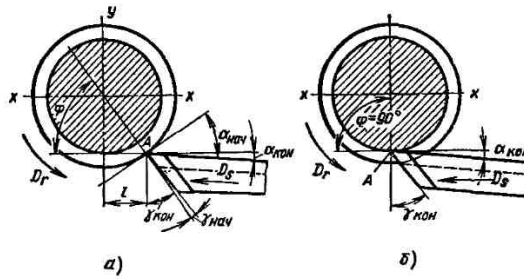



**Рис. 34. Изменение углов тангенциального резца в процессе обработки**

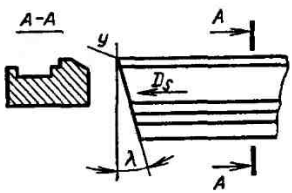



**Рис. 35. Тангенциальный фасонный резец, обеспечивающий плавное врезание в заготовку**

вленные на рис. 36 комбинированные резцы позволяют либо одновременно обрабатывать не менее двух поверхностей, либо, изменяя направление подачи, одним инструментом обрабатывать различные поверхности.

На рис. 37 показаны многокромочные резцы для обработки корпусных деталей из алюминиевых сплавов и вытачивания тороидального кольца. Расстояние между кромками должно быть выдержано с высокой точностью и после переточек дол-

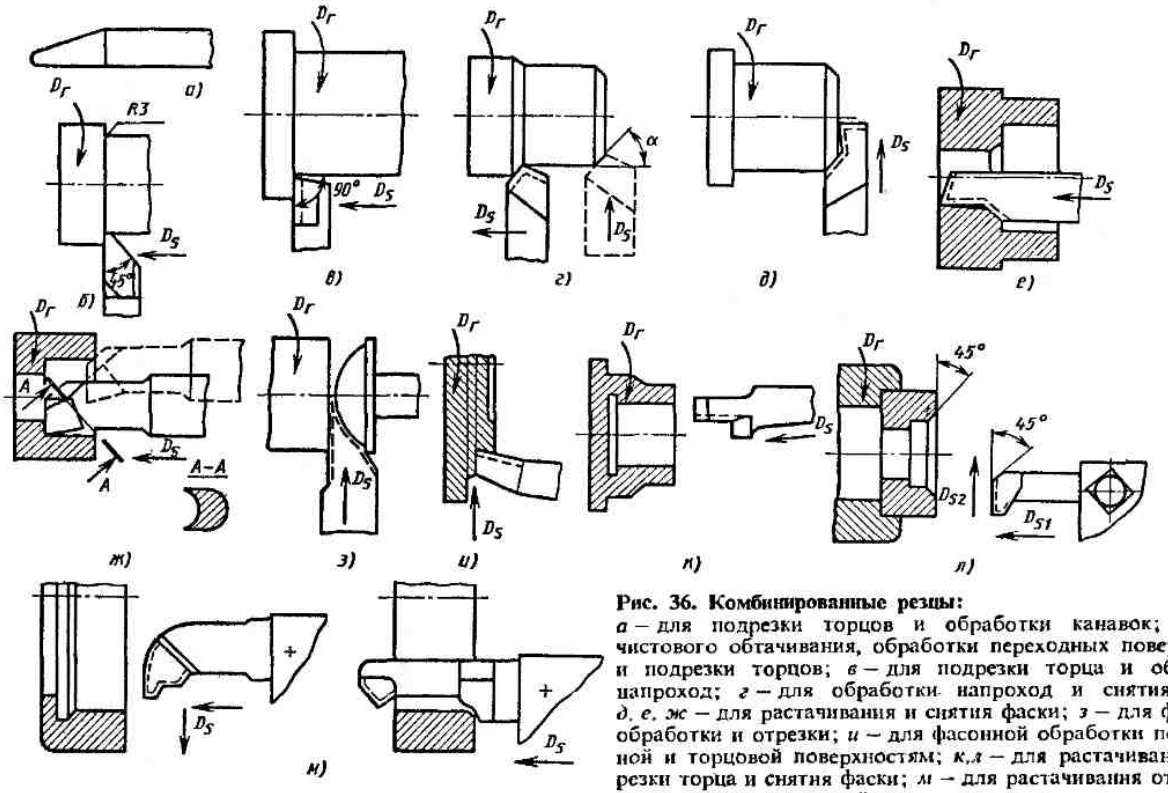



**Рис. 36. Комбинированные резцы:**
*а* – для подрезки торцов и обработки канавок; *б* – для чистового обтачивания, обработки переходных поверхностей и подрезки торцов; *в* – для подрезки торца и обработки напроход; *г* – для обработки напроход и снятия фаски; *д, е, ж* – для растачивания и снятия фаски; *з* – для фасонной обработки и отрезки; *и* – для фасонной обработки по наружной и торцовой поверхностям; *к, л* – для растачивания, подрезки торца и снятия фаски; *м* – для растачивания отверстия, вытачивания внутренней канавки и закругления кромки

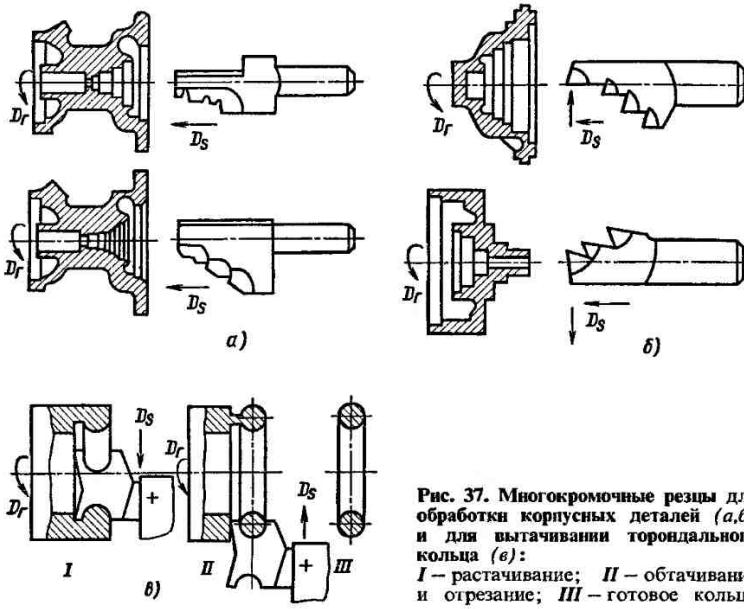



**Рис. 37. Многокромочные резцы для обработки корпусных деталей** *(а,б)* **и для вытачивании торондального кольца** *(в)*:
*I* – растачивание; *II* – обтачивание и отрезание; *III* – готовое кольцо

жно восстанавливаться. Комбинированный фасонный резец (рис. 38) предназначен для последовательной расточки отверстия диаметром 21 мм на продольной подаче и обработки фасонной поверхности на поперечной подаче при одинаковом направлении вращения шпинделя токарного станка. На одной державке выполнено два резца из быстрорежущей стали: обычный расточный и расточный фасонный, ось которого сме-



**Рис. 38. Комбинированный фасонный резец**

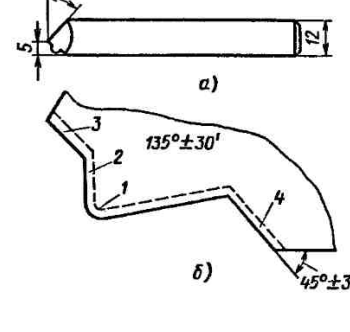



**Рис. 39. Комбинированный расточный фасонный резец** *(а)* **и его режущая кромка** *(б)* (угол между кромками *1* и *3* равен 135°±30')

щена не только вверх относительно оси державки для получения заднего угла на фасонном резце, но и в сторону режущей кромки расточного резца. Передний угол у резцов равен 10°, а задний угол у фасонного резца 12°, у расточного 16°. Режущие кромки резцов находятся в одной плоскости.

Комбинированный расточный фасонный резец (рис. 39) изготовлен из поковки диаметром 12 мм из стали 40Х с напаянной пластиной из твердого сплава. Конструкция режущей кромки показана на рис. 39, *б*. При продольной подаче суппорта резец режущей кромкой *1* растачивает отверстие до заданного диаметра, а затем режущей кромкой *4* снимает фаску 0,5 × 45°. При необходимости резец может использоваться для одновременной подрезки торца заготовки и снятия фаски. В этом случае при продольной подаче суппорта станка резец режущей кромкой *3* снимает фаску 0,5 × 45, а режущей кромкой *2* подрезает торец обрабатываемой заготовки на необходимую величину.

## РЕЗЦЫ С НАПАЙНОЙ ПЛАСТИНОЙ

На предприятиях широко применяется инструмент с напайной пластиной. Гнезда в державке под напайную пластину имеют различную форму (рис. 40). Открытое гнездо применяют для многих типов резцов, полузакрытое гнездо – для пластин, имеющих закругления, закрытое и врезное гнезда для пластин малых размеров, так как они обеспечивают более надежное соединение пластин с державкой.

По форме сечения державки резцы делятся на прямоугольные, квадратные и круглые. Резцы прямоугольной формы применяются чаще других, так как при врезании пластины обеспечивается меньшее снижение прочности державки, чем

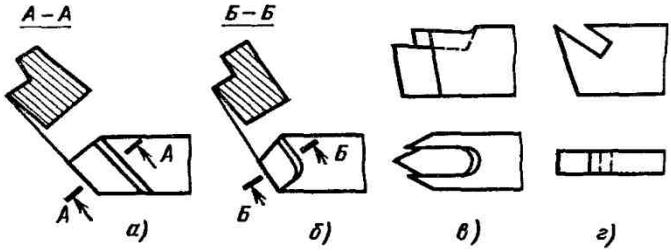



**Рис. 40. Формы гнезда под пластины:**
*а* – открытая; *б* – полузакрытая; *в* – закрытая; *г* – врезная

у державок квадратного сечения. Квадратная форма сечения державки используется для расточных, автоматно-револьверных резцов, круглая – для расточных и резьбовых резцов; она позволяет поворачивать резцы в резцедержателе. Размеры сечений державок (мм) нормализованы (например, прямоугольные 10 × 16, 12 × 16, 12 × 20, 16 × 20, 16 × 25, 20 × 25, 20 × × 32, 25 × 40, 32 × 40, 32 × 50, 40 × 55 мм и т.д.).

Толщина пластины определяется в основном ее прочностью и допускаемым числом переточек по передней поверхности. Чем больше силы при резании и интенсивнее изнашивание по передней поверхности лезвия, тем больше должна быть толщина пластины. Толщина твердосплавных пластин равна 2,5 – 12 мм. В стандартных резцах соотношение между толщиной пластины $C$ и высотой стержня $H$ следующее: $C = (0{,}16 \div 0{,}20)\ H$.

Размеры и форма гнезд соответствуют размерам и форме пластин и вставок. Так, у резцов с пластинами из твердого сплава глубина паза выбирается в зависимости от толщины пластины: при толщине пластины до 4 мм глубина паза равна толщине пластины; при толщине пластины 4 – 7 мм – половине толщины, при толщине св. 7 мм – 0,4 толщины пластины. Глубина гнезда под пластину у отрезных резцов принимается равной толщине пластины.

Особые требования предъявляются к опорным поверхностям резца, которые должны быть выполнены так, чтобы при проверке на контрольной плите резец прилегал к ней без зазоров и без качки. Параметр шероховатости $Rz$ опорных поверхностей гнезда и корпуса не должен превышать 10 мкм для опорной поверхности гнезда и 20 мкм – для опорной поверхности корпуса.

На рис. 41 показан сборный отрезной резец с виброгасящей державкой *2*. Регулирование жесткости резца осуществляется при помощи деревянной или капроновой вставки *3*, забиваемой в прорезь державки *2*. Вылет пластины *1* регулируется в зависимости от требуемой глубины прорезаемой канавки или диаметра отрезаемой заготовки. Опорная рифленая планка *5* крепится к державке винтом и при изнашивании опорной поверхности может заменяться. Пластина *1* прижимается к опорной рифленой планке *5* прижимной планкой *4* при помощи винта. Сменные режущие пластины изготовляют из быстрорежущей стали или твердого сплава.

В отрезном резце с оттянутой частью державки (рис. 42) ви-

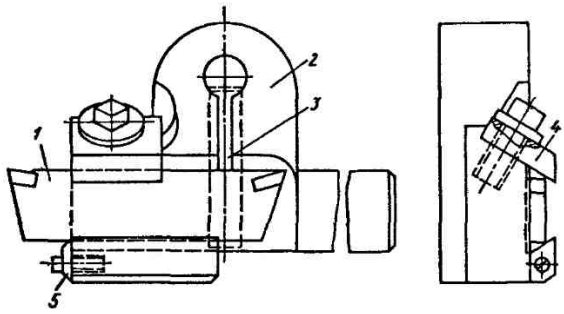



**Рис. 41. Виброгасящий отрезной резец**

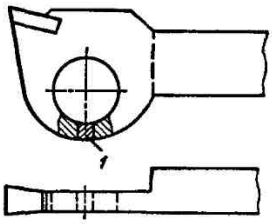



**Рис. 42. Отрезной резец с впаяной виброгасящей медной пластиной:**
*1* – медная пластина

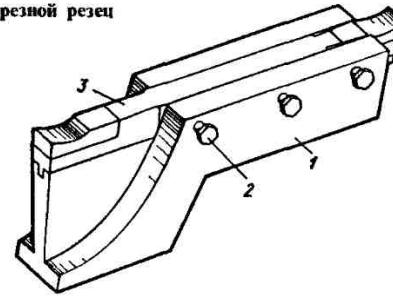



**Рис. 43. Отрезной резец с усиленной опорой и двусторонней рабочей пластиной:**
*1* – державка; *2* – винт; *3* – пластина

брогашение обеспечивается впаянной в прорезь державки медной пластиной.

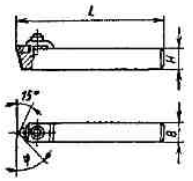
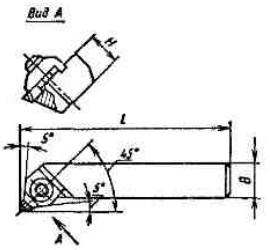
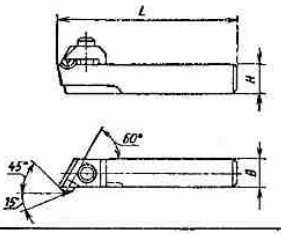
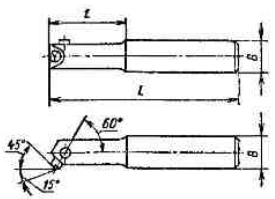
Для работ в тяжелых условиях резания успешно применяется отрезной резец с усиленной опорой и двусторонней рабочей пластиной (рис. 43). Державка резца изготовляется ковкой; не допускается использовать для этой цели листовой прокат.

## РЕЗЦЫ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Резцы из сверхтвердых материалов (СТМ) выполняют сборными (табл. 22 и 23). Режущий элемент из СТМ припаивают или приклеивают к вставкам (табл. 24 и 25), что обеспечивает сокращение вспомогательного времени при замене режущей части и сокращает время на наладку после переточек вставок.

## 22. Резцы сборные с механическим креплением вставок из СТМ

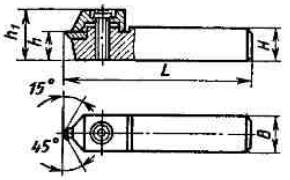
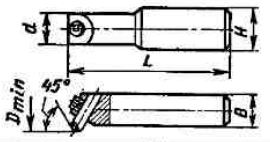
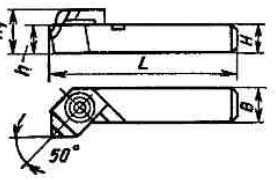
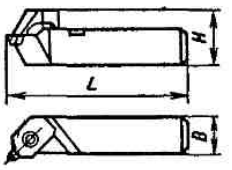
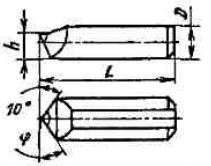
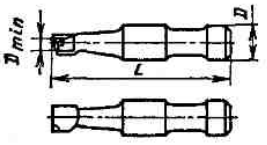
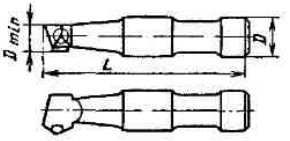
Размеры в мм

| Тип резца | Эскиз | Резец | | | | Обозначение вставки |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Обозначение | *H* | *B* | *L* | |
| Проходной |  | ИС-201.00.00 | 16 | 16 | 125 | ИС-200.00.-02 |
| | | ИС-201.00.01 | | | | ИС-200.00.-03 |
| | | ИС-201.00.02 | 20 | | | ИС-200.00.-02 |
| | | ИС-201.00.03 | | | | ИС-200.00.-03 |
| | | ИС-201.00.04 | 25 | | 140 | ИС-200.00.-02 |
| | | ИС-201.00.05 | | | | ИС-200.00.-03 |
| | | ИС-201.00.06 | 32 | 20 | 170 | ИС-200.00.-16 |
| | | ИС-201.00.07 | | | | ИС-200.00.-17 |
| Подрезной |  | ИС-202.00.00 | 16 | 16 | 125 | ИС-200.00.-04 |
| | | ИС-202.00.01 | 20 | | | |
| | | ИС-202.00.02 | 25 | | 140 | |
| | | ИС-202.00.03 | 32 | 20 | 170 | ИС-200.00.-18 |
| Расточный |  | ИС-204.00.00 | 16 | 16 | 140 | ИС-200.00.-06 |
| | | ИС-204.00.01 | 20 | 20 | | |
| | | ИС-204.00.02. | 25 | | 170 | ИС-200.00.-17 |
| | | ИС-204.00.03 | 32 | | | |
| |  | ИС-224.00.00А | 50* | 16 | 140 | ИС-200.00.00 |
| | | ИС-224.00.01 | 65* | 25 | 170 | ИС-200.00.08 |

* Для ИС-224.00.00А и ИС-224.00.01 даны размеры *l*.

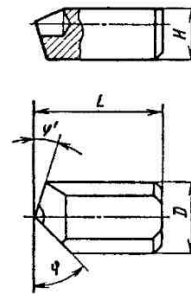
## 23. Сборные резцы со вставками из композита 01

Размеры в мм

| Тип резца | Эскиз | $L$ | $H \times B$ или $D$ | $h$ или $d$ | $h_1$ | $D_{min}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Проходной:<br>РЭО 82-00<br>РЭО 92-00 |  | 170<br>120 | 25 × 20<br>20 × 16 | 25<br>20 | 35<br>30 | –<br>– |
| Сборный расточный:<br>РЭО 81-00<br>РЭО 94-00 |  | 170<br>120 | 25 × 20<br>20 × 16 | 19<br>15 | –<br>– | 23<br>15 |
| Сборный подрезной отогнутый:<br>РЭО 80-00<br>РЭО 93-00 |  | 170<br>120 | 25 × 20<br>20 × 16 | 22,5<br>16,5 | 35<br>30 | –<br>– |
| Сборные подрезные РЭО 175-00 |  | 140 | 25 × 16 | – | – | – |
| Цельный расточный круглый:<br>РЭО 171-00<br>РЭО 172-00<br>РЭО 173-00 |  | 40<br>50<br>10 | 16<br>16<br>16 | 10,5<br>10,5<br>10,5 | –<br>–<br>– | –<br>–<br>– |
| Цельный расточный для глухих отверстий:<br>РЭО 166-00<br>РЭО 167-00<br>РЭО 168-00 |  | 70<br>70<br>90 | 12<br>12<br>18 | –<br>–<br>– | –<br>–<br>– | 8<br>12<br>16 |
| Цельный расточный:<br>РЭО 120-00<br>РЭО 130-00<br>РЭО 131-00 |  | 70<br>80<br>90 | 12<br>12<br>18 | –<br>–<br>– | –<br>–<br>– | 8<br>12<br>16 |

## 24. Вставки цилиндрические с режущим элементом из композита 01

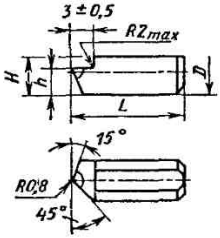
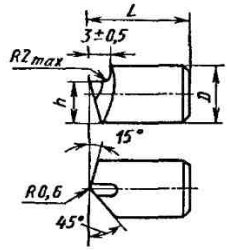
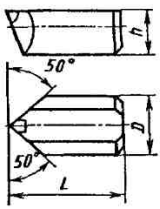
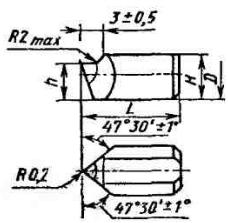
Размеры в мм




| Обозначение вставки | D | H | L | φ | φ' | Обозначение вставки | D | H | L | φ | φ' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | градусы | | | | | | градусы | |
| ИС-200.00.00 | 7 | 5,9 | 18 | 45 | 15 | ИС-200.00.13 | | | | 30 | 15 |
| ИС-200.00.01 | | | | 15 | 45 | ИС-200.00.14 | 9 | 6,9 | 45 | 45 | 15 |
| ИС-200.00.02 | | | | 30 | 15 | ИС-200.00.15 | | | | 50 | 50 |
| ИС-200.00.03 | | | 12 | 45 | 15 | ИС-200.00.16 | | | 15 | 30 | 15 |
| ИС-200.00.04 | | | | 50 | 50 | ИС-200.00.17 | 10 | 7,4 | | 45 | 15 |
| ИС-200.00.05 | | | 15 | 15 | 45 | ИС-200.00.18 | | | | 50 | 50 |
| ИС-200.00.06 | 8 | 6,4 | | 45 | 15 | ИС-200.00.19 | | | | 30 | 15 |
| ИС-200.00.07 | | | 20 | 15 | 45 | ИС-200.00.20 | 12 | 8,4 | | 45 | 15 |
| ИС-200.00.08 | | | | 45 | 15 | ИС-200.00.21 | | | 20 | 50 | 50 |
| ИС-200.00.09 | | | 25 | 15 | 45 | ИС-200.00.22 | | | | 30 | 15 |
| ИС-200.00.10 | | | | 45 | 15 | ИС-200.00.23 | 16 | 10,4 | | 45 | 15 |
| ИС-200.00.11 | | | 30 | 15 | 45 | ИС-200.00.24 | | | | 50 | 50 |
| ИС-200.00.12 | | | | 45 | 15 | | | | | | |

**25. Вставки из композита 01 для комплектации различных типов резцов**

Размеры в мм

| Тип резца | Эскиз | *L* | *D* | *H* | *h* |
|---|---|---|---|---|---|
| Проходной РЭО 92-03 |  | 16 | 8 | 7 | 6,5 |
| Расточный РЭО 92-02 |  | 18 | 8 | – | 5 |
| Подрезной: РЭО 93-02 |  | 16 | 8 | – | 6,5 |
| РЭО 176-00 |  | 16 | 8 | 7,5 | 6,5 |

## МЕТОДЫ ЗАТОЧКИ ТОКАРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Эффективность элементов стружколомания и стружкозавивания определяется их способностью стабильно завивать сходящую стружку с последующим ее ломанием в широком диапазоне режимов резания для различных обрабатываемых материалов. Стружколомание обеспечивается определенной геометрией режущей кромки, стружколомающих канавок и порожков на передней поверхности, применением накладных стружколомов, специальных стружколомателей и экранов, не являющихся конструктивными элементами резца, а также кинематическими способами.

Из геометрических параметров режущей кромки резца наибольшее влияние на стружколомание оказывают угол в плане $\varphi$ и передний угол $\gamma$. С увеличением угла $\varphi$ стружка становится более толстой и при завивании легко отламывается. Поэтому при обработке вязких материалов целесообразно работать резцами с большими углами в плане (до 90°). Передний угол $\gamma$ способствует стружколоманию при отрицательных значениях ($-10° \div -15°$) за счет увеличенной радиальной составляющей силы резания. При нежесткой системе СПИД целесообразно с отрицательным углом выполнять не всю переднюю поверхность, а лишь ленточку лезвия вдоль режущей кромки шириной 1,5 – 2 мм; остальная часть передней поверхности может при этом иметь положительный передний угол. Стружколомание за счет использования соответствующей геометрии режущей кромки эффективно лишь в узких диапазонах режимов резания.

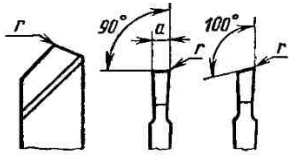
Широко применяется стружкозавивание за счет создания на передней поверхности лезвия стружкозавивающей канавки.

Различные формы заточки передней поверхности лезвия резцов из быстрорежущей стали представлены в табл. 26, а для резцов с напайными пластинами из твердого сплава – в табл. 27.

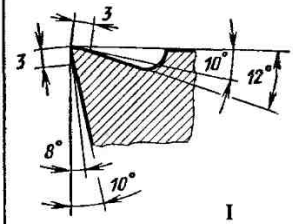
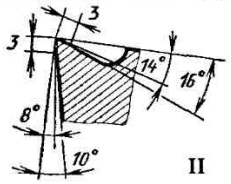
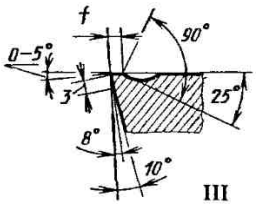
Ширина фаски лезвия 0,1 – 0,6 мм для расточных, отрезных и прорезных резцов и 0,15 – 1,2 мм – для проходных и подрезных резцов. Радиус при вершине $r$ равен 0,5 – 2,5 мм у проходных и подрезных резцов и 0,5 – 1,6 мм – у расточных.

На передней поверхности лезвия для облегчения отвода сливной стружки, ее завивания или ломания иногда выполняют крупноразмерные (с радиусом 4 – 18 мм) или мелкоразмерные (с радиусом 0,5 – 3 мм) канавки и порожки.

**26. Формы заточки передней поверхности лезвия резцов из быстрорежущей стали (по ГОСТ 18868–73)**



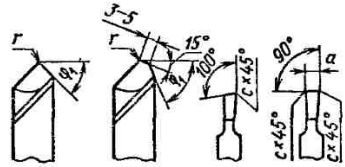

Типы резцов

| Вид передней поверхности | Форма и номер заточки | Обрабатываемый материал |
|---|---|---|
| Плоская с положительным передним углом |   | Сталь с $\sigma_в = 800$ МПа, серый чугун *НВ* 220, бронза и другие хрупкие материалы |
| |   | Сталь с $\sigma_в > 800$ МПа, чугун *НВ* 220 |
| Криволинейная с фаской |   | Сталь с $\sigma_в = 800$ МПа, вязкие цветные металлы и легкие сплавы (при необходимости завивания стружки) |

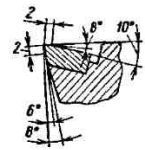
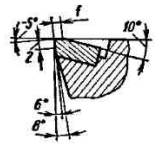
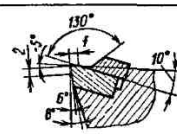
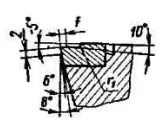
Примечание. На эскизах $f$ – ширина фаски.

Стружка завивается тем круче, чем меньше радиус выкружки стружкозавивающей канавки и чем ближе она расположена к режущей кромке лезвия. Мелкоразмерная канавка имеет небольшую ширину не более 3 мм и глубину до 0,1–0,5 мм, мо-

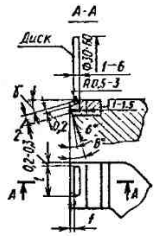
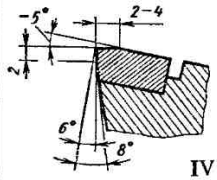
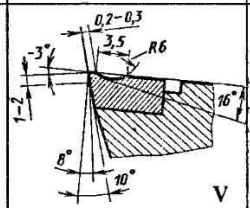
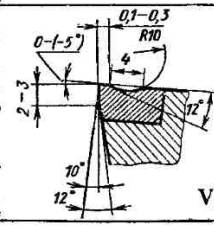
**27. Формы заточки передней поверхности лезвия резцов с напайными пластинами из твердого сплава (по ГОСТ 18877–73)**



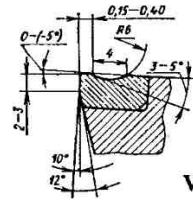
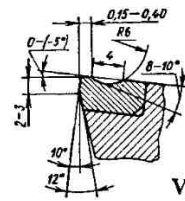
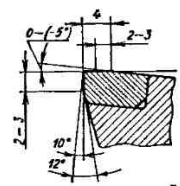

Типы резцов

| Вид передней поверхности | Форма и номер заточки | Обрабатываемый материал |
|---|---|---|
| Плоская: с положительным передним углом |  I | Серый чугун, бронза и другие хрупкие материалы |
| с отрицательной фаской |  II | Ковкий чугун, сталь и стальные отливки с $\sigma_в \leqslant$ $\leqslant$ 800 МПа (при недостаточной жесткости технологической системы; для отвода и дробления стружки следует применять стружколом) |
| с отрицательной фаской и припайным стружколомом |  IIa | Сталь и стальное литье с $\sigma_в \leqslant$ 800 МПа (при необходимости завивания и дробления стружки) |
| Криволинейная с отрицательной фаской |  III | Сталь с $\sigma_в \leqslant$ 800 МПа (при необходимости завивания и дробления стружки) |

*Продолжение табл. 27*

| Вид передней поверхности | Форма и номер заточки | Обрабатываемый материал |
|---|---|---|
| Плоская: с мелкоразмерной лункой и $\gamma = 0°$ | IIIа   IIIб | Сталь и стальные отливки с $\sigma_в \leqslant 600$ МПа |
| с мелкоразмерной лункой и $\gamma = -5°$ | | Сталь и стальные отливки с $\sigma_в = 600 \div 800$ МПа |
| с отрицательным передним углом |   IV | Сталь и стальные отливки с $\sigma_в = 800$ МПа (при обработке прерывистых поверхностей в условиях жесткой технологической системы) |
| |   V | Коррозионно-стойкая сталь с $\sigma_в = 850$ МПа |
| Криволинейная с отрицательной фаской |   VI | $\sigma_в = 700 \div 1000$ МПа |

*Продолжение табл. 27*

| Вид передней поверхности | Форма и номер заточки | Обрабатываемый материал |
|---|---|---|
| Криволинейная с отрицательной фаской |  VI | $\sigma_в < 1300$ МПа |
| |  VIб | $\sigma_в < 1200$ МПа |
| Плоская с отрицательным передним углом |  VII | $\sigma_в > 1200$ МПа |

Примечание. На эскизах $f$ — ширина фаски.

жет быть замкнутой или незамкнутой с выходом в обе стороны (отрезные резцы) или в одну сторону.

Крупноразмерные канавки шириной 3—15 мм и глубиной до 1,5 мм делают на твердосплавных и быстрорежущих резцах. Между канавкой и режущей кромкой обязательно остается фаска лезвия с положительным или отрицательным передним углом.

На твердосплавных резцах для ломания стружки вышлифовывают стружкозавивающую канавку или порожек, угол наклона $\tau$ которых относительно режущей кромки равен 5—10°. Поверхность порожка может быть плоской или криволинейной.

**28. Размеры стружкозавивающих канавок и порожков**

| Элемент передней поверхности | Ширина | Радиус профиля в сечении | Глубина | Ширина фаски $f$ | Угол наклона $\tau$,° |
|---|---|---|---|---|---|
| | мм | | | | |
| Канавки: | | | | | |
| мелкоразмерная | 1–3 | 0,5–3 | 0,1–0,5 | 0,1–1,2 | 0–10 |
| крупноразмерная | 3–15 | 4–18 | 0,2–1,5 | 0,1–1,2 | 0–10 |
| Порожек | 1,5–6 | 0,3–2 | 0,3–1,5 | 0,1–1,2 | 0–10 |

Основные размеры порожков и канавок на передней поверхности лезвия резцов приведены в табл. 28.

На изнашивание инструмента влияет ряд факторов: физико-механические свойства обрабатываемого металла и материала инструмента, состояние поверхностей и режущих кромок инструмента, вид и физико-химические свойства смазочно-охлаждающей жидкости, режим резания, геометрические элементы режущей кромки инструмента, состояние станка, жесткость системы СПИД и другие условия обработки.

Изнашивание режущего инструмента может происходить только по задней поверхности, только по передней, а также одновременно по двум этим поверхностям. Изнашивание по задней поверхности характеризуется высотой площадки $h_з$, а по передней поверхности – в основном глубиной $h_л$ и шириной лунки $b$; длина лунки $l$ изменяется незначительно (рис. 44).

В процессе работы инструмента изнашивание как передней, так и по задней поверхности увеличивается, уменьшая площадку $c$. При $c = 0$ режущая кромка разрушится и резец выйдет из строя.




**Рис. 44. Схема изнашивания резцов по передней и задней *(а)*, по передней *(б)* и по задней *(в)* поверхностям**

Наиболее распространено абразивное изнашивание материала: разрушение материала происходит вследствие срезания и царапания его частицами, более твердыми и высокопрочными, чем обрабатываемый материал. Адгезионное изнашивание обусловлено молекулярным взаимодействием контактируемых поверхностей, которое выражается в прилипании, схватывании, свариваемости частиц материалов. Способность атомов одного материала проникать (диффундировать) в другой материал, находящийся в контакте с ним, обусловливает третий вид изнашивания – диффузионное.

Изнашивание по задней поверхности обычно наблюдается у инструментов, срезающих сравнительно малую толщину (до 0,15 мм) материала при чистовых операциях. Инструменты, срезающие слой больше 0,3 мм, при большой скорости резания и при отсутствии смазочно-охлаждающей жидкости изнашиваются в основном по передней поверхности. Одновременное изнашивание по передней и задней поверхностям наблюдается у инструмента, работающего с малыми или средними скоростями резания при толщинах срезаемого слоя 0,15–0,3 мм.

Стойкость резца, соответствующая определенной величине износа в радиальном направлении, называется размерной стойкостью. Наибольший период размерной стойкости для заданного инструмента будет при работе с такой скоростью резания, при которой (в совокупности с другими условиями обработки) интенсивность изнашивания будет наименьшей. В производственных условиях для резцов за критерий затупления принимается соответствующая величина износа. Износ по передней поверхности мало влияет на протекание процесса резания; его влияние велико лишь при полном изнашивании резца. В связи с этим износ по задней поверхности является чаще всего лимитирующим.

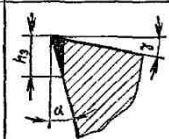
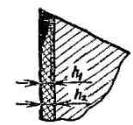
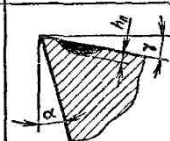
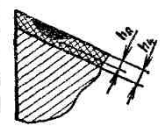
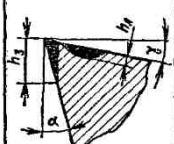
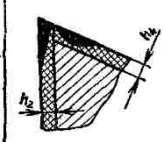
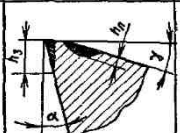
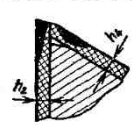
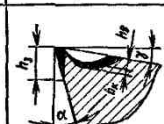
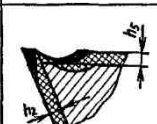
Виды изнашивания резцов и соответствующие им схемы переточки представлены в табл. 29.

Для токарных проходных, подрезных, расточных, отрезных и резьбовых резцов с пластинами из твердых сплавов и быстрорежущей стали величина износа по задней поверхности $h_з$, рекомендуемая в качестве критерия затупления, представлена в табл. 30.

Шероховатость различных поверхностей резца после заточки представлена в табл. 31.

Высокие требования предъявляются к уменьшению шерохо-

**29. Виды изнашивания резцов и схемы переточки**

| Вид изнашивания резцов | Схема изношенного резца | Схема переточки* | Формулы для расчета припуска при переточке резца |
|---|---|---|---|
| По задней поверхности |  |  | $h_1 = h_3 \operatorname{tg}\alpha$<br>$h_2 = h_1 + (0{,}1 \div 0{,}2)$ |
| По передней поверхности |  |  | $h_4 = h_л + (0{,}1 \div 0{,}2)$ |
| По передней и задней поверхностям одновременно |  |  | $h_2 = h_3 \operatorname{tg}\alpha + (0{,}1 \div 0{,}2)$;<br>$h_4 = h_л + (0{,}1 \div 0{,}2)$ |
| По фаске и задней поверхности |  |  | $h_2 = h_3 \operatorname{tg}\alpha + (0{,}1 \div 0{,}2)$;<br>$h_4 = h_л + (0{,}1 \div 0{,}2)$ |
| По криволинейной передней и задней поверхностям |  |  | $h_2 = h_3 \operatorname{tg}\alpha + (0{,}1 \div 0{,}2)$<br>$h_5 = h_b + h_к + (0{,}1 \div 0{,}2)$ |

* Сошлифованный припуск заштрихован.

**30. Допустимый износ резцов и величина стачивания за одну переточку резца**

| Тип резца | Материал | | Допустимый износ $h_з$ | Величина стачивания за одну переточку по задней поверхности |
|---|---|---|---|---|
| | инструментальный | обрабатываемый | мм | |
| Токарный | Быстрорежущая сталь | Сталь | 1,5–2,0 / 0,8–1,0 | 0,6–0,9 / 0,3–0,4 |
| Проходной, подрезной | Твердый сплав | Сталь, чугун | 1,0–1,5 / 0,8–1,0 | 0,4–0,6 / 0,3–0,4 |
| Расточный | Твердый сплав | Сталь | 0,8–1,2 / 0,3–0,5 | 0,3–0,5 / 0,15–0,2 |
| | | Чугун | 1,0–1,4 / 0,4–0,5 | 0,4–0,6 / 0,15–0,2 |
| Отрезной | Твердый сплав | Сталь, чугун | 0,8–1,0 | 0,3–0,4 |
| Резьбовой | Твердый сплав | Сталь, чугун | 0,8–1,0 | 0,6–0,8 |

Примечание. В числителе даны значения при черновой обработке, в знаменателе – при чистовой.

**31. Параметр шероховатости *Ra* (мкм) поверхностей резцов после заточки**

| Поверхность резца | Резец | |
|---|---|---|
| | быстрорежущий | твердосплавный |
| Задняя: | | |
| по фаске | 0,32–0,16 | 0,32–0,16 |
| » пластине | 0,63–0,32 | 1,25–0,63 |
| » державке | 2,5–0,63 | 2,5–1,25 |
| Передняя: | | |
| по фаске | 0,32–0,16 | 0,32–0,16 |
| » плоскости | 0,63–0,32 | 1,25–0,63 |
| криволинейная | 1,25–0,32 | 1,25–0,32 |
| по лунке | 1,25–0,63 | 1,25–0,63 |
| Поверхность стружколома | 1,25–0,63 | 1,25–0,63 |

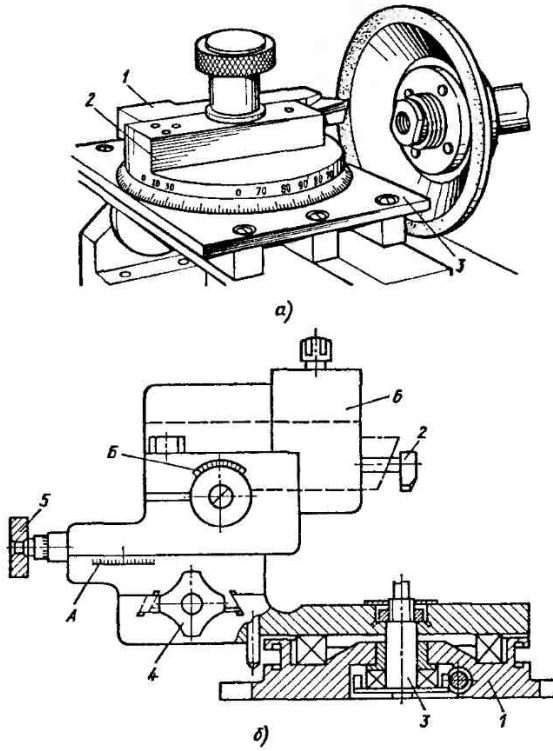



**Рис. 45. Приспособление для заточки и доводки резцов:**
*а* – по радиусу; *б* – по выпуклым и вогнутым поверхностям: *1* – плита; *2* – шаблон; *3* – ось; *4* – маховик; *5* – рукоятка; *6* – держатель

ватости при обработке коррозионно-стойких сталей, а также алюминиевых сплавов, когда сходящая стружка склонна к налипанию на поверхность инструмента. Для резания металла со снятием тонких стружек необходимо иметь малый радиус скругления режущей кромки (5–10 мкм) и минимальную ее шероховатость.

При заточке резцов на заточных и доводочных станках используют различные приспособления, устройства и вспомогательный инструмент. Приспособления такого рода применяют и для доводки резцов по радиусу (рис. 45, *а*), для шлифования стружколомающихся канавок и порожков. Резец *1* устанавли-

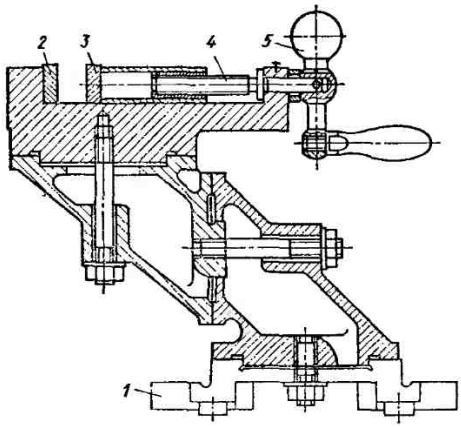



**Рис. 46. Универсальные трехповоротные тиски:**
*1* – основание; *2* – неподвижная губка; *3* – подвижная губка; *4* – ходовой винт; *5* – рукоятка

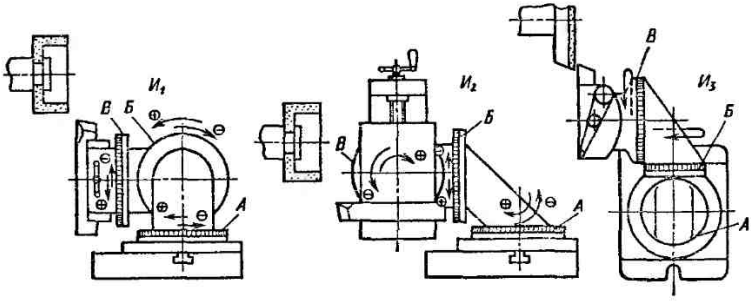



**Рис. 47. Исходные положения $И_1$, $И_2$, $И_3$ резца при заточке в трехповоротных тисках**

вают на подручнике *2*, который поворачивается относительно оси и корпуса *3* приспособления.

Приспособление для заточки и доводки резцов по выпуклым и вогнутым поверхностям приведено на рис. 45, *б*. Резец устанавливают и закрепляют в держателе приспособления и выставляют по шаблону *2*. Настройку приспособления осуществляют с помощью линейных перемещений маховиками *4*.

Точность перемещения обеспечивается нониусом *А*. Для получения необходимого заднего угла резец устанавливают по нониусу *Б*.

Заточка резцов по трем поверхностям – передней, главной и вспомогательной задней осуществляется на универсально-заточных станках в трехповоротных тисках (рис. 46) торцом или

**32. Формулы для определении углов настройки трехповоротных тисков при звточке резца по передней и задней поверхности**

| Затачиваемая поверхность | Способ заточки | Исходное положение тисков (см. рис. 47) | Углы установки по шкалам | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *А* | *Б* | *В* |
| Передняя | Периферией круга | $И_2$ | Произвольный | $\gamma \sin\varphi_р + \lambda_р \cos\varphi_р$ | $\lambda \sin\varphi_р - \gamma \cos\varphi_р$ |
| | Торцом круга | $И_1$ | $\lambda_р$ | $-\gamma$ | $\varphi_р$ |
| | | $И_3$ | $\gamma \cos\lambda_р$ | $\lambda_р$ | $\varphi_р$ |
| Главная задняя | Периферией круга | $И_1$ | Произвольный | $+\alpha$ | $+\varphi_р$ |
| | Торцом круга | $И_2$ | $\varphi_р$ | $-\alpha \sin\varphi_р$ | $+\alpha \cos\varphi_р$ |
| | | $И_3$ | $90° + \alpha$ | 0 | $\varphi_р$ |
| Вспомогательная задняя | Периферией круга | $И_1$ | Произвольный | $+\alpha_1$ | $-\varphi_р'$ |
| | Торцом круга | $И_2$ | $-\varphi_р'$ | $+\alpha_1 \sin\varphi_р'$ | $+\alpha_1 \cos\varphi_р'$ |
| | | $И_3$ | $90° + \alpha_1$ | 0 | $\varphi_р'$ |

Примечания: 1. Справочные данные по тригонометрии: $\sin(-\varphi) = -\sin\varphi$; $\cos(90° - \varphi) = \sin\varphi$; $\cos(-\varphi) = \cos\varphi$; $\cos(90° + \varphi) = -\sin\varphi$.

2. $\varphi_р$, $\varphi_р'$, $\lambda_р$ – расчетные углы, выбираемые по табл. 33, зависят от типа затачиваемого резца; $\alpha_1$ – задний угол вспомогательного лезвия в инструментальной системе координат.

**33. Значения расчетных углов**

| Тип резца | $\varphi_р$ | $\varphi_р'$ | $\lambda_р$ |
|---|---|---|---|
| | градусы | | |
| Проходной: | | | |
| правый | $\varphi$ | $\varphi'$ | $\lambda$ |
| левый | $-\varphi$ | $-\varphi'$ | $-\lambda$ |
| Расточный, подрезной, отрезной: | | | |
| правый | $90 - \varphi$ | $90 + \varphi'$ | $-\lambda$ |
| левый | $-(90 - \varphi)$ | $-(90 + \varphi')$ | $\lambda$ |

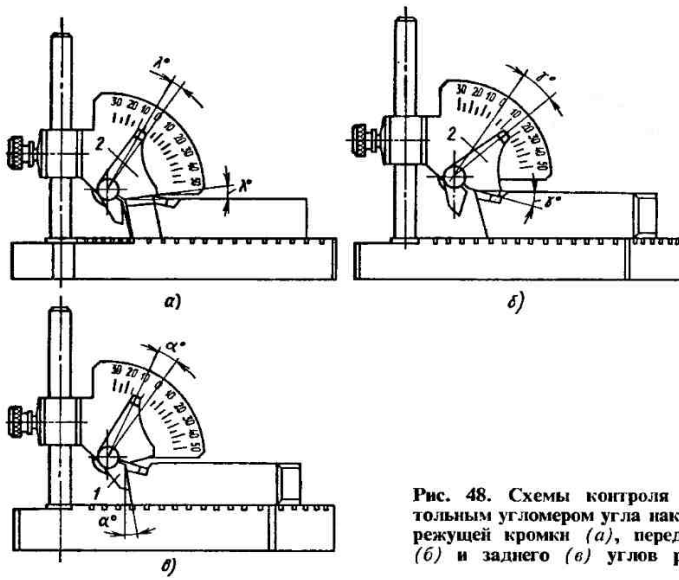



**Рис. 48. Схемы контроля настольным угломером угла наклона режущей кромки *(а)*, переднего *(б)* и заднего *(в)* углов резца**

**34. Отклонение углов резца при заточке**

| Угол резца | Диапазон значений угла | Отклонение угла |
|---|---|---|
| | градусы | |
| Передний $\gamma$ | До 12 | 1 |
| | Св. 12 | 2 |
| Главный задний $\alpha$ | 6–15 | 1 |
| Задний вспомогательного лезвия $\alpha_1$ | До 2 | 0,5 |
| | Св. 2 | 1 |
| В плане $\varphi$ | 30–100 | 2 |
| Вспомогательной режущей кромки в плане $\varphi'$ | До 2 | 0,5 |
| | 2–5 | 1 |
| | Св. 5 | 2 |
| Наклона главной режущей кромки $\lambda$ | $-5 \div +5$ | 1 |

периферией круга. Заточкой обеспечиваются все углы резца: $\gamma$, $\alpha$, $\alpha_1$, $\lambda$, $\varphi$, $\varphi'$.

Настройка трехповоротных тисков (рис. 47) заключается в установке по шкалам *А*, *Б* и *В* необходимых углов (табл. 32).

Схемы контроля основных углов резцов представлены на рис. 48, а допустимые отклонения углов резца при заточке – в табл. 34.

## СВЕРЛА

Сверло – осевой режущий инструмент для образования отверстия в сплошном материале и увеличения диаметра имеющегося отверстия (ГОСТ 25751 – 83).

Сверление является одним из самых распространенных методов получения отверстий. Основные типы сверл следующие: спиральные (винтовые), перовые, кольцевые (трепанирующие головки), эжекторные, ружейные с наружным или внутренним отводом стружки, одностороннего резания, комбинированные.

**Спиральные сверла** изготовляют с цилиндрическим и коническим хвостовиками. Сверла с коническим хвостовиком диаметром более 6 мм и с цилиндрическим хвостовиком диаметром более 8 мм делают сварными с хвостовой частью из углеродистых сталей.

Конструктивные особенности спиральных сверл обусловливают непостоянство геометрических параметров их заточки. Так, главный задний угол $\alpha$ стандартного сверла увеличивается по мере приближения его к оси сверла: на периферии сверла $\alpha = 8 \div 14°$, а около поперечной режущей кромки $\alpha = 26 \div 35°$.

На периферии передний угол $\gamma = 18 \div 33°$, около неё $\gamma = 0$ или имеет отрицательное значение. Элементы резания при сверлении и рассверливании показаны на рис. 49.

Основные геометрические параметры спиральных сверл из быстрорежущей стали приведены в табл. 35.

Для сверления деталей из чугуна, высокопрочных, термообработанных сталей и труднообрабатываемых материалов и сплавов сверла изготовляют целиком из твердого сплава или оснащают твердосплавными пластинами. Для обеспечения повышенной жесткости твердосплавных сверл их общая длина зачастую меньше, чем длина сверл из быстрорежущей стали.

Сверла, оснащенные напайными пластинами из твердых сплавов, обладают высокой стойкостью, повышают качество обработанной поверхности и в результате снижают затраты на

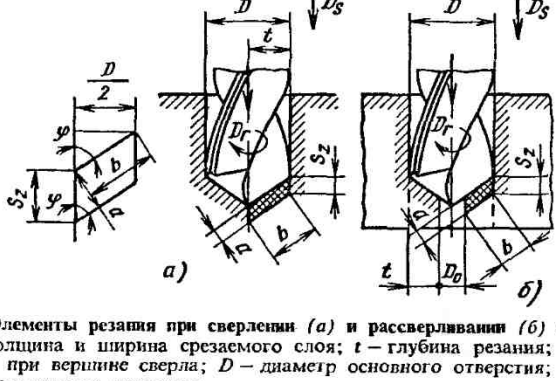



**Рис. 49. Элементы резания при сверлении *(а)* и рассверливании *(б)* отверстия:** *a* и *b* – толщина и ширина срезаемого слоя; *t* – глубина резания; φ – половина угла при вершине сверла; *D* – диаметр основного отверстия; $D_0$ – диаметр просверленного отверстия

обработку. Геометрические параметры сверл представлены в табл. 36. Особенно эффективно применять сверла с пластинами из твердых сплавов при сверлении чугунов. Твердосплавные сверла имеют передний угол $\gamma = 0 \div 7°$, задний угол $\alpha = 8 \div 16°$, угол $2\varphi = 118 \div 150°$.

При обработке сталей рекомендуется применять сверла из твердого сплава Т15К6, при обработке чугунов – из сплава ВК8. У сверл с пластинами из твердых сплавов, как и у сверл, изготовленных из быстрорежущей стали, производится подточка перемычки (рис. 50).

**35. Рекомендуемые геометрические параметры сверл из быстрорежущей стали для различных обрабатываемых материалов**

| Обрабатываемый материал | $2\varphi$ | $\psi$ | $\alpha$ | $\omega$ |
|---|---|---|---|---|
| | градусы | | | |
| Стали: | | | | |
| конструкционные | 118 | 45–55 | 12–15 | 24–32 |
| инструментальные | 118–150 | 45–55 | 7–15 | |
| Стали и сплавы жаропрочные и коррозионностойкие | 127 | 50–55 | 12–14 | 31–35 |
| Медь | 100–118 | 45–55 | 12–15 | 10–40 |
| Сплавы: | | | | |
| медные | 118–150 | 50–55 | 12–15 | 10–40 |
| алюминиевые | 90–140 | 45–55 | 12–17 | 24–50 |
| магниевые | 70–118 | 45–60 | 12 | 10–50 |
| титановые | 135–140 | 50–55 | 12 | 30 |
| Пластмассы | 35–80 | 45–55 | 14–16 | 8–20 |

**36. Рекомендуемые геометрические параметры сверл с твердосплавными напайными пластинами при $\psi = 55°$ для различных обрабатываемых материалов**

| Обрабатываемый материал | $\gamma$ | $2\varphi$ | $2\varphi_0$ |
|---|---|---|---|
| | градусы | | |
| Стали: | | | |
| хромоникелевые и коррозионно-стойкие | 0 | 120 | – |
| инструментальные и марганцовистые | $-2 \div -3$ | 140 | – |
| Труднообрабатываемые сплавы | $-5 \div -15$ | 130–135 | 65 |
| Бронза | 4 | 130 | – |
| Сплавы: | | | |
| медные и алюминиевые | 4–6 | 130–140 | – |
| титановые | 0 | 140 | 50 |
| Пластмассы | 0–2 | 50–90 | – |

Большое значение для успешной работы сверла с пластиной из твердого сплава имеет симметричность заточки обеих режущих кромок. Допуск биения по режущим кромкам должен быть не более 0,02 мм, а по ленточкам – не более 0,03 мм.

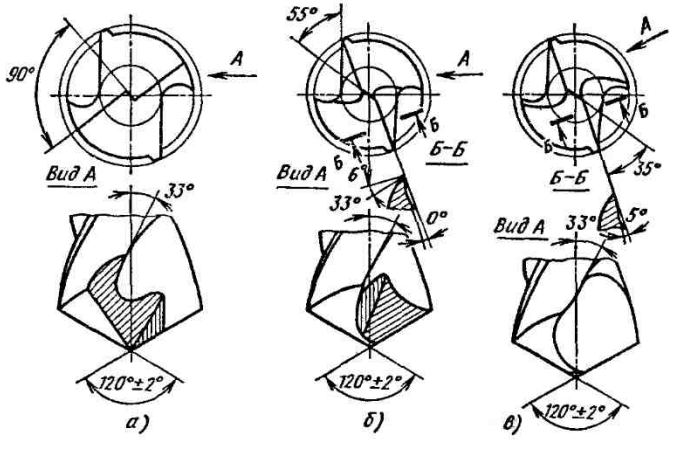



**Рис. 50. Формы подточек перемычек цельных твердосплавных сверл и основные геометрические параметры:**
*а* – крестообразная; *б* – завода «Фрезер»; *в* – винтовая

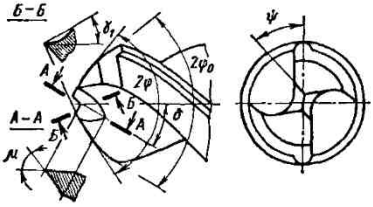



**Рис. 51. Схема заточки сверла по методу В. И. Жирова**

У сверл, заточенных по методу В. И. Жирова (рис. 51), наряду с двойной заточкой и подточкой поперечной кромки (под углом $\delta = 25 \div 30°$) производится прорезка перемычки. Такая комбинированная заточка облегчает врезание сверла, что позволяет увеличить подачу в 2–3 раза и соответственно уменьшить машинное время.

При сверлении на большую глубину сверлом большого диаметра образуется широкая, трудно отводимая по канавкам стружка, которая увеличивает трение и затрудняет подвод охлаждающей жидкости к месту резания. Во избежание этого у сверл делают специальные стружкоразделительные канавки, которые могут быть на передней поверхности сверла (рис. 52, *а*) и на задней (рис. 52, *б*). Глубина канавки равна примерно 0,05 *D*, ширина – 0,07 *D*. Такие канавки разделяют широкую стружку на несколько узких, облегчают условия работы, уменьшают силы, действующие при резании, и тепловыделение. В табл. 37 представлены основные параметры элементов подточки сверл, а в табл. 38 – область их применения для различных групп обрабатываемых материалов. После заточки режущие кромки сверла должны быть одинаковой длины и симметрично расположены. Схема контроля углов сверла $\psi$ и $2\varphi$ показана на рис. 53.

**Сверла комбинированные центровочные** применяются для комбинированной обработки (сверление и зенкование) центровых отверстий. Основные типы и размеры комбинированных центровочных сверл, выпускаемых промышленностью,

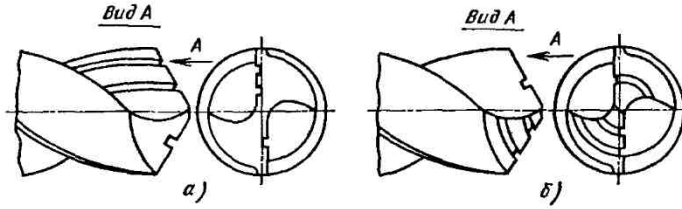


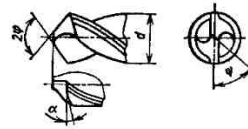
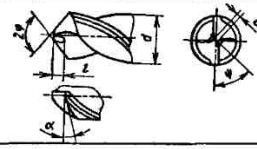
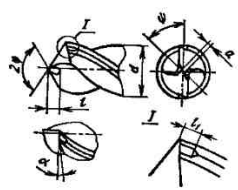

**Рис. 52. Стружкоразделительные канавки сверла на поверхности:** *а* – передней; *б* – задней

приведены в табл. 39. Каждый тип сверла предназначен для образования центрового отверстия соответствующей формы и размера. Все сверла, за исключением сверл диаметром

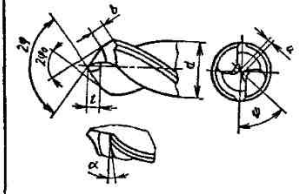
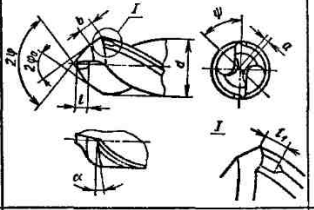
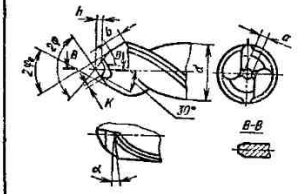
**37. Основные параметры элементов подточки сверл**

| Диаметры сверл, мм | Длина подточки, мм (см. эскизы к табл. 38) | | |
|---|---|---|---|
| | кромки $a$ для всех форм заточки кроме Н | ленточки $l_1$ для форм заточки НПЛ, ДПЛ | второй кромки $b$ для форм заточки ДП, ДПЛ, ДП-2 |
| 8–12 | 1,0 | – | – |
| 12–16 | 1,5 | 1,5 | 2,5 |
| 16–20 | 2,0 | 1,5 | 3,5 |
| 20–25 | 2,5 | 2,0 | 4,5 |
| 25–32 | 3,0 | 2,0 | 5,5 |
| 32–40 | 3,5 | 3,0 | 7,0 |
| 40–50 | 5,0 | 3,0 | 9,0 |
| 50–63 | 6,0 | 4,0 | 11,0 |

**38. Область применении видов подточки спиральных сверл**

| Форма подточки | Эскиз | Обозначение формы подточки | Обрабатываемый материал |
|---|---|---|---|
| Нормальная |  | Н | Сталь, стальные отливки, чугун, легкие сплавы |
| Нормальная с подточкой поперечного лезвия |  | НП | Стальные отливки с $\sigma_в <$ < 500 МПа с коркой |
| Нормальная с подточкой поперечного лезвия и ленточки |  | НПЛ | Сталь и стальные отливки с $\sigma_в <$ 500 МПа без корки |

*Продолжение табл. 38*

| Форма подточки | Эскиз | Обозначение формы подточки | Обрабатываемый материал |
|---|---|---|---|
| Двойная подточка поперечного лезвия |  | ДП | Стальные отливки с $\sigma_в >$ > 500 МПа с коркой<br>Чугун с коркой |
| Двойная с подточкой поперечного лезвия и ленточки |  | ДПЛ | Сталь и стальные отливки с $\sigma_в > 500$ МПа без корки |
| Двойная с подточкой и срезанным поперечным лезвием |  | ДП-2 | Чугун без корки |

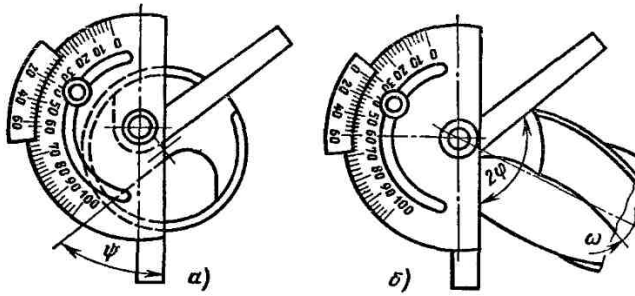
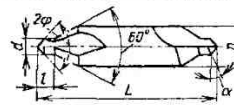
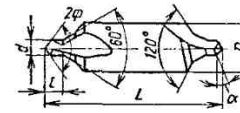
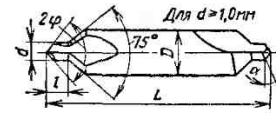
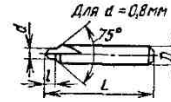
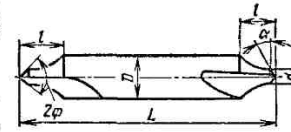


**Рис. 53. Схема контроля угла наклона перемычки $\psi$ (*а*) и угла при вершине $2\varphi$ (*б*) сверла**

**39. Основные типы и размеры комбинированных центроночных сверл (ГОСТ 14952–75)**

| Тип, основные размеры, мм | Эскиз |
|---|---|
| Тип *A*;<br>$D = 3{,}15 \div 25$; $L = 335 \div 103$;<br>$d = 1{,}0 \div 10{,}0$; $l = 1{,}9 \div 14{,}2$; $2\varphi = 118°$;<br>$\alpha = 11°$ |  |
| Тип *B*;<br>$D = 4{,}0 \div 31{,}5$; $d = 1{,}0 \div 10{,}0$; $L = 37{,}5 \div 12{,}8$; $l = 1{,}9 \div 14{,}2$; $2\varphi = 118°$; $\alpha = 11°$ |  |
| Тип *C* (двусторонние);<br>$D = 3{,}15 \div 6{,}3$; $d = 1{,}0 \div 2{,}5$; $L = 33{,}5 \div 47{,}0$; $l = 1{,}9 \div 4{,}1$; $2\varphi = 118°$; $\alpha = 11°$ |  |
| Тип *C* (односторонние);<br>$D = 3{,}15$; $d = 0{,}8$; $L = 21$; $l = 1{,}5$ |  |
| Тип *R*;<br>$D = 3{,}15 \div 25{,}0$; $d = 1{,}0 \div 10{,}0$; $L = 33{,}5 \div 103$; $l = 3{,}0 \div 26{,}5$; $2\varphi = 118°$; $\alpha = 11°$ |  |

0,8 мм, – двусторонние. Материалом для сверл обычно служат быстрорежущие стали. Твердость рабочей части инструмента $HRC_э$ 63–65.

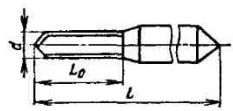
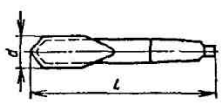
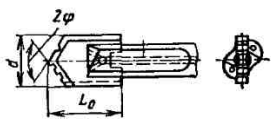
Допуск биения режущих кромок сверла не должен превышать 0,03 мм. Разница в ширине перьев – не более 0,07–0,1 мм.

**Перовые сверла.** Характерными особенностями перовых сверл являются их плоская рабочая часть и прямые канавки

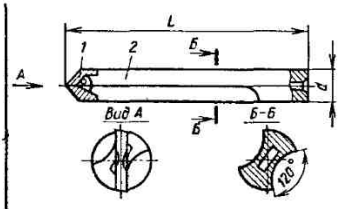
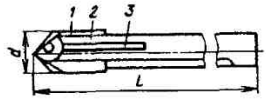
для отвода стружки. Рабочую часть («перо») таких сверл можно заменять. Отсутствие спиральной части упрощает изготовление перовых сверл, повышает их жесткость в осевом направлении, но затрудняет отвод стружки из зоны резания. Поэтому при работе перовыми сверлами СОЖ подают в зону резания по центральному каналу, а на режущей части выполняют стружкоразделительные канавки. Типы перовых сверл, размеры и области их рационального применения приведены в табл. 40.

**Ружейные сверла.** Типовая конструкция таких сверл состоит из колоска, который оснащается одной режущей и двумя направляющими пластинами, трубчатого стебля с V-образным каналом для отвода стружки и цилиндрической либо конической втулки – хвостовика для закрепления сверла в шпинделе станка. В ряде случаев колоски целиком выполняют из твердо-

**40. Перовые сверла и область их применения**

| Тип сверла | Эскиз | Основные размеры, мм | Область применения |
|---|---|---|---|
| Малых размеров с цилиндрическим хвостовиком |  | $d=0{,}12 \div 1{,}0$; $L=15 \div 30$; $L_0=1{,}5 \div 10$ | Для сверления отверстий малого диаметра |
| Средних размеров с коническим хвостовиком |  | $d=6 \div 35$; $L=50 \div 150$ | Для сверления отверстий небольшой глубины в отливках, поковках |
| Сборное пластинчатое* |  | $d=35 \div 100$; $L_0=45 \div 100$ | Для сверления и обработки глубоких отверстий преимущественно на токарных станках |

*Продолжение табл. 40*

| Тип сверла | Эскиз | Основные размеры, мм | Область применения |
|---|---|---|---|
| Сборное пластинчатое* |  *1* – режущая пластина; *2* – трубчатый стебель | $d$ = = 4 ÷ ÷ 20; $L$ = = 50 ÷ ÷ 300 | Для сверления и обработки глухих отверстий преимущественно на токарных станках |
| Трубчатое с пластинами из твердого сплава** |  *1* – режущая пластина; *2* – трубчатый стебель; *3* – выглаживающие пластинки | | Для сверления глубоких отверстий на станках, оснащенных системой очистки и подачи СОЖ |

* Технологические возможности те же, что и у спиральных сверл.

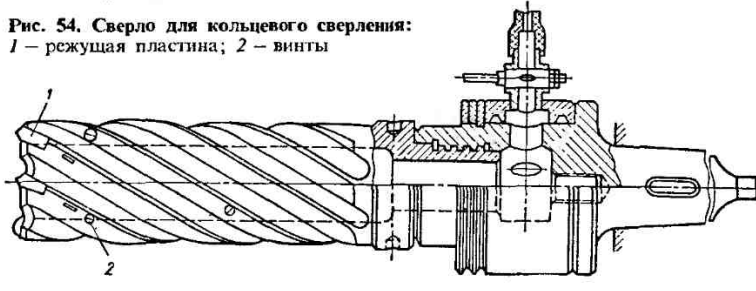
** При обработке достигаются 8 – 10-й квалитеты, $Ra = 1{,}25 \div 0{,}63$ мкм, отклонение от прямолинейности оси 0,1 мм на 100 мм длины. Возможно образование отверстий в заготовках из высокопрочных и термообработанных сталей.

Примечание. При работе сборным пластинчатым и трубчатым сверлами СОЖ подводится через внутренние каналы инструмента.

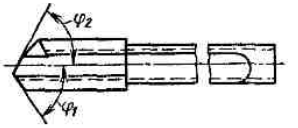
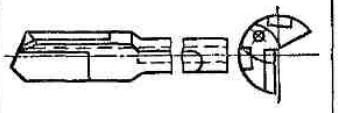
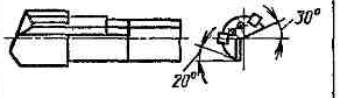
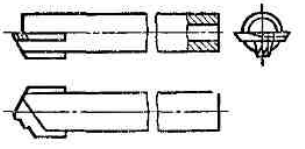
го сплава, а ружейные сверла закрепляют в шпинделе станка непосредственно за цилиндрическую часть трубчатого стебля.

Типы ружейных сверл и области их рационального применения приведены в табл. 41.

**Рис. 54. Сверло для кольцевого сверления:**
*1* – режущая пластина; *2* – винты



**41. Ружейные сверла и область их применения**

| Тип сверла | Эскиз | Конструктивные особенности | Область применения |
|---|---|---|---|
| С колоском из быстрорежущей стали |   | Колосок из быстрорежущей стали позволяет предотвратить выкрашивание режущих кромок при образовании отверстий. Угол $\varphi_1 < \varphi_2$. Цилиндрическая ленточка, прилегающая к режущей кромке, испытывает минимальное давление | Для сверления глубоких и сверхглубоких отверстий в заготовках из конструкционных сталей |
| Армированное твердосплавными пластинами |  | Стебель и колосок, изготовленные из прутковой заготовки путем образования центрального отверстия для подвода СОЖ в зону резания, позволяют обеспечить максимальную жесткость инструмента | Для сверления глубоких отверстий в гильзах плунжерных пар, заготовках, изготовленных из высокопрочных сталей, термообработанных до $HRC_э$ 40 |
| |   | В колоске сделаны два подводящих отверстия для улучшения подвода СОЖ в зону резания | |
| С внутренним отводом СОЖ и стружки |  | При отсутствии колоска Т-образная твердосплавная пластина впаивается в трубчатый стебель. На главной режущей кромке выполняются стружколомающие порожки для лучшего отвода и последующего транспортирования стружки из зоны резания | Для сверления глубоких и сверхглубоких отверстий в заготовках из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей при высоких требованиях к шероховатости поверхности отверстий |

Сверла для кольцевого сверления (рис. 54) используют при обработке отверстий больших диаметров (свыше 75–80 мм). Эти сверла режущими пластинами, закрепленными в корпусе, выбирают в обрабатываемой заготовке кольцевую канавку. В стенках корпуса между винтовыми канавками под винтами размещены шарики, прижимаемые пружинами к высверливаемому сердечнику и, таким образом, направляющие сверло в отверстии. Корпус сверла соединен с оправкой резьбой. На оправке закреплено кольцо со штуцером и резиновым шлангом для подачи охлаждающей жидкости. Перед сверлением у заготовки, как правило, подрезают торец и получают заходное отверстие диаметром, равным диаметру кольцевого сверла. Сверло поддерживается люнетом или кондуктором.

Шнековое сверло для обработки глубоких отверстий имеет винтовые канавки ($\omega = 50 \div 65°$) и измененную форму стружечных канавок (по сравнению со стандартными канавками на спиральных сверлах) (рис. 55). Оно хорошо выводит стружку из зоны резания и позволяет осуществлять сверление глубоких отверстий длиной более $10d$ в заготовках из чугуна, стали, легких сплавов.

При сверлении отверстий (особенно в заготовках из труднообрабатываемых материалов) с глубиной $(2 \div 4)d$ целесообразно применять сверла, показанные на рис.




Рис. 55. Сверло для обработки глубоких отверстий

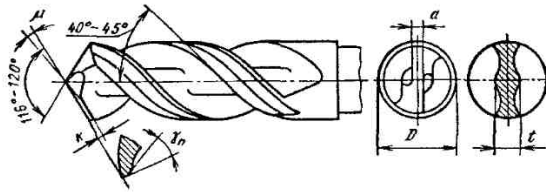



Рис. 56. Сверло для обработки труднообрабатываемых материалов

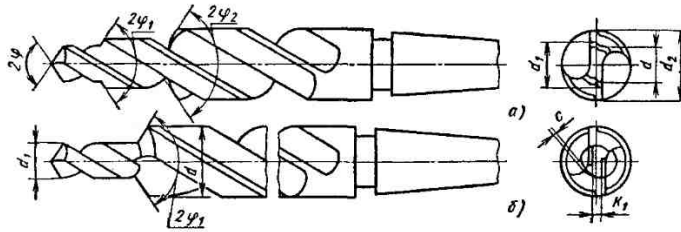



Рис. 57. Комбинированные спиральные сверла:
*а* – трехступенчатые; *б* – двухступенчатые

56. Эти сверла имеют угол $\omega = 40 \div 45°$ и усиленную сердцевину.

При сверлении необходимо осуществлять подвод охлаждающей жидкости в достаточном количестве в зону резания и отвод стружки.

**Комбинированные ступенчатые сверла.** Представленные на рис. 57 сверла применяют в случае, когда необходимо получать в заготовках ступенчатые отверстия. Применение таких инструментов особенно эффективно в условиях массового производства.

**Твердосплавные сверла.** При использовании в работе сверл, оснащенных пластинами из твердых сплавов ВК6, ВК8, Т5К10,

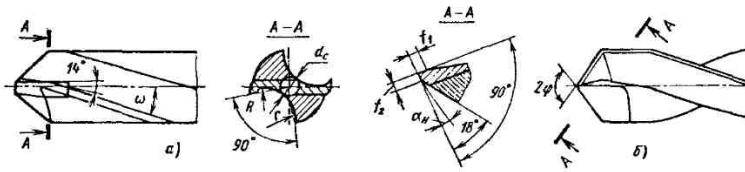



**Рис. 58. Сверло, оснащенное пластинами из твердого сплава:**
*а – конструктивные элементы; б – геометрические параметры*

Т15К6 значительно повышается производительность обработки (по сравнению с производительностью при работе со сверлами из инструментальной быстрорежущей стали).

Конструктивные элементы и геометрические параметры сверла, оснащенного пластиной из твердого сплава и предназначенного для сверления незакаленной стали, приведены на рис. 58. Угол наклона винтовой канавки рабочей части сверла $\omega = 20°$, угол наклона винтовой канавки на пластине 14°. Режущая пластина наклонена к оси на угол 60°; задний угол $\alpha$ на периферии пластины равен 8 – 10°, а на корпусе 18 – 20°; угол при вершине $2\varphi = 118 \div 120°$.

На рис. 59 показано спиральное сверло с коническим хвостовиком, оснащенное твердосплавной монолитной режущей частью. Материал рабочей части – твердый сплав марок ВК6, ВК6М, ВК8 или Т15К6; материал корпуса сверл – сталь 45 или 9ХС. Согласно техническим условиям допуск радиального биения рабочей части сверл по ленточкам относительно хвостовика не должен превышать 0,08 мм – для сверл точного исполнения укороченной серии; 0,12 мм – для сверл точного исполнения нормальной серии и сверл общего назначения укороченной серии; 0,16 мм – для сверл общего назначения нормальной серии.

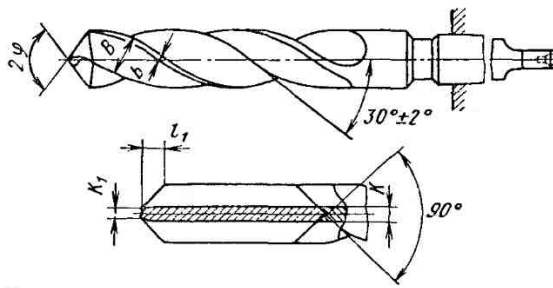



**Рис. 59. Спиральное сверло с коническим хвостовиком, оснащенное твердосплавной монолитной режущей частью**

На длине твердосплавной рабочей части сверла должны иметь равномерную обратную конусность в пределах 0,02 – 0,04 мм на 100 мм длины. Допуск радиального биения не должен превышать для сверл точного исполнения 0,08 мм, а для сверл общего назначения – 0,15 мм.

Цельные твердосплавные сверла эффективно применяются при обработке коррозионно-стойких, закаленных и жаропрочных сталей и сплавов, титановых и маломагнитных сплавов и других труднообрабатываемых материалов. Стойкость цельных твердосплавных сверл превышает стойкость быстрорежущих сверл; при их применении значительно повышается производительность операции (в 1,5 – 3 раза) и уменьшается расход режущего инструмента.

Сверла, оснащенные МРП, отличаются высокой жесткостью, что позволяет вести обработку отверстий диаметром 18 мм и более на подачах, в 3 раза превышающих подачи, допускаемые обычным инструментом.

При необходимости сверла выполняются с отверстиями для подвода СОЖ в зону резания. Режущая часть сверла имеет две твердосплавные трехгранные пластины, одна из которых осуществляет съем металла, перекрывая центр отверстия, а вторая – у периферийных участков (рис. 60). Специальные пластины из твердого сплава к сверлам имеют на передней поверхности стружколомающие канавки.

Для повышения прочности цельные твердосплавные спиральные сверла имеют (по сравнению с обычными сверлами) утолщенную сердцевину. Вместе с тем наличие утолщенной сердцевины приводит к увеличению размера поперечной режущей кромки, что отрицательно сказывается на эксплуатационных качествах и вызывает необходимость подточки перемычки.

Четырехкромочные цельные твердосплавные сверла обеспечивают стабильный процесс сверления отверстий, повышенное качество обработанной поверхности. Эти сверла предназначены для сверления обычных и глубоких отверстий в различных высокопрочных материалах.

Наличие удвоенного числа направляющих ленточек обеспечивает в сочетании с увеличенным диаметром сердцевины лучшее направление сверла в отверстии и повышает жесткость сверла.

Геометрические параметры четырехкромочного спирального цельного твердосплавного сверла с утолщенной сердцевиной

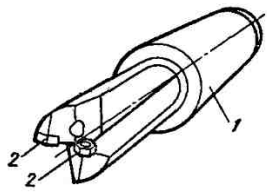



**Рис. 60. Сверло, оснащенное трехгранными твердосплавными режущими пластинами:**
*1* – корпус; *2* – режущие пластины

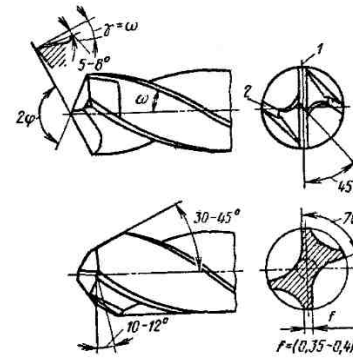



**Рис. 61. Геометрические параметры четырехкромочного спирального твердосплавного сверла**

(режущей кромки *1*, *2*) показаны на рис. 61. Данные сверла изготовляются диаметрами до 10 мм.

Сверла изнашиваются по передней и задней поверхностям по ленточке и по поперечной кромке. При обработке хрупких материалов преобладает изнашивание по задней поверхности с образованием уголков, а при обработке вязких материа-

**42. Допустимый износ сверл и величины стачивания за одну переточку**

| Инструментальный материал | Обрабатываемый материал | Диаметр инструмента | Допустимый износ | Стачивание за одну переточку |
|---|---|---|---|---|
| | | мм | | |
| Быстрорежущая сталь | Легкие сплавы | 2–6 | 0,4–0,5 | 0,6–1,3 |
| | | 6–15 | 0,5–0,6 | 0,7–0,9 |
| | | 15–30 | 0,6–0,8 | 0,9–1,4 |
| | Чугун, бронза | 2–6 | 0,5–0,6 | 0,9–1,3 |
| | | 6–15 | 0,6–0,7 | 1,0–1,4 |
| | | 15–30 | 0,7–0,9 | 1,2–1,6 |
| | Сталь | 2–6 | 0,6–0,7 | 0,9–1,3 |
| | | 6–15 | 0,8–0,9 | 1,2–1,5 |
| | | 15–30 | 0,9–1,2 | 1,5–2,0 |
| Твердый сплав | Легкие сплавы | 10–20 | 0,5–0,7 | 0,4–0,5 |
| | | 20–30 | 0,8–0,9 | 0,6–0,7 |
| | Чугун | 10–20 | 0,6–0,8 | 0,5–0,6 |
| | | 20–30 | 0,9–1,0 | 0,7–0,8 |

лов – по ленточкам. Средний припуск на переточку составляет для быстрорежущих сверл $0{,}1(D+1)$, а для твердосплавных $0{,}05(D+1)$, где $D$ – диаметр сверла, равный 4 мм и более. Рекомендуемые величины допустимого износа и стачивания за одну переточку представлены в табл. 42.

## ЗЕНКЕРЫ И ЗЕНКОВКИ

Зенкер – осевой режущий инструмент, предназначенный для повышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра (ГОСТ 25751–83). Зенковка – осевой многолезвийный инструмент, применяемый для обработки конического входного участка отверстия (ГОСТ 25751–83).

Зенковки с направляющей цапфой предназначены для обработки цилиндрических углублений и подрезки их глухого торца. Зенкеры с торцовыми зубьями применяются для зачистки торцовых поверхностей.

Основные геометрические параметры и конструктивные элементы зенкера представлены на рис. 62.

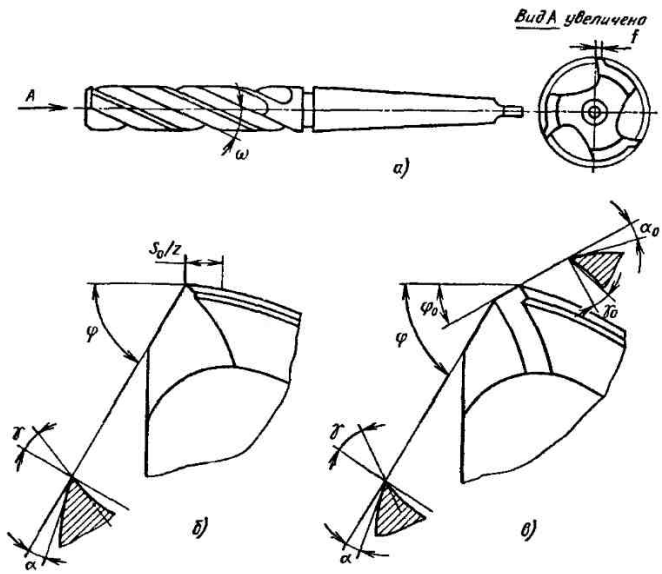



**Рис. 62. Конструктивные элементы *(а)* и геометрические параметры режущей части *(б, в)* зенкера**

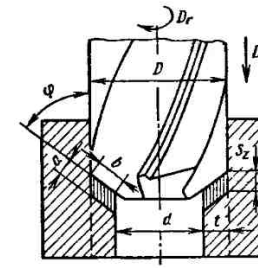



**Рис. 63. Схема резания зенкером и основные параметры схемы:**
*a* и *b* – толщина и ширина среза; $S_z$ – подача, *t* – глубина резания

Режущая часть обеспечивает съем основной массы материала, формирует и направляет стружку, а при обработке глухих отверстий обеспечивает подрезку дна отверстия. Режущая часть характеризуется не только маркой инструментального материала и его твердостью, но и передним $\gamma$ и задним $\alpha$ углами режущего клина; углом в плане $\varphi$; углом наклона главной режущей кромки $\lambda$; формой, размерами и взаимным расположением режущих кромок отдельных зубьев, а также качеством их заточки.

Угол режущей части $\varphi$ обычно равен 60°. При обработке чугуна его выбирают в пределах 45 – 60°. При обработке высокопрочных материалов зенкер имеет двойную заточку с $\varphi = 60°$ на главной кромке и $\varphi_0 = 30°$ на переходной кромке.

Ленточка на калибрующей части зенкера шириной $f = 0{,}8 \div 2{,}0$ мм служит для направления зенкера в отверстии. Для повышения стойкости ленточку подтачивают на длине 1,5 – 2,0 мм.

Задний угол $\alpha$ в нормальном сочетании на главной и переходной режущих кромках равен 12 – 15°.

Для нормальной работы зенкера при его изготовлении и заточке необходимо обеспечить обратную конусность, а допуск биения по ленточкам и кромкам не должен превышать допустимых величин (табл. 43).

Схема резания зенкером показана на рис. 63.

Шероховатость поверхностей калибрующей части не должна превышать $Rz = 6{,}3 \div 3{,}2$ мкм для зенкеров из быстрорежущей стали и $Rz = 1{,}6$ мкм для зенкеров, оснащенных пластинами из твердых сплавов.

**43. Допуск биения ленточки, режущих кромок и обратная конусность зенкеров**

| Диаметр зенкера, мм | Допуск биения, мм | | Обратная конусность |
|---|---|---|---|
| | по ленточкам | по кромкам | |
| До 18 | 0,02 | 0,03 – 0,05 | 0,04 – 0,08 |
| Свыше 18 | 0,04 | 0,03 – 0,05 | 0,05 – 0,10 |

Рекомендуемые геометрические параметры зенкеров для различных обрабатываемых материалов представлены в табл. 44.

Схемы контроля геометрических параметров зенкеров показаны на рис. 64.

Основные типы зенкеров для предварительной и окончательной обработки отверстий приведены на рис. 65. Основными конструктивными элементами зенкера являются рабочая

**44. Геометрические параметры зенкеров** (см. рис. 62)

| Обрабатываемый материал | $\gamma$ при режущей части | | $\alpha$ | $\varphi$ | $\varphi_0$ | $\omega$ | $f$, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | из быстрорежущей стали | из твердого сплава | | | | | |
| | градусы | | | | | | |
| Сталь и отливки из стали с *HB*: | | | | | | | |
| ⩽ 180 | 15 – 20 | – | 8 – 10 | 60 | 30 | 25 – 30 | 0,8 – 2 |
| 180 – 225 | 12 – 15 | 0 | 8 – 10 | 60 | 30 | 10 – 20 | 0,8 – 2 |
| 225 – 270 | 5 – 10 | 0 ÷ – 5 | | | | | |
| > 270 | – | – 10 | | | | | |
| Стали коррозионно-стойкие, жаропрочные, жаростойкие | 0 – 3 | – | 6 – 15 | 30 – 45 | 15 – 20 | 15 – 20 | 0,5 – 1 |
| Стали закаленные | – | – 15 | 10 | 60 | 15 | 10 – 20 | 0,3 – 0,5 |
| Сплавы: | | | | | | | |
| жаропрочные с *HRC*э 52,5 | 10 | – | 8 – 10 | 30 | – | 20 | 0,8 – 2 |
| титановые | 4 – 6 | – | 9 – 11 | 45 | – | | |
| алюминиевые и медные | 25 – 30 | 10 – 20 | 10 | 60 | – | 10 – 20 | |
| магниевые | | | | 45 – 60 | – | 20 – 25 | 0,5 – 1 |

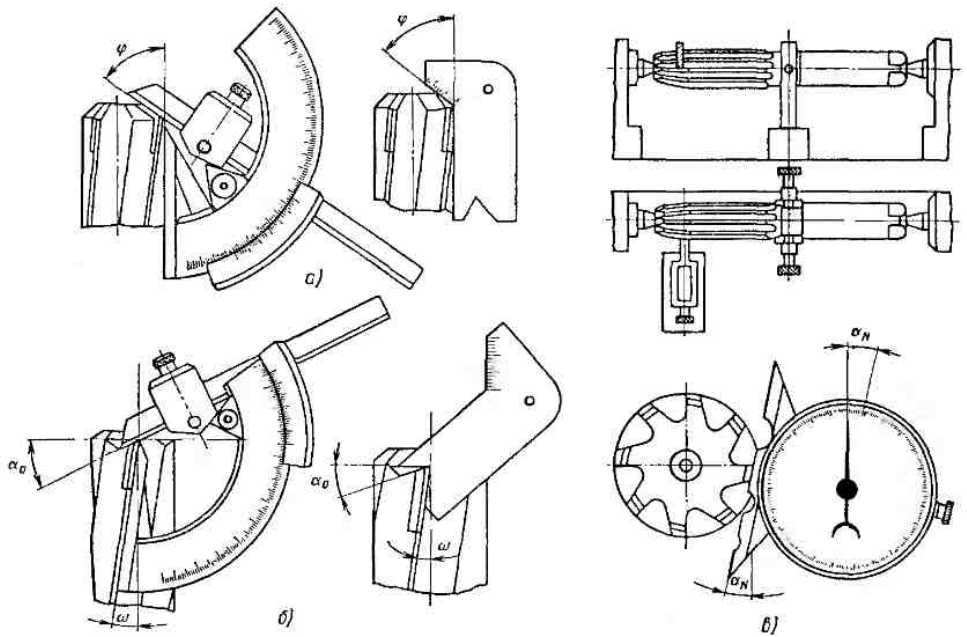



**Рис. 64. Схемы контроля геометрических параметров зенкеров и разверток:**

*а* – угла в плане универсальным угломером и шаблоном; *б* – заднего угла универсальным угломером и шаблоном; *в* – заднего угла маятниковым угломером

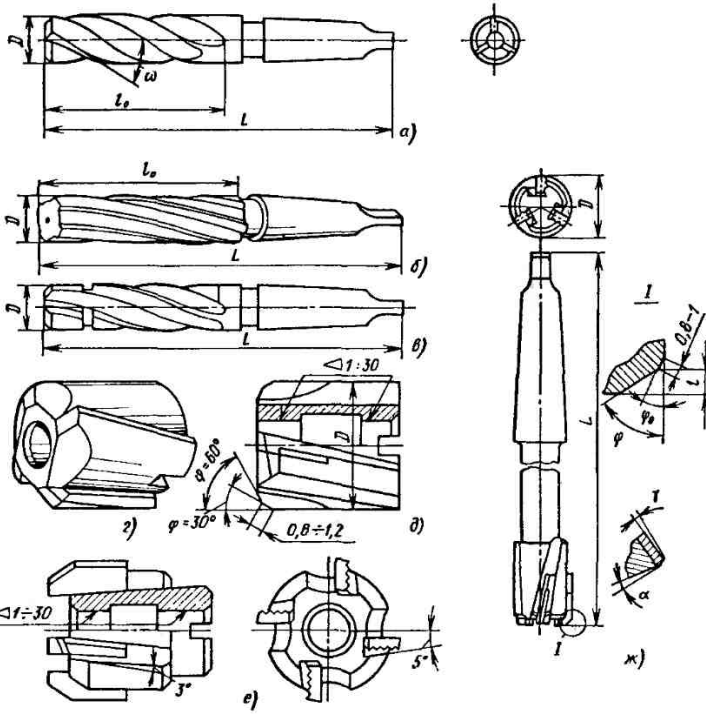



**Рис. 65. Типы зенкеров:**
*а* – хвостовой трехперый; *б* – хвостовой четырехперый; *в* – хвостовой с пластинами из твердого сплава; *г* – насадной цельный; *д* – насадной с пластинами из твердого сплава; *е* – насадной со вставными ножами; *ж* – хвостовой со вставными ножами, оснащенный пластинами из твердого сплава; $D$ – диаметр; $l_0$ – длина рабочей части; $L$ – общая длина; ω – угол наклона винтовой канавки

(режущая и калибрующая) часть и корпус с элементами крепления.

Стружечные канавки зенкеров могут быть прямыми (параллельными оси зенкера), наклонными и винтовыми. Зенкеры с прямыми канавками достаточно универсальны, технологичны в изготовлении и при переточках. Широко применяются эти зенкеры для обработки материалов, дающих стружку надлома. Зенкеры с наклонными канавками, как правило, сборные, с механическим креплением режущих ножей и пластин. Зенкеры с винтовыми стружечными канавками распро-

**45. Допустимый износ зенкера и величина стачивания за одну переточку**

| Материал | | Диаметр зенкера | Допустимый износ | Стачивание за одну переточку |
|---|---|---|---|---|
| инструмента | обрабатываемый | мм | | |
| Быстрорежущая сталь | Сталь, чугун | 3–30 | 1,2–1,5 | 1,0–1,3 |
| Твердый сплав | | 3–30 | 0,4–0,6 | 0,8–0,1 |

странены наиболее широко. К ним относятся и зенкеры, оснащенные пластинами из твердого сплава.

Профиль поперечного сечения зенкеров определяет прочность режущего зуба и объем стружечных канавок.

Зенкеры из быстрорежущей стали изнашиваются по задней поверхности, уголкам, ленточке и передней поверхности. Зенкеры, оснащенные пластинами из твердого сплава, изнашиваются в основном по задней поверхности и уголкам. Допустимый износ зенкера и величина стачивания инструментального материала за одну переточку даны в табл. 45.

Цилиндрические зенковки имеют направляющую цапфу, обеспечивающую соосность обрабатываемой поверхности с отверстием под головку винта. Конструкция зенковок аналогична конструкциям зенкеров, за исключением некоторых элементов. Число зубьев стандартных зенковок всех типов равно 4. Угол наклона стружечных канавок для зенковок из быстрорежущих сталей составляет 15°, для зенковок, оснащенных пластинами из твердого сплава, −10°, причем в последнем случае угол врезания пластины совпадает с углом наклона канавки.

Конические зенковки применяются для обработки центровых отверстий.

Передние углы зенковок всех типов равны нулю.

## РАЗВЕРТКИ

Развертка – осевой режущий инструмент, используемый для повышения точности формы и размеров отверстия и снижения шероховатости поверхности (ГОСТ 25751–83). Канавки между зубьями развертки образуют режущие кромки и предназначены для размещения стружки.

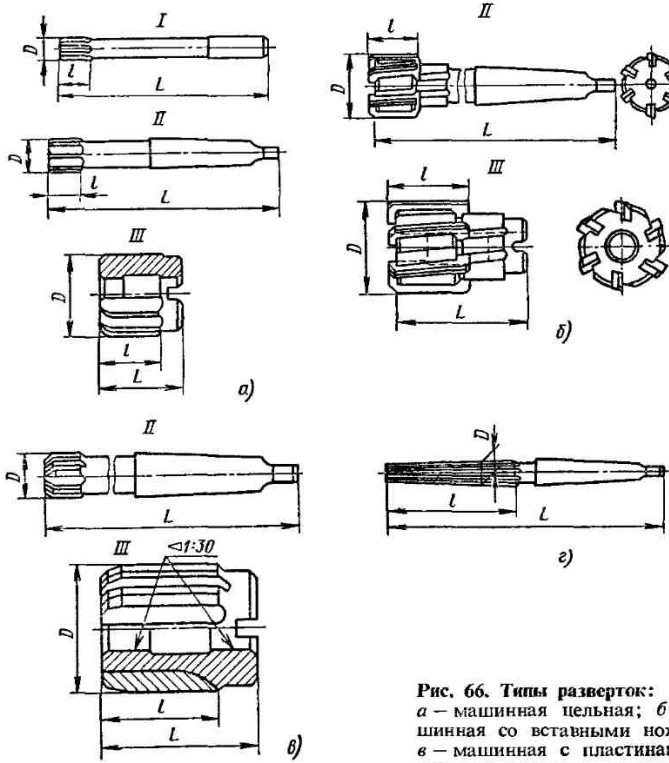



**Рис. 66. Типы разверток:**
*а* – машинная цельная; *б* – машинная со вставными ножами; *в* – машинная с пластинами из твердого сплава; *г* – коническая; *I* – с цилиндрическим хвостовиком; *II* – с коническим хвостовиком; *III* – насадные; *D* – диаметр; *L* – общая длина; *l* – длина режущей части

Рабочая часть ручных цельных разверток, выполненных заодно с корпусом, изготовляется из легированной стали 9ХС или из быстрорежущей стали. Рабочую часть машинных цельных разверток и ножи сборных разверток изготовляют из быстрорежущей стали или из твердых сплавов. Материал хвостовой части – сталь 45 и 40Х.

Режущая часть разверток обеспечивает съем основного припуска обрабатываемого отверстия, определяет характер и распределение нагрузки при работе развертки, управляет потоком стружки. Схема контроля геометрических параметров разверток дана на рис. 64. Наиболее распространенные типы разверток приведены на рис. 66.

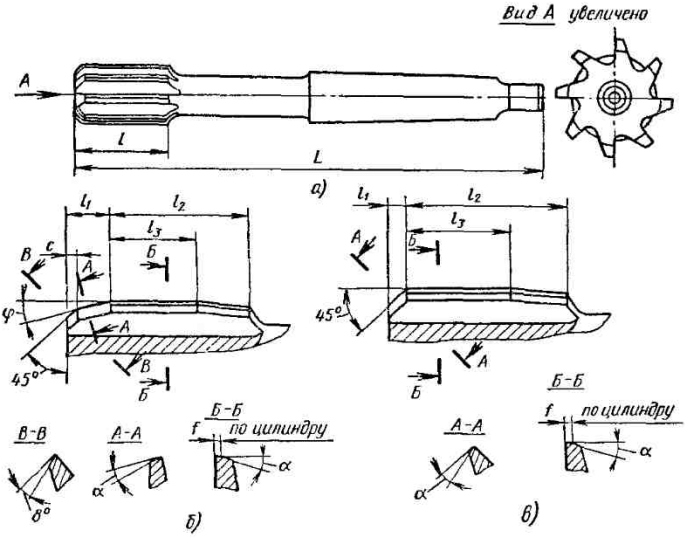



**Рис. 67. Конструктивные элементы (*а*) и элементы режущей части развертки (*б*, *в*)**

Длина режущей части *l* разверток определяется припуском на обработку, формой режущей части, углом в плане φ. Угол φ принимается равным 1° у ручных стандартных разверток с прямыми стружечными канавками; 6° – у ручных стандартных разверток с винтовыми стружечными канавками; 5, 15 или 45° у машинных разверток. При заточках и переточках разверток следует иметь в виду, что значение угла в плане следует выбирать в зависимости от обрабатываемого материала и конструкции развертки. При обработке хрупких материалов угол в плане φ принимается равным 3–5°, при обработке вязких материалов – 15°, при обработке глухих отверстий как в хрупких, так и в вязких материалах он может достигать 60°.

Передний угол γ режущей части стандартных разверток обычно равен нулю. Задние углы α режущей части стандартных разверток находятся в пределах 6–15°. Число зубьев *z* разверток влияет на производительность операции развертывания, качество обрабатываемой поверхности.

Основные конструктивные элементы машинной развертки с коническим хвостовиком показаны на рис. 67. Рабочая часть длиной *l* делится на режущую и калибрующую части. Рабочая

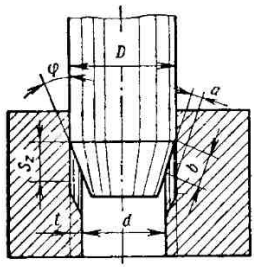



**Рис. 68. Элементы резания при развертывании:** *a* и *b* – толщина и ширина среза; $S_z$ – подача; *t* – глубина резания

часть развертки для сквозных отверстий (рис. 67, *б*) состоит из режущей части $l_1$ с направляющим конусом *c* и калибрующей части $l_2$, имеющей в начале цилиндрическую часть $l_3$. Рабочая часть развертки для глухих отверстий не имеет направляющего конуса (рис. 67, *в*).

По конструктивным признакам различают развертки: цельные, составные неразъемные со сварными хвостовиками, составные неразъемные со впаянными пластинами, составные разъемные со вставными ножами, разжимные и регулируемые. По методу закрепления на станке развертки бывают с хвостовиком и насадные, по способу применения – ручные и машинные, по форме обрабатываемой поверхности – цилиндрические и конические.

На калибрующей части развертки выполняется цилиндрическая ленточка шириной 0,1 – 0,3 мм, т.е. задний угол на калибрующей части равен нулю. На режущей части развертки задний угол α не должен превышать 15°. У чистовых разверток задний угол α уменьшен до 8 – 12°.

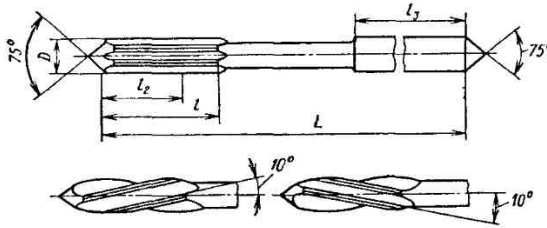
Основные элементы резания при разветывании показаны на рис. 68.

Развертки всех типов изготовляют как с прямыми, так и со спиральными (правыми и левыми) канавками; их применяют для обработки различных материалов, в том числе закаленных сталей с $HRC_э \leqslant 63$, жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов, чугуна, пластмасс и др.

Развертки со спиральными канавками рекомендуется делать с четным числом зубьев, так как их проще и точнее можно проконтролировать. Развертки с прямыми зубьями рекомендуется делать с нечетным числом зубьев; это исключает необходимость делать окружной шаг неравномерным.

Для уменьшения трения между зубьями развертки и поверхностью отверстия калибрующая часть должна иметь обратную конусность в пределах допуска на изготовление. Участок, находящийся за пределами калибрующей части, должен иметь обратный конус, при котором диаметр развертки по направле-

**46. Основные размеры (мм) машинных твердосплавных разверток**




| D | L | l | $l_2$ | $l_3$ |
|---|---|---|---|---|
| 1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0 | 40 | 10 | 7,0 | 16 |
| 2,2; 2,5; 2,8 | 45 | 12 | 9,0 | 18 |
| 3,0; 3,2 | 50 | | | |
| 3,4; 3,5; 3,6; 3,8 | 55 | 14 | 11,0 | 20 |
| 4,0; 4,2 | | | | |
| 4,5; 4,8; 5,0; 5,2; 5,5 | 60 | 16 | 13,0 | 22 |

нию к хвостовику уменьшается. Обратная конусность обычно принимается равной 0,01 – 0,02 мм для разверток диаметром 1 – 3 мм, 0,03 – 0,05 мм для разверток диаметром 3 – 6 мм и 0,05 – 0,08 для разверток диаметром 6 – 12 мм.

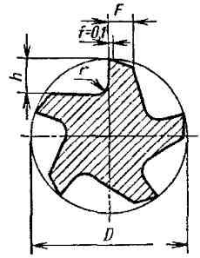
Твердосплавные развертки диаметром 1 – 5,5 мм короткой серии изготовляют целиком из твердого сплава. Основные размеры твердосплавных разверток приведены в табл. 46, а размеры сечения рабочей части разверток – в табл. 47.

Твердосплавные машинные развертки диаметром 1 – 2,8 мм изготовляют с насадным утолщенным хвостовиком (табл. 48). В хвостовике делают углубление длиной $l_1$, куда вставляют рабочую часть и припаивают. Для лучшего схватывания припоя в хвостовике делают продольный разрез вдоль отверстия (рис. 69, *а*).

Виды соединения рабочей части развертки с хвостовиком пайкой и склеиванием в зависимости от диаметра развертки показаны на рис. 69.

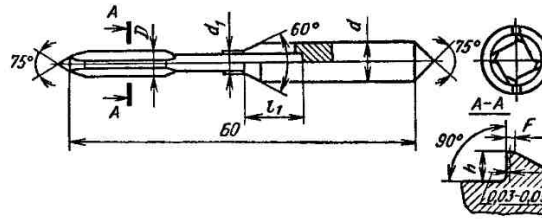
В сборных твердосплавных развертках диаметром

**47. Размеры (мм) сечения рабочей части твердосплавных разверток**




| D | F при z | | | h при z | | | r |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 6 | 5 | 4 | 6 | 5 | |
| 3,0 | 0,59 | 0,42 | 0,45 | 0,66 | 0,63 | 0,66 | 0,18 |
| 3,2 | 0,63 | 0,45 | 0,48 | 0,70 | 0,68 | 0,70 | 0,19 |
| 3,4 | 0,67 | 0,48 | 0,51 | 0,75 | 0,71 | 0,75 | 0,20 |
| 3,5 | 0,69 | 0,49 | 0,52 | 0,77 | 0,73 | 0,77 | 0,21 |
| 3,6 | 0,71 | 0,50 | 0,54 | 0,79 | 0,76 | 0,79 | 0,22 |
| 3,8 | 0,76 | 0,53 | 0,57 | 0,84 | 0,80 | 0,84 | 0,23 |
| 4,0 | 0,79 | 0,56 | 0,60 | 0,88 | 0,84 | 0,88 | 0,24 |
| 4,2 | 0,83 | 0,59 | 0,63 | 0,92 | 0,88 | 0,92 | 0,25 |
| 4,5 | 0,89 | 0,63 | 0,67 | 0,99 | 0,94 | 0,99 | 0,27 |
| 4,8 | 0,95 | 0,67 | 0,72 | 1,06 | 1,01 | 1,06 | 0,29 |
| 5,0 | 0,99 | 0,70 | 0,75 | 1,1 | 1,05 | 1,10 | 0,30 |
| 5,2 | 1,03 | 0,73 | 0,78 | 1,14 | 1,09 | 1,14 | 0,31 |
| 5,5 | 1,09 | 0,77 | 0,82 | 1,21 | 1,15 | 1,21 | 0,33 |
| 6,0 | 1,19 | 0,84 | 0,90 | 1,32 | 1,26 | 1,32 | 0,36 |
| 6,3 | 1,25 | 0,88 | 0,94 | 1,39 | 1,32 | 1,39 | 0,40 |
| 6,5 | 1,28 | 0,91 | 0,97 | 1,43 | 1,36 | 1,43 | 0,42 |
| 7,0 | 1,39 | 0,98 | 1,05 | 1,54 | 1,47 | 1,54 | 0,48 |
| 7,5 | 1,48 | 1,05 | 1,12 | 1,65 | 1,57 | 1,65 | 0,54 |
| 8,0 | 1,58 | 1,12 | 1,20 | 1,76 | 1,68 | 1,75 | 0,60 |
| 8,5 | 1,68 | 1,19 | 1,27 | 1,87 | 1,78 | 1,87 | 0,66 |
| 9,0 | 1,78 | 1,26 | 1,35 | 1,98 | 1,89 | 1,98 | 0,72 |
| 9,5 | 1,88 | 1,33 | 1,42 | 2,09 | 2,00 | 2,09 | 0,78 |
| 10,0 | 1,98 | 1,40 | 1,50 | 2,2 | 2,10 | 2,20 | 0,84 |
| 10,5 | 2,08 | 1,47 | 1,57 | 2,31 | 2,20 | 2,31 | 0,90 |
| 11,0 | 2,18 | 1,54 | 1,65 | 2,42 | 2,31 | 2,42 | 0,96 |
| 11,5 | 2,28 | 1,61 | 1,72 | 2,53 | 2,41 | 2,53 | 1,02 |
| 12,0 | 2,38 | 1,68 | 1,80 | 2,64 | 2,52 | 2,64 | 1,08 |

**48. Основные размеры, мм, твердосплавных машинных разверток с утолщенным хвостовиком**




| *D* | *d* | *F* | *h* | $l_1$ | $d_1$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,0 | 3,0 | 0,1 | 0,3 | 4,0 | 1,5 |
| 1,1 | | | | | 1,6 |
| 1,2 | | 0,15 | | | 1,7 |
| 1,4 | | | | | 1,9 |
| 1,5 | 4,0 | | 0,4 | | 2,0 |
| 1,6 | | | | 5,0 | 2,1 |
| 1,8 | | 0,20 | 0,5 | | 2,3 |
| 2,0 | | | | | 2,5 |
| 2,2 | | 0,25 | 0,6 | | 2,7 |
| 2,5 | 5,0 | 0,30 | | 6,0 | 3,3 |
| 2,8 | | 0,35 | 0,7 | | 3,6 |

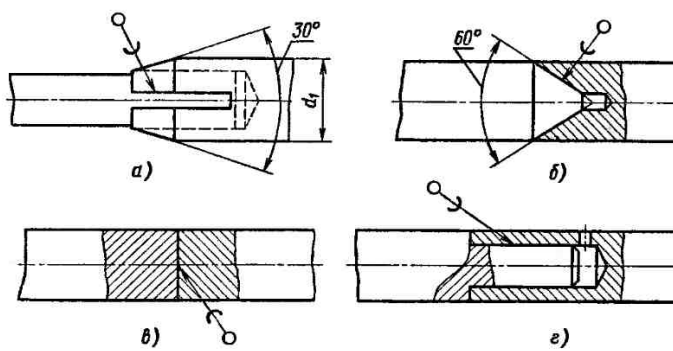
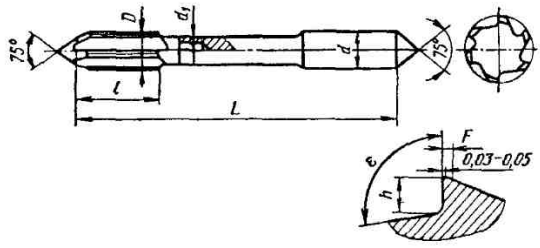



**Рис. 69. Виды соединения рабочей части развертки с хвостовиком:**
*а, б, в* – пайкой для разверток соответственно диаметром 1–3; 6–12 и 4–20 мм;
*г* – склеиванием для разверток диаметром 3–12 мм

**49. Основные размеры, мм, твердосплавных сборных разверток**



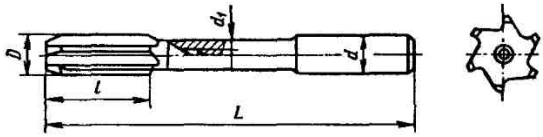

| D | L | l | d | $d_1$ | h при ε,° | | F при z | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 100 | 80 | 4 | 6 |
| 3,0 | 60 | 12 | 3,0 | 1,8 | 0,76 | 0,6 | 0,3 | 0,2 |
| 3,2 | | | | | 0,83 | 0,64 | 0,3 | 0,2 |
| 3,4 | | | | | 0,88 | 0,68 | 0,3 | 0,2 |
| 3,5 | 70 | 14 | 3,5 | 2,2 | 0,91 | 0,70 | 0,3 | 0,2 |
| 3,6 | | | | | 0,94 | 0,72 | 0,3 | 0,2 |
| 3,8 | | | | | 0,99 | 0,76 | 0,3 | 0,3 |
| 4,0 | | | 4,0 | 2,5 | 1,04 | 0,80 | 0,4 | 0,3 |
| 4,2 | | | 4,0 | 2,5 | 1,09 | 0,84 | 0,4 | 0,3 |
| 4,5 | 80 | 16 | 4,5 | 2,8 | 1,17 | 0,90 | 0,4 | 0,3 |
| 4,8 | | | | | 1,25 | 0,96 | 0,4 | 0,3 |
| 5,0 | | | 5,0 | 3,2 | 1,30 | 1,00 | 0,4 | 0,3 |
| 5,2 | | | | | 1,35 | 1,04 | 0,4 | 0,3 |
| 5,5 | | | | | 1,43 | 1,10 | 0,4 | 0,4 |

3 – 5,5 мм рабочую часть выполняют с утоненным хвостовиком длиной *l* (табл. 49).

Развертки диаметром 6 – 10 мм с цилиндрическим хвостовиком делают сборными с конусным присоединением. Основные размеры разверток даны в табл. 50. Развертки диаметром 6,5 – 12 мм по ГОСТ 17276 – 71 выполняют с конусным хвостовиком.

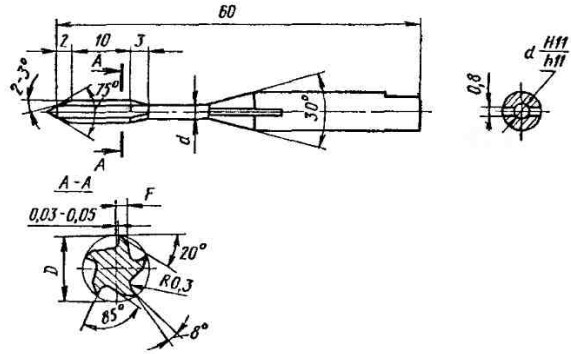
Основные размеры разверток с утолщенным насадным стальным хвостовиком диаметром 6 мм приведены в табл. 51. Для зажима таких разверток требуется только одна втулка диаметром 6 мм с эксцентрично посаженной шпилькой (для исключения проворота). Такая втулка позволяет очень быстро и точно зажимать развертку. Допуск радиального биения зубь-

**50. Основные размеры, мм, машинных твердосплавных разверток**




| D | d | $d_1$ | L | l |
|---|---|---|---|---|
| 6,0 | 6,0 | 5,5 | | |
| 6,3 | | 5,5 | | |
| 6,5 | | 6,0 | 90 | 18 |
| 7,0; 7,5 | 7,0 | 6,5 | | |
| 8,0; 8,5 | 8,0 | 7,5 | 100 | 20 |
| 9,0; 9,5; 10 | 9,0 | 8,5 | | |

**51. Основные размеры, мм, твердосплавных разверток с утолщенным хвостовиком**




| D | F | d |
|---|---|---|
| 1,5 | 0,25 | 1,5 |
| 1,8 | | 2,0 |
| 2 | 0,3 | 2,0 |
| 2,5 | | 2,5 |

*Продолжение табл. 51.*

| *D* | *F* | *d* |
|---|---|---|
| 2,8<br>3,5<br>3,8 | 0,35 | 3,0<br>3,5<br>4,0 |

ев относительно хвостовика не должен превышать 0,004 мм.

Для отверстий с полем допуска по *H*7 диаметр развертки изготовляется с точностью *h*6, *k*6, для отверстий с полем допуска по *H*8—*h*7; для отверстий с полем допуска по H9—*h*8, *h*9. Центровые отверстия должны быть тщательно обработаны и не должны иметь забоин и разработанных мест. На калибрующей (цилиндрической) части разверток допускается обратная конусность, не превышающая допуска на изготовление развертки.

Шероховатость различных поверхностей разверток (по ГОСТ 2789—73*) должны быть следующей: ленточки на калибрующей части, передней и задней поверхностях $Ra \leqslant$ $\leqslant 0{,}32$ мкм; задней поверхности по калибрующей части $Ra \leqslant$ $\leqslant 1{,}25$ мкм, поверхности хвостовой цилиндрической и конической частей $Ra \leqslant 0{,}63$ мкм. Допуск радиального биения хвостовика развертки относительно его оси (при проверке в центрах) не должен превышать 0,01 мм. Значения допуска радиального биения зубьев относительно оси развертки приведены в табл. 52.

Передний угол $\gamma$ (по ГОСТ 16086—70) выбирают в зависимости от обрабатываемого материала. Для высокопрочных закаленных сталей $\gamma = -5°$, для коррозионно-стойких и жаро-

**52. Допуск радиального биения зубьев относительно осв разверток**

| Диаметр разверток, мм | Биение, мкм, доведенных разверток для отверстий с полями допусков по | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *H*7, *H*8 | *H*9 | *H*7, *H*8 | *H*9 |
| | в начале калибрующей части | | режущей части | |
| 1—6 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Св. 6 до 10 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| Св. 10 до 12 | 10 | 12 | 16 | 20 |

прочных сталей $\gamma = 5°$, для серого чугуна с *НВ* 180–220 и пластмасс с абразивным наполнителем $\gamma = 0°$. Для некоторых обрабатываемых материалов значения углов разверток $\gamma$,$\alpha$ и $\alpha_1$ приведены в табл. 53.

Диаметр развертки определяет диаметр обрабатываемого отверстия, поэтому величина допустимого износа разверток (табл. 54) регламентируется уменьшением точности размеров отверстия.

**53. Рекомендуемые геометрические параметры разверток**

| Обрабатываемый материал | Угол, градусы | | | Угол наклона спинки зуба $\alpha_1$,° |
|---|---|---|---|---|
| | передний $\gamma$ | задний $\alpha$ | | |
| | Материал режущей части | | | |
| | Твердый сплав | Быстрорежущая сталь | Твердый сплав | |
| Стали: | | | | |
| незакаленные | 0–5 | 6–12 | 6–8 | 10–20 |
| закаленные *HRC*$_э$ 51,5 | 10–15 | — | 6 | |
| коррозионно-стойкие, жаропрочные и жаростойкие | — | 5–8 | — | 10–15 |
| Жаропрочный сплав | — | 6–10 | — | |
| Титановый сплав | 0 | 8–10 | 10 | |
| Алюминиевые, магниевые и медные сплавы | — | 10–12 | — | 15–20 |

Примечание. Передний угол $\gamma_y$ разверток из быстрорежущей стали равен нулю.

**54. Допустимый износ и величина стачивания за одну переточку**

| Инструмент | Инструментальный материал | Обрабатываемый материал | Допустимый износ, мм | Величина стачивания за одну переточку, мм |
|---|---|---|---|---|
| Развертки диаметром 3–30 мм | Быстрорежущая сталь | Сталь | 0,4–0,7 | 0,5–0,8 |
| | | Чугун | 0,5–0,8 | 0,6–0,9 |
| | Твердый сплав | Легкие сплавы | 0,4–0,7 | 0,5–0,8 |
| | | Чугун | 0,5–0,8 | 0,6–0,9 |

## РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

**Классификация резьб.** На токарных станках резьбу различных профилей (рис. 70) получают двумя методами: нарезанием режущими инструментами и методом пластических деформаций (накатыванием). Классификация резьб по конструктивным признакам представлена в табл. 55. Цилиндрические резьбы классифицируют также по точности в соответствии с ГОСТ 16093–81 и ГОСТ 4608–81.

Достигаемая точность резьб в значительной степени зависит от выбранного метода ее нарезания, качества передней поверхности инструмента (табл. 56).

**Резцы резьбонарезные.** Для обработки наружных и внутренних резьб применяют однониточные резьбовые резцы (рис. 71) и резцы-гребенки (рис. 72), метчики и плашки. Резьбовые резцы представляют собой фасонный инструмент, работающий с продольной подачей, равной шагу нарезаемой резьбы.

Число переходов устанавливается в зависимости от обрабатываемого материала и размера вырезаемой впадины или высоты изготовляемой резьбы.

При профильной схеме резания (рис. 73, *а*) в работе участвуют одновременно правая и левая режущая кромки и вершина резца. Это затудняет процесс стружкообразования, требует больших сил резания и вызывает интенсивное изнашивание вершины резца.

При генераторной схеме резания (рис. 73, *б*) угловая подача выполняется вдоль одной из сторон профиля, и резание осуществляется только одной режущей кромкой и вершиной резца. Это создает более благоприятные условия резания. Однако

**55. Классификация резьб по конструктивным признакам**

| Классификация | | |
|---|---|---|
| по диаметру | по длине | по шагу |
| мм | | |
| Малых диаметров ($d < 6$)<br>Средних диаметров ($6 \leqslant d < 60$)<br>Больших диаметров ($d \geqslant 60$) | Короткие ($l \leqslant 2{,}24Pd^{0{,}2}$)<br>Нормальные ($2{,}24Pd^{0{,}2} < l \leqslant 6{,}7Pd^{0{,}2}$)<br>Длинные ($l > 6{,}7Pd^{0{,}2}$) | Мелкие ($P < 1$)<br>Средние ($1 \leqslant P < 3$)<br>Крупные ($P \geqslant 3$) |

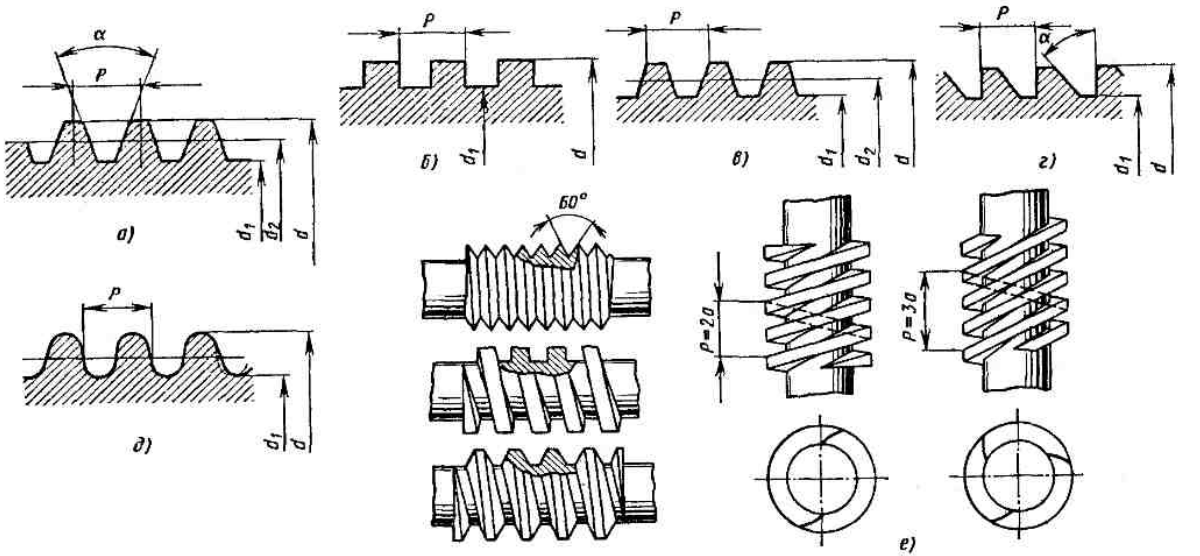



**Рис. 70. Резьбы различного профиля:**

*а* – треугольная; *б* – прямоугольная; *в* – трапецеидальная; *г* – упорная; *д* – круглая; *е* – двух- и трехзаходная

**56. Точность резьбы в зависимости от метода нарезания**

| Метод нарезания резьб | Состояние передней поверхности инструмента | Поля допусков | | Шероховатость поверхности, мкм |
|---|---|---|---|---|
| | | болтов | гаек | |
| Резцом | Шлифованная | 6*h*, 6*g*, 6*e*, 6*d* 8*h*, 8*g* | 5*H*6*H*, 6*H* 6*G*, 7*H*, 7*G* | 20 – 1,25 2,5 – 0,65 |
| | Доведенная | 4*h*, 6*h*, 6*g* 6*e*, 6*d* | 4*H*5*H* 5*H*6*H*, 6*H*, 6*G* | 40 – 20 20 – 2,5 |
| Плашкой | Шлифованная Доведенная | 8*h*, 8*g* 6*h*, 6*g*, 6*e*, 6*d* | 7*H*, 7*G* 5*H*6*H*, 6*H*, 6*G* | 40 – 20 20 – 2,5 |
| Метчиком | Шлифованная | 8*h*, 8*g* 6*h*, 6*g*, 6*e*, 6*d* | 5*H*6*H*, 6*H* 6*G*, 7*H*, 7*G* | 40 – 20 |
| | Доведенная | 4*h*, 6*h*, 6*g* 6*e*, 6*d* | 4*H*5*H* 5*H*6*H*, 6*H*, 6*G* | 20 – 1,25 20 – 1,25 |

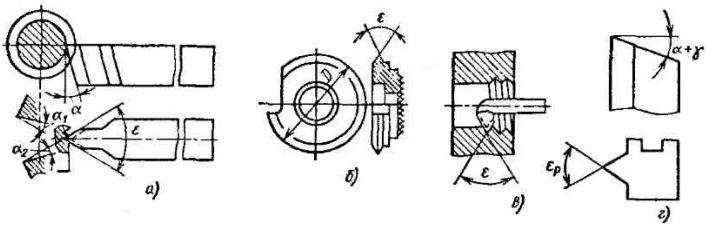



**Рис. 71. Резьбонарезные резцы однониточные:**
*а* – прямой стержневой; *б* – круглый; *в* – изогнутый для внутренних резьб; *г* – призматический

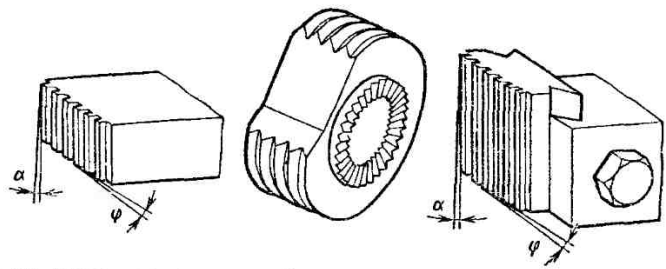



**Рис. 72. Многониточные резцы-гребенки**

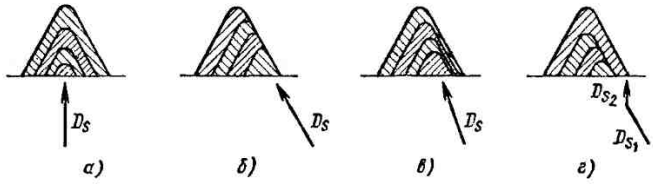



**Рис. 73. Схемы резания при нарезании резьбы:**
*а* – профильная; *б* – генераторная; *в, г* – с комбинированной подачей

в этом случае понижается точность профиля, поэтому угловая подача применяется при черновых переходах.

Комбинированная подача (рис. 73, *в*) обладает преимуществами как радиальной, так и угловой подач. При комбинированной подаче трудно осуществить автоматизацию процесса. При нарезании резьб с крупным шагом, имеющих большой угол подъема витков, резец поворачивают перпендикулярно винтовой линии резьбы, чтобы выровнять силы резания на левой и правой кромках резца. Такой прием установки создает отклонение формы прорезанной канавки, что допустимо лишь для черновой обработки. Для устранения этого недостатка используют еще один вид комбинированной подачи: вначале под углом, затем радиальную, представленную на рис. 73, *г*.

При нарезании резьбы с профилем, отличным от треугольного, значительное повышение производительности достигается при последовательном многопереходном точении несколькими резцами различных профилей, причем полный профиль нарезаемой резьбы имеет только последний чистовой резец (рис. 74).

На рис. 75 изображен сборный резьбовой резец с цилиндрическим хвостовиком и боковым прижимом режущей пластины из твердого сплава. При помощи винта цилиндрический хвостовик стержня устанавливается в отверстии державки с прорезью, а державка, в свою очередь, закрепляется в пазу резцедержателя. Вследствие эластичности державки при завертывании винтов резцедержателя одновре-

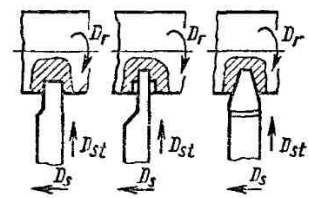



**Рис. 74. Нарезание резьбы специального профиля**

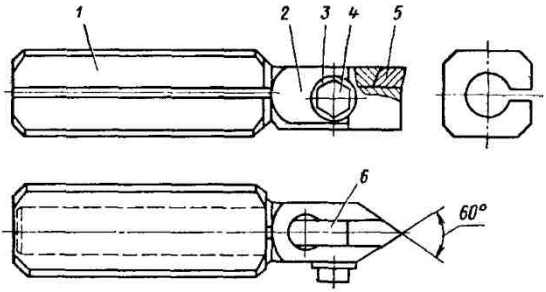



**Рис. 75. Сборный резьбовой резец:**
*1* – разрезная державка; *2* – стержень; *3* – шайба; *4* – винт; *5* – пластина; *6* – компенсирующая планка

менно закрепляется и резец. Цилиндрическая форма хвостовика державки позволяет поворачивать резец на необходимый угол в зависимости от угла подъема нарезаемой резьбы. После каждой переточки режущая пластина становится короче, для компенсации ее укорачивания служит стальная планка, укладываемая в гнездо режущей пластины за ее нерабочей поверхностью. Таких компенсирующих планок должно быть несколько в комплекте к резцу.

Заточка пластин из твердого сплава для сборных резьбовых резцов выполняется в специальной кассете (рис. 76), в которую укладывается партия пластин. Боковые поверхности корпуса кассеты параллельны боковым поверхностям пластин. Кассета устанавливается на магнитный стол плоскошлифовального станка. В таком положении шлифуются боковые поверхности пластин с одной стороны. Затем кассета поворачивается,

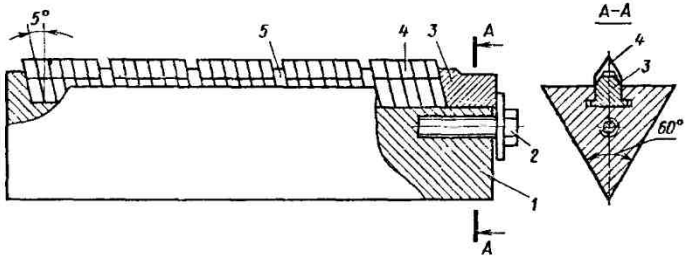
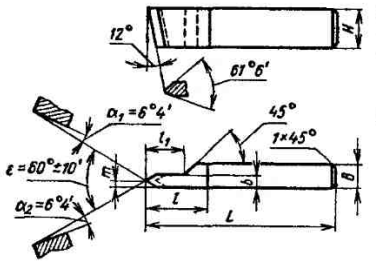



**Рис. 76. Кассета для затачивания резьбовых пластин:**
*1* – корпус; *2* – прижимной винт; *3* – ползушка; *4* – пластины из твердого сплава; *5* – промежуточные пластины

**57. Размеры (мм) резьбовых резцов для нарезания наружной резьбы**




| Наибольший шаг резьбы | B × H | L | l | $l_1$ | b | m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 10 × 16 | 125 | 25 | 15 | 6 | 1,5 |
| 3 | 12 × 20 | | 30 | 20 | 8 | 2 |
| 4 | 16 × 25 | 150 | 35 | 25 | 10 | 2,5 |

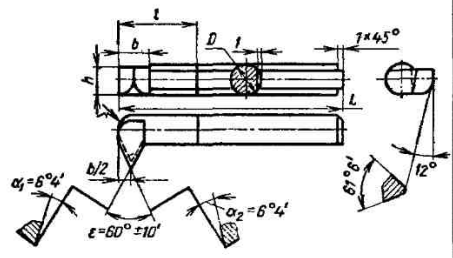
и шлифуются боковые поверхности пластин с другой стороны. Задние углы на боковых поверхностях пластин получаются автоматически, так как пластины устанавливаются в кассете под углом 5°.

Размеры резьбовых резцов из быстрорежущих сталей для нарезания наружной метрической резьбы представлены в табл. 57.

Размеры резьбовых резцов из быстрорежущих сталей для нарезания внутренней метрической резьбы представлены в табл. 58.

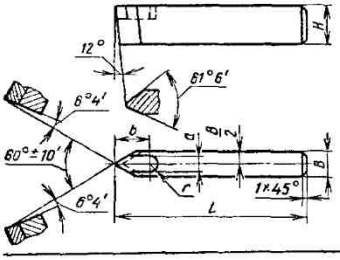
Размеры резьбовых резцов с пластинами из твердого сплава для нарезания наружной метрической резьбы представлены в табл. 59.

**58. Размеры (мм) резьбовых резцов для нарезания внутренней резьбы**




| D | L | l | b | h | r |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 140 | 20 | 5 | 6,5 | 4 |
| 10 | 150 | | | 8 | |
| 12 | | | 6 | | 5 |
| 15 | 220 | 25 | 9 | 10 | 8 |
| 20 | 250 | 30 | 14 | 15 | 12 |
| 25 | 280 | 35 | 18 | 20 | 15 |
| 30 | 300 | | | 25 | |

**59. Размеры (мм) резьбовых резцов с пластинами из твердого сплава для нарезания наружной резьбы**



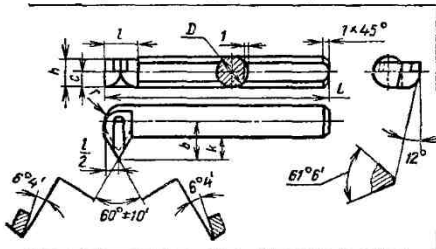

| Державка | | Пластина | | |
|---|---|---|---|---|
| $B \times H$ | $L$ | $a$ | $b$ | $r$ |
| 10×16 | 125 | 6 | 14 | 3 |
| 12×20 | | 8 | 18 | 4 |
| 16×25 | 150 | 10 | 20 | 5 |
| 20×30 | | 12 | | 6 |

Размеры резьбовых резцов с пластинами из твердого сплава для нарезания внутренней метрической резьбы представлены в табл. 60.

Призматические резцы используются для нарезания наружной резьбы, круглые и стержневые – для обработки как наружных, так и внутренних резьб.

Дисковые резьбовые резцы устанавливают выше оси заготовки на величину $h$ для образования заднего угла α (табл. 61).

**60. Размеры (мм) резьбовых резцов с пластинами из твердого сплава для нарезания внутренней резьбы**




| Державка | | | | | Пластина | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D$ | $L$ | $l$ | $h$ | $k$ | $a$ | $b$ | $c$ | $r$ |
| 10 | 150 | 6 | 8 | 4 | 4 | 10 | 2,5 | 2 |
| 12 | | 7 | | 5 | | | | |
| 15 | 220 | 9 | 10 | 8 | 6 | 14 | 3,5 | 3 |
| 20 | 250 | 14 | 15 | 12 | 8 | 18 | 5 | 4 |
| 25 | 280 | 18 | 20 | 15 | 10 | 20 | 6 | 5 |
| 30 | 300 | 20 | 25 | 15 | 12 | 20 | 7 | 6 |

**61. Величина смещения $h$ центра дисковых резьбовых резцов при установке**

| Задний угол резца α, ° | $h$, мм, при диаметре резца, мм | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 10 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,5 | 3,9 | 4,4 |
| 12 | 2,0 | 2,6 | 3,1 | 3,7 | 4,2 | 4,7 | 5,2 |

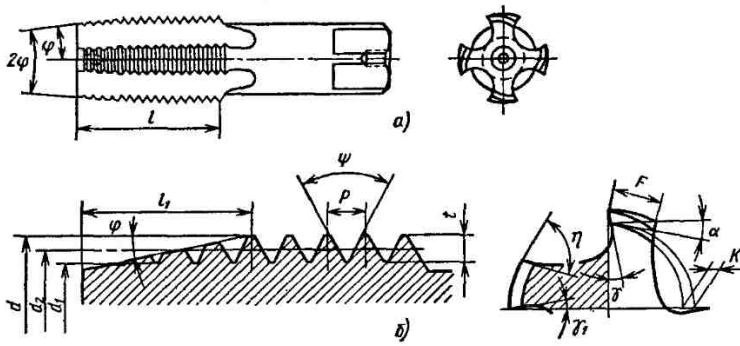



**Рис. 77. Конструктивные элементы *(а)*, профиль резьбы *(б)* и геометрические параметры метчиков:**
$d$, $d_2$, $d_1$ – наружный, средний и внутренний диаметры резьбы

**Метчик** – осевой многолезвийный инструмент, применяемый для образования и обработки внутренней резьбы (ГОСТ 25751–84). Метчики делятся на машинные (станочные), машинно-ручные, ручные (слесарные) и гаечные (с удлиненным хвостовиком) для получения цилиндрической или конической резьбы.

Наиболее распространенные виды резьб, для которых выпускаются централизованно метчики, следующие: метрическая по ГОСТ 9150–81, трубная цилиндрическая по ГОСТ 6357–81 и дюймовая по ОСТ НКТП 1260. Допуски на резьбы устанавливаются ГОСТ 7250–60** и ГОСТ 19090–73*, а исполнительные размеры резьбы метчиков – ГОСТ 17039–71*.

К конструктивным элементам метчика (рис. 77) относятся канавки для размещения стружки, режущие перья, сердцевина (внутренняя часть тела метчика); к геометрическим – передний угол $\gamma$, задний угол $\alpha$, получаемый затылованием метчика, угол наклона конуса заборной части $\varphi$ и угол наклона винтовых канавок $\omega$.

Рабочая часть метчиков выполняется из инструментальных углеродистых (У11А, У12А) или быстрорежущих сталей, а также из твердых сплавов группы ВК. Метчики с рабочей частью из быстрорежущей стали диаметром свыше 6 мм выполняются сварными; рабочая часть из быстрорежущей стали приваривается к стальному корпусу (хвостовику). Метчики, оснащенные твердым сплавом, делятся на метчики цельные твердосплавные (диаметром до 8 мм), с цельнотвердосплавной рабочей частью

(диаметром 8 – 12 мм), припаянной или приклеенной к стальному корпусу, и метчики, оснащенные режущей частью в виде пластин из твердого сплава группы ВК. Корпуса сварных быстрорежущих и напайных твердосплавных метчиков, а также корпуса метчиков, оснащенных пластинами из твердого сплава, выполняются из конструкционных (45 и 40Х), инструментальных легированных (9ХС, ХВГ) или малолегированных быстрорежущих сталей.

Рабочая часть метчика делится на заборную и калибрующую.

Заборная или режущая часть выполняет основную работу резания в процессе формообразования резьбы. Увеличенная длина заборной части метчика облегчает процесс резания (когда длина режущей части больше длины нарезаемой резьбы) и корректирует направление метчика в момент входа его в отверстие.

Калибрующая часть окончательно формирует резьбу, обеспечивая необходимую точность размеров и шероховатость поверхности.

Для снижения трения и уменьшения величины разбивки отверстия калибрующая часть имеет обратную конусность на 100 мм длины:

| Профиль резьбы: | Конусность |
|---|---|
| шлифованный | 0,05 – 1,0 |
| нешлифованный | 0,08 – 0,12 |

Длина калибрующей части метчиков оказывает влияние на ресурс времени его работы, силу трения и точность нарезания резьбы. Рекомендуемая длина калибрующей части обычно равна 6 – 12 шагам резьбы. Для стандартных метчиков длина калибрующей части с учетом требований унификации может увеличиваться до 20 – 40 шагов резьбы (у метчиков с мелкими шагами резьбы).

На калибрующей части и боковых сторонах пера задний угол чаще равен нулю, и лишь у метчиков со шлифованной резьбой его получают затылованием на резьбошлифовальном станке; величина затылования незначительна (0,2 – 0,3 мм по ширине пера), однако и это приводит к резкому уменьшению трения и облегчению работы.

Ширина пера для метчиков с тремя, четырьмя и шестью зубьями принимается соответственно равной $0{,}3d$; $0{,}2d$ и $0{,}16d$.

Размеры, профиль и шероховатость резьбы калибрующей части выбирают в зависимости от профиля, размеров и точности нарезаемого отверстия.

В зависимости от степени точности нарезаемой резьбы рекомендуется применять метчики следующей степени точности:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Резьба гайки . . . | 4*H*, 5*H* | 5*H*, 6*H* | 6*H* | 6*H*, 7*H* | 6*G* | 6*G*, 7*G* |
| Метчик . . . . . | *H*1 | *H*2 | *H*3 | *H*4 | *G*1 | *G*2 |

Стружечные канавки образуют переднюю поверхность и служат для размещения стружки. Рекомендуемое число стружечных канавок у машинных и машинно-ручных метчиков для обработки различных материалов представлено в табл. 62.

Поверхность канавок метчиков должны быть полированы или гидрополированы. Иногда, при обработке алюминиевых сплавов, рабочая часть метчика, в том числе и канавки, хромируется.

Рекомендуемые значения переднего угла для машинно-ручных метчиков из быстрорежущей стали (ГОСТ 3449–71*) представлены в табл. 63.

Для метчиков из твердых сплавов передние углы уменьшаются.

При нарезании длинных резьб в труднообрабатываемых материалах, особенно в глухих отверстиях, применяют комплект метчиков, который может состоять из двух, трех и большего числа метчиков.

Для снижения нагрузок и трения при нарезании сквозной резьбы в вязких материалах на режущей части метчиков в шахматном порядке удаляются отдельные участки (рис. 78).

Для нарезания резьбы в жаропрочных труднообрабатываемых сталях применяют корригированные метчики. Сущность корригирования состоит в том, что угол профиля режу-

**62. Число стружечных канавок у машинных и машинно-ручных метчиков**

| Обрабатываемый материал | Диаметр, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1–2 | 2–5 | 6–16 | 1–2 | 2–5 | 6–16 |
| | Сквозные отверстия | | | Глухие отверстия | | |
| Стали: | | | | | | |
| конструкционные | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| жаропрочные | — | 3 | 3 | — | 3 | 3 |
| Легкие сплавы | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 |

**63. Передний угол γ для метчиков из быстрорежущей стали**

| Обрабатываемый материал | γ,° |
|---|---|
| Чугун, бронза, высокопрочные стали, титановые и молибденовые сплавы | 0–5 |
| Стали средней твердости, латуни | 8–10 |
| Вязкая сталь, латунь, медь, магниевые сплавы | 12–15 |
| Легкие сплавы | 16–25 |
| Коррозионно-стойкие и жаропрочные сплавы | 5 |

щих зубьев метчика выполняется на 1–5° меньше угла профиля нарезаемой резьбы, а шлифование резьбы на метчике производится с обратной конусностью под угол η. Так как $\operatorname{tg}\eta \approx 0{,}09\operatorname{tg}\varphi$, то между обрабатываемым материалом и боковыми кромками зуба метчика образуется зазор (рис. 79).

Применение корригированных метчиков устраняет налипание стружки на боковых поверхностях зубьев и снижает суммарный крутящий момент на 30%. При больших углах φ после обработки корригированным метчиком желательно проводить калибрование резьбы некорригированными метчиками.

Корригированые метчики можно применять при нарезании резьбы в глухих отверстиях при условии использования комплектных метчиков.

Метчики с прямыми канавками по ГОСТ 3266–81 (табл. 64) со шлифованным профилем резьбы предназначены для универсального применения. Их изготовляют как одинарными, так и комплектными. Одинарные метчики имеют исполнение для сквозных отверстий ($l_1 = 3P$ для резьб диаметром до 3,5 мм и $l_1 = 6P$ для резьб диаметром свыше 3,5 мм), для глухих отверстий ($l_1 = 2P$ для резьб до 3,5 мм и $l_1 = 3P$ для резьб свыше 3,5 мм).

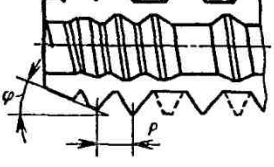



**Рис. 78. Схема шахматного расположения зубьев в метчике**

Комплектные метчики имеют черновой метчик с $l_1 = 3P$ и чистовой с $l_1 = 2P$ для резьб диаметром до 3,5

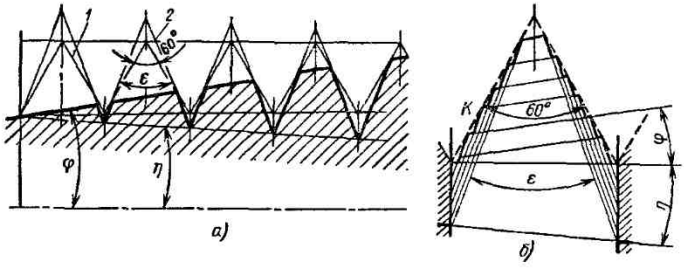



**Рис. 79. Построение профиля корригированного метчика (*а*) и схема его резания (*б*):**
*1* – профиль резьбы детали; *2* – профиль резьбы метчика

мм, для резьб диаметром свыше 3,5 мм в комплект входит только один метчик с $l_1 = 6P$.

Число и размеры стружечных канавок приведены в ГОСТ 3266–81.

Метчики с укороченными канавками по ГОСТ 17931–72* применяются для обработки сквозных недлинных резьб (рис. 80). Размеры канавок приведены в табл. 65. Метчики этого вида имеют бóльшую прочность, чем метчики с канавками по ГОСТ 3266–81, более точно направляются в отверстии и менее трудоемки в изготовлении. Наличие наклона канавок влево способствует выталкиванию стружки вперед, что значительно облегчает работу метчика. Длина заборного конуса $l_1 = 6P$. Длину стружечных канавок $l_к$ и угол заборного конуса φ метчиков с укороченными канавками выбирают по ГОСТ

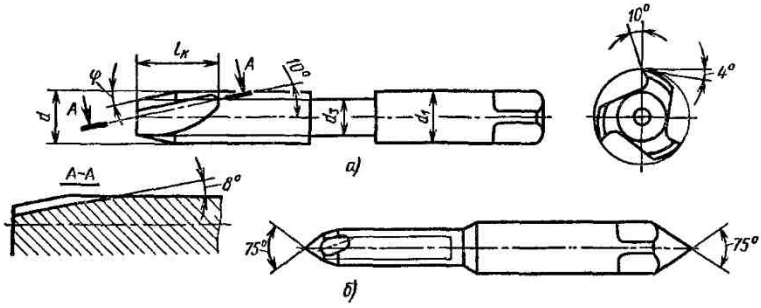
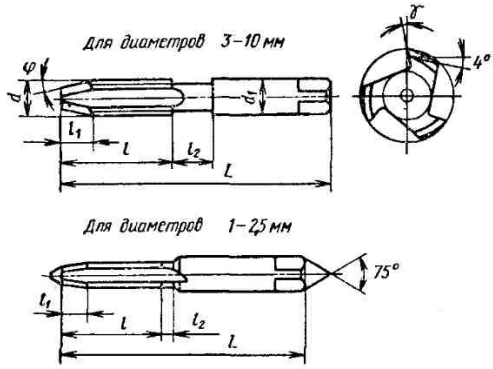



**Рис. 80. Метчики с укороченными канавками:**
*а* – диаметром 3–10 мм; *б* – диаметром 1–4,5 мм

## 64. Машинные метчики с прямыми канавками (ГОСТ 3266—81)




Размеры, мм

| Номинальный диаметр резьбы $d$ | Шаг резьбы $P$ | $L$ | $l$ | $d_1$ | $l_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,0<br>1,2 | 0,25 | 38,5 | 5,5 | 2,5 | 4,5 |
| 1,6 | 0,35 | 41,0 | 8,0 | 2,5 | 5,0 |
| 2,0 | 0,40 | 41,0 | 8,0 | 2,5 | 5,5 |
| 2,5 | 0,45 | 44,5 | 9,5 | 2,8 | 6,0 |
| 3,0 | 0,5 | 48,0 | 11,0 | 3,15 | 7,0 |
| 3,5 | 0,6 | 50,0 | | 3,55 | |
| 4,0 | 0,7 | | 13,0 | 4,0 | |
| 4,5 | 0,75 | 53,0 | | 4,5 | 8,0 |
| 5,0 | 0,8 | 58,0 | 16,0 | 5,0 | 9,0 |
| 6,0 | 1,0<br>0,75 | 66,0 | 19,0 | 6,3 | 11,0 |
| 7,0 | 1,0<br>0,75 | | | | |
| 8,0 | 1,25 | 72,0 | 22 | 8,0 | 13,0 |
| | 1,0 | 69,0 | 19 | | |
| | 0,75 | 66,0 | | | |
| 9,0 | 1,25 | 72,0 | 22,0 | 9,0 | 14,0 |
| | 1,0 | 69,0 | 19,0 | | |

*Продолжение табл. 64*

| Номинальный диаметр резьбы $d$ | Шаг резьбы $P$ | $L$ | $l$ | $d_1$ | $l_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 10,0 | 1,5 | 80,0 | 24 | 10,0 | 15,0 |
| | 1,25 | 76 | 20 | | |
| | 1,0 | | | | |

**65. Длина укороченных канавок метчиков (по ГОСТ 17931–72*)**

| Шаг резьбы | Длина стружечных канавок | Шаг резьбы | Длина стружечных канавок |
|---|---|---|---|
| мм | | мм | |
| 0,2 | 2,4 | 0,45 | 5,4 |
| 0,25 | 3 | 0,5 | 6 |
| 0,3 | 3,6 | 0,6 | 7,2 |
| 0,35 | 4,2 | 0,7 | 8,4 |
| 0,4 | 4,8 | | |

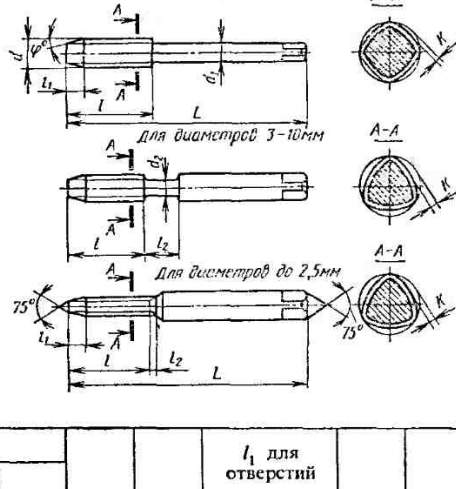
17931–72*. Размеры профиля инструмента для обработки стружечных канавок метчиков приведены в ГОСТ 17930–72*.

Бесстружечные метчики находят все более широкое применение (ГОСТ 18839–73) в производстве приборов и машин при обработке вязких материалов (табл. 66). Бесстружечные метчики не имеют режущих элементов. Их рабочая часть вместо стружечных канавок имеет многогранник. На заборном корпусе резьба сошлифована на конус, затылование отсутствует. Такие метчики не нарезают резьбу, а выдавливают, и в процессе эксплуатации не перетачиваются, а работают до полного изнашивания. Исполнительные размеры резьбы метчиков приведены в ГОСТ 18842–73.

Машинные метчики с винтовыми правыми канавками служат для обработки глухих и глубоких ($L > 1{,}5d$) сквозных отверстий и обработки легких сплавов (табл. 67). При работе этими метчиками стружка не накапливается в канавках, а непрерывно продвигается вверх, что улучшает условия подвода СОТС, облегчает работу метчика и тем самым повышает его стойкость.

Для обработки коррозионно-стойких и жаропрочных сталей метчики обычной конструкции непригодны. У метчиков для обработки труднообрабатываемых сталей (табл. 68) делают

**66. Размеры (мм) машинно-ручных бесстружечных метчиков (ГОСТ 18839 – 73)**




| Резьба | | $L$ | $l$ | $l_1$ для отверстий | | $d_1$ | $d_2$ | $l_2$ | $K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номинальный диаметр $d$ | Шаг $P$ | | | сквозных | глухих | | | | |
| 1,0 | 0,25 | 36 | 6 | 1,5 | 0,75 | 2,24 | — | 4.5 | 0,060 |
| 1,1 | 0,25 | | | 1,5 | 0,75 | | | | 0,070 |
| 1,2 | 0,25 | | | 1,5 | 0,75 | | | | 0,072 |
| 1,4 | 0,30 | 40 | 8 | 1,8 | 0,9 | | | 5,0 | 0.08 |
| 1,6 | 0,35 | | | 2,10 | 1,00 | | | | 0,09 |
| 1,8 | 0,35 | | | 2,10 | 1,00 | | | | 0,10 |
| 2,0 | 0,4 | | | 2,40 | 1,20 | 2.5 | | 5,5 | 0,12 |
| 2,2 | 0,45 | 45 | 10 | 2,70 | 1,35 | 2,8 | | 6,0 | 0,13 |

*Продолжение табл. 66*

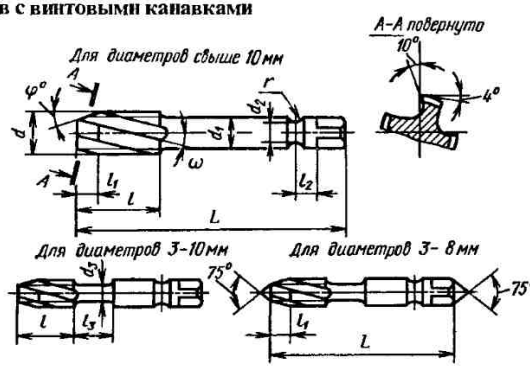
| Резьба | | $L$ | $l$ | $l_1$ для отверстий | | $d_1$ | $d_2$ | $l_2$ | $K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номинальный диаметр $d$ | Шаг $P$ | | | сквозных | глухих | | | | |
| 2,5 | 0,45 | 45 | 10 | 2,70 | 1,35 | 2,8 | — | 6,0 | 0,15 |
| 3,0 | 0,50 | 48 | 12 | 3,0<br>— | —<br>1,5 | 3,15 | 2,12 | 7,0 | 0,18 |
| 3,5 | 0,60 | 50 | | 3,6<br>— | —<br>1,8 | 3,55 | 2,5 | | 0,21 |
| 4,0 | 0,70 | 52 | | 4,2<br>— | —<br>2,1 | 4,00 | 2,8 | 8,0 | 0,24 |
| 4,5 | 0,75 | | 10 | 4,5<br>— | 2,2<br>— | 4,50 | 3,15 | | 0,27 |
| 5,0 | 0,80 | 55 | 10 | 4,8<br>— | —<br>2,4 | 5,00 | 3,55 | 9,0 | 0,30 |
| 6,0 | 1,00 | 65 | 12 | 6,0<br>— | —<br>3,0 | 6,3 | 4,50 | 11 | 0,36 |
| | 0,75 | | 10 | 4,5<br>— | —<br>2,2 | | | | |
| 7,0 | 1,00 | | 12 | 6,0<br>— | —<br>3,0 | 7,1 | 5,3 | | 0,42 |
| | 0,75 | | 10 | 4,5<br>— | —<br>2,0 | | | | |

увеличенный угол заборного конуса $\varphi$ и срезают часть резьбовых ниток.

У метчиков для обработки сквозных отверстий нитки вырезают на всей длине рабочей части (рис. 81), а у метчиков для обработки глухих отверстий нитки вырезаются только на калибрующей части (рис. 82).

Метчики имеют уменьшенные задний и передний углы: $\alpha = 4°$ и $\gamma = 5°$; они также имеют подточку под углом 4° на длине $5P$ по канавкам на заборном конусе.

**67. Размеры (мм) машинных метчиков для обработки легких сплавов и метчиков с винтовыми канавками**

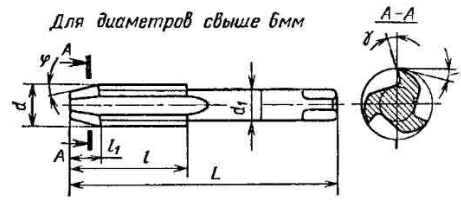



| Резьба | | $L$ | $l$ | $l_1$ для отверстий | | $\varphi°$ | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $l_2$ | $l_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номинальный диаметр $d$ | Шаг $P$ | | | сквозных | глухих | | | | | | |
| 3,0 | 0,5 | 48 | 11 | 3,0<br>— | —<br>1,5 | 6<br>14 | 2,24 | — | 2,12 | — | 7 |
| 3,5 | 0,6 | 50 | 13 | 3,6<br>— | —<br>1,8 | 6<br>14 | 2,5 | | 2,5 | | |
| 4,0 | 0,7 | 53 | | 4,2<br>— | —<br>2,1 | 6<br>12 | 3,15 | | 2,8 | | 8 |
| 5,0 | 0,8 | 58 | 16 | 4,8<br>— | —<br>2,4 | 6°30′<br>14 | 4,0 | 4,5 | 3,55 | | 9 |
| 6,0 | 0,75 | 66 | 19 | 4,5<br>— | —<br>2,2 | 6<br>12°30′ | 4,5 | 5,5 | 4,50 | | 11 |
| | 1,00 | | | 6,0<br>— | —<br>3,0 | 6<br>12 | | | | | |
| 8,0 | 0,75 | 69 | 19 | 4,5<br>— | —<br>2,2 | 6<br>12°30′ | 6,3 | 7,0 | 6,0 | 16 | 13 |
| | 1,0 | | | 6,0<br>— | —<br>3,0 | 6<br>12 | | | | | |

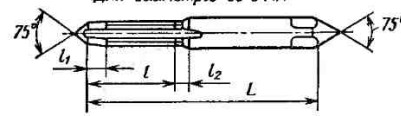
Примечание. Для резьб диаметром 3 и 3,5 мм $r = 3{,}5$ мм; для резьб диаметром свыше 3,5 мм $r = 4{,}5$ мм.

**68. Размеры (мм) машинно-ручных метчиков для обработки сквозных и глухих отверстий в заготовках из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей**

*Для диаметров свыше 6мм*




*Для диаметров до 6 мм*




| Резьба | | $L$ | $l$ для отверстий | | $l_1$ для отверстий | | | $d_1$ | $l_2$ | φ°, для глухих отверстий | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | сквозных | глухих | | | | | |
| Номинальный диаметр $d$ | Шаг $P$ | | сквозных | глухих | | Чистовой метчик | Черновой метчик | | | Черновой метчик | Чистовой метчик |
| 2,0 | 0,40 | 41 | 12 | 8 | 4,8 | 0,8 | 1,2 | 3,15 | 5,0 | 22 | 14 |
| 2,5 | 0,45 | 44,5 | | 9,5 | 5,4 | 0,9 | 1,4 | | 6,0 | | |
| 3,0 | 0,50 | 48 | 14 | 11 | 6,0 | 1,0 | 1,5 | 4,00 | 7,0 | | |
| 4,0 | 0,70 | 53 | 18 | 13 | 8,4 | 2,1 | 4,2 | 5,00 | 8,0 | 12 | 6 |
| | 0,50 | | 14 | | 6,0 | 1,5 | 3,0 | | | 13 | 6°30′ |
| 5,0 | 0,80 | 58 | 20 | 16 | 9,6 | 2,4 | 4,8 | 6,30 | 9,0 | 14 | 6°30′ |
| | 0,50 | | 14 | | 6,0 | 1,5 | 3,0 | | | 13 | 6°30′ |
| 6,0 | 1,0 | 66 | 20 | 19 | 12,0 | 3,0 | 6,0 | | 11,0 | 12 | 6 |
| | 0,75 | | | | 9,0 | 2,2 | 4,5 | | | 12°30′ | 6 |
| | 0,50 | | | | 6,0 | 1,5 | 3,0 | | | 13 | 6°30′ |
| 8,0 | 1,25 | 80 | 25 | 22 | 15,0 | 3,8 | 7,5 | | — | 12 | 6 |
| | 1,0 | | | 19 | 12,0 | 3,0 | 6,0 | | | | |
| | 0,75 | 65 | 18 | 19 | 9,0 | 2,2 | 4,5 | | | 12°30′ | 6 |
| | 0,5 | | | 19 | 6,0 | 1,5 | 3,0 | | | 13 | 6°30′ |

Примечание. Для сквозных отверстий $\varphi = 3°$.

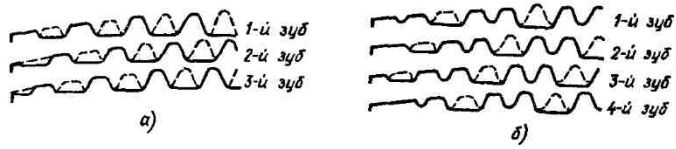



**Рис. 81. Схема вырезания ниток у метчиков для сквозных отверстий:**
*а* – число зубьев $z = 3$ (нитки срезаны на всей длине рабочей части через одну); *б* – число зубьев $z = 4$ (нитки срезаны на всей длине рабочей части через две)

Машинно-ручные метчики для нарезания резьбы в заготовках из мягких и вязких сталей, а также легких сплавов (табл. 69) выпускают с шахматным расположением зубьев диаметром 2–36 мм по ГОСТ 17928–72*; с укороченными канавками диаметром 1–18 мм по ГОСТ 17930–72*; с винтовыми канавками диаметром 3–30 мм по ГОСТ 17932–72*. Задние и передние углы у этих метчиков увеличены: $\alpha = 7°$ и $\gamma = 16°$. Форма и размеры стружечных канавок для глухих отверстий установлены ГОСТ 17927–72*, а число зубьев и размеры профиля канавок – ГОСТ 3266–81.

Метчики с укороченными канавками предназначены для нарезания резьб в легких сплавах. Геометрические параметры режущей части метчика и размеры профиля инструмента для стружечных канавок даны в ГОСТ 17930–72*.

У метчиков с винтовыми канавками угол наклона стружечных канавок равен: 10° – для глухих и сквозных отверстий диаметром 3–6 мм; 30° – для глухих отверстий диаметром свыше 6 мм. Число зубьев метчиков и профиль инструмента для обработки стружечных канавок метчиков рекомендуется принимать по ГОСТ 17933–72*.

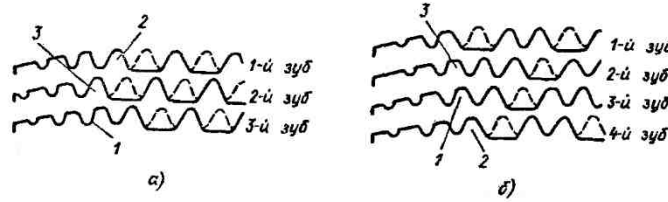



**Рис. 82. Схема вырезания ниток у метчиков для глухих отверстий:**
*а* – число зубьев $z = 3$ (нитки вырезаны только на калибрующей части, начиная с третьей полной нитки, через одиу); *б* – число зубьев $z = 4$ (нитки вырезаны только на калибрующей части, начиная с третьей полной нитки, через две нитки);
*1, 2* – первые и вторые нитки калибрующей части; *3* – последняя нитка заборной части

**69. Размеры (мм) машинно-ручных метчиков для обработки сквозных и глухих отверстий в легких сплавах (см. эскиз к табл. 68)**

| Резьба | | $L$ | $l$ | $l_1$ для отверстий | | | $d_1$ | $l_2$ | φ°, ..., для отверстий | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | глухих | | | | | глухих | |
| Номинальный диаметр $d$ | Шаг $P$ | | | сквозных | Чистовой метчик | Черновой метчик | | | сквозных | Чистовой метчик | Черновой метчик |
| 2,0 | 0,4 | 41 | 8 | 1,2 | 0,8 | 1,2 | 3,15 | 5 | | | |
| 2,5 | 0,45 | 44,5 | 9,5 | 1,4 | 0,9 | 1,4 | 3,15 | 6 | 14 | 22 | 14 |
| 3,0 | 0,5 | 48 | 11 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 4,00 | 7 | | | |
| 4,0 | 0,7 | 53 | 13 | 4,2 | 2,1 | 4,2 | 5,00 | 8 | 6 | 12 | 6 |
| | 0,5 | | | 3,0 | 1,5 | 2,3 | | | | 13 | |
| 5,0 | 0,8 | 58 | 16 | 4,8 | 2,4 | 4,8 | | 9 | 6°30′ | 14 | 6°30′ |
| | 0,5 | | | 3,0 | 1,5 | 3,0 | | | | 13 | |
| 6,0 | 1,0 | 66 | 19 | 6,0 | 3,0 | 6,0 | 6,3 | 11 | 6 | 12 | 6 |
| | 0,75 | | | 4,5 | 2,0 | 4,5 | | | | 12°30′ | |
| | 0,5 | | | 3,0 | 1,5 | 3,0 | | | 6°30′ | 13 | 6°30′ |
| 8,0 | 1,25 | 72 | 22 | 7,5 | 3,8 | 7,5 | | – | 6 | 12 | 6 |
| | 1,00 | 69 | 19 | 6,0 | 3,0 | 6,0 | | | | | |
| | 0,75 | | | 4,5 | 2,2 | 4,5 | | | | 12°30′ | 6 |
| | 0,50 | | | 3,0 | 1,5 | 3,0 | | | 6°30′ | 13 | 6°30′ |
| 10,0 | 1,5 | 80 | 24 | 9,0 | 4,5 | 9,0 | 8,0 | | 6 | 12 | 6 |
| | 1,0 | 76 | 20 | 6,0 | 3,0 | 6,0 | | | | | |
| | 0,5 | 69 | 19 | 3,0 | 1,5 | 3,0 | | | 6°30′ | 13 | 6°30′ |

Технические требования на метчики из быстрорежущей стали приведены в ГОСТ 18265–73.

Размеры метчиков должны иметь следующие предельные отклонения (по СТ СЭВ 144–75):

Общая длина и длина рабочей части машинно-ручных комплектных метчиков . . . . . h16

Длина заборной части:

для сквозных отверстий . . . . . $\pm(1-{}^1/_2)P$

| | |
|---|---|
| для глухих отверстий при шаге: | |
| 0,2–0,5 . . . . . | $\pm 1/2\ P$ |
| св. 0,5 . . . . . | $-1/2\ P$ |
| Диаметр хвостовика . . . . . | $h9$ |

Метчики следует изготовлять с обратной конусностью по наружному, среднему и внутреннему диаметрам в пределах 0,10–0,15 мм на 100 мм длины.

Метчики со шлифованным профилем должны быть затылованными по профилю на всей длине рабочей части. У метчиков диаметром 1–3 мм допускается не производить затылование по профилю, заменив ее обратной конусностью 0,16–0,2 мм на 100 мм длины.

**Твердосплавные метчики.** Применяют при обработке сталей и сплавов, имеющих прочность $\sigma_в = 1800 \div 2100$ МПа и $HRC_э 49{,}3-54{,}2$, а также чугуна, алюминиевых сплавов с повышенным содержанием кремния и некоторых неметаллических материалов. Основные типы твердосплавных метчиков приведены на рис. 83.

Размеры цельных твердосплавных метчиков представлены в табл. 70, сборных диаметром 2–6 мм – в табл. 71, диаметром 6–12 мм – в табл. 72.

Допуск биения рабочей части метчиков (по заборному конусу и калибрующей части), установленных в центрах, не должен превышать 0,02 мм. Допуск радиального биения хвостовиков метчиков (при проверке в центрах) не должен превышать 0,01 мм. Метчики следует изготовлять с обратной конусностью по наружному, среднему и внутреннему диаметрам резьбы. Обратная конусность должна быть 0,02 мм на 10 мм длины.

Метчики должны быть затылованными по профилю (по среднему, по внутреннему и наружному диаметрам) на всей длине рабочей части.

Величина спада затылка по ширине зуба приведена в табл. 73.

Изнашивание метчиков осуществляется по передней и задней поверхностям. Допустимая величина стачивания за одну переточку в зависимости от диаметра и допустимого износа приведена в табл. 74.

В табл. 75 представлены диаметры отверстий, получаемых сверлением, под нарезание метрической резьбы метчиками.

При обработке внутренней резьбы с крупным шагом, в том числе и многозаходной в сквозных отверстиях, применяется специальный метчик-протяжка, работающий по схеме вращаю-

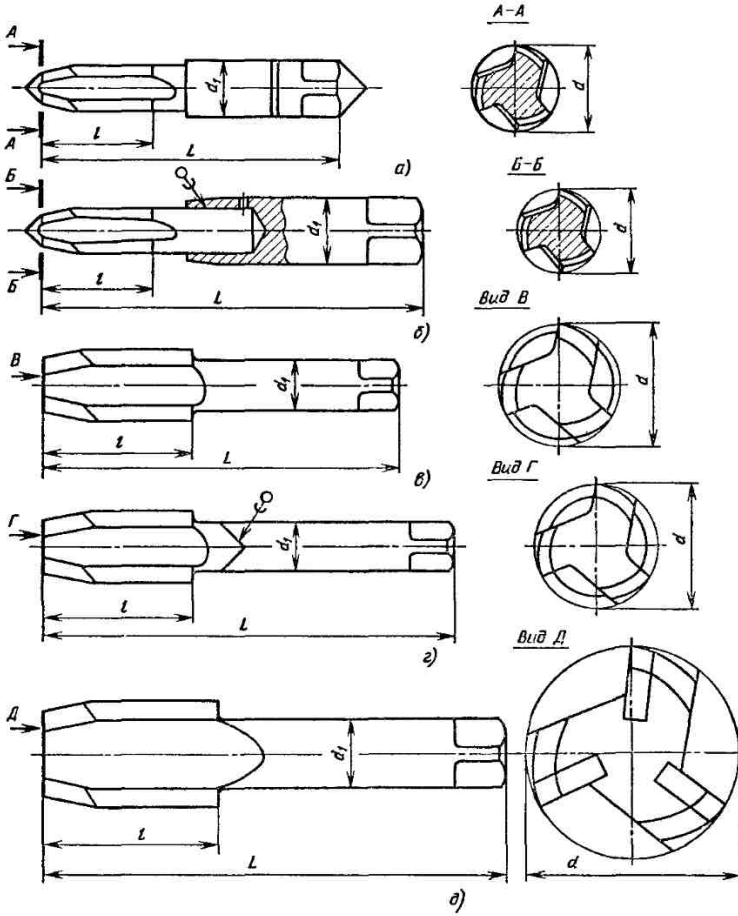
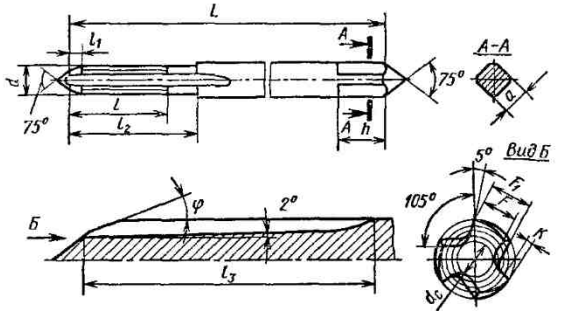



**Рис. 83. Типы твердосплавных метчиков:**
*а* – цельные для резьб диаметром от 2 до 5 мм; *б, г* – сборные; *в* – цельные для резьб диаметром от 6 до 12 мм; *д* – с припаянными твердосплавными пластинами для резьб диаметром свыше 12 мм; $d$ – диаметр рабочей части; $d_1$ – диаметр хвостовика; $L$ – общая длина метчика; $l$ – длина рабочей части

щейся протяжки. Рекомендуемый диапазон диаметров нарезаемых резьб 8–75 мм. Протягивание внутренней резьбы на токарном станке может осуществляться двумя методами: с вращающейся заготовкой или с вращающимся инструментом (рис. 84). При обработке по первому способу заготовку с про-

**70. Размеры (мм) машинно-ручных цельных твердосплавных метчиков**




| d | L | l | $l_2$ | $l_3$ | K | F | $F_1$ | $d_c$ | h | a |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,0 | 36 | 8 | 11 | 12 | 0,22 | 0,8 ± 0,04 | 1,02 | 1,0 | 5 | 2,0 |
| 2,2 | 36 | 8 | 11 | 12 | 0,24 | 0,9 ± 0,04 | 1,10 | 1,1 | 5 | 2,0 |
| 2,5 | 36 | 8 | 13 | 13 | 0,27 | 1,0 ± 0,05 | 1,20 | 1,25 | 5 | 2,0 |
| 3,0 | 40 | 10 | 13 | 16 | 0,32 | 1,2 ± 0,06 | 1,48 | 1,5 | 5 | 2,4 |
| 3,5 | 45 | 10 | 13 | 17 | 0,38 | 1,4 ± 0,07 | 1,68 | 1,75 | 6 | 3,0 |
| 4,0 | 45 | 12 | 15 | 20 | 0,43 | 1,6 ± 0,08 | 1,94 | 2,0 | 6 | 3,0 |
| 5,0 | 50 | 14 | 18 | 24 | 0,54 | 2,0 ± 0,10 | 2,39 | 2,5 | 7 | 3,8 |

тяжкой закрепляют в патроне токарного станка, а направляющую часть протяжки – в суппорте.

При обработке по второму способу обрабатываемую заготовку закрепляют на суппорте токарного станка, свободный

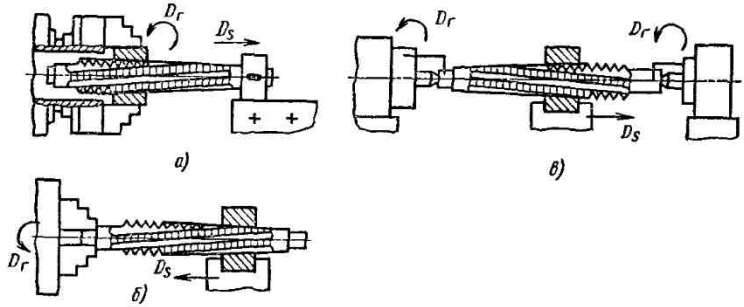
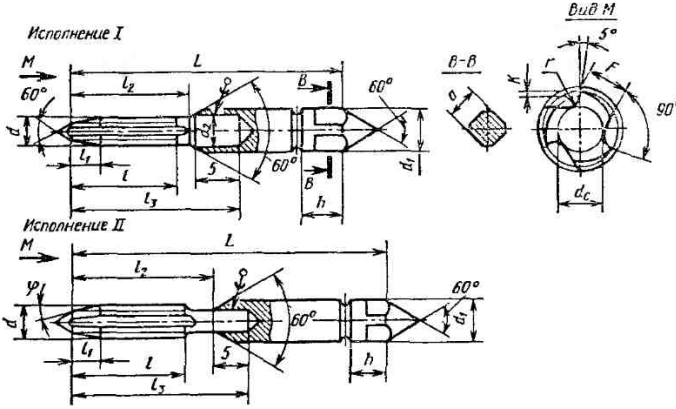



**Рис. 84. Схемы протягивания внутренних резьб:**
*а* – с вращением заготовки; *б* – с вращением протяжки; *в* – с двусторонним вращением протяжки

**71. Размеры (мм) машинно-ручных сборных твердосплавных метчиков**




| *d* | *L* | *l* | $l_2$ | $l_3$ | $d_1$ | *K* | *F* | $d_c$ | *r* | *h* | *a* | Исполнение |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M2 | 36 | 10 | 12 | 18 | 4 | 0,22 | 0,8 | 0,9 | 0,4 | 6 | 3,0 | *I* |
| M2,5 | 40 | 10 | 12 | 18 | 4 | 0,27 | 1,0 | 1,15 | 0,4 | 6 | 3,0 | |
| M3 | 40 | 12 | 14 | 20 | 5 | 0,32 | 1,2 | 1,4 | 0,6 | 7 | 3,8 | |
| M3,5 | 40 | 12 | 14 | 20 | 5 | 0,38 | 1,4 | 1,6 | 0,6 | 7 | 3,8 | |
| M4 | 50 | 14 | 20 | 26 | 5 | 0,43 | 1,6 | 1,8 | 0,8 | 7 | 3,8 | *II* |
| M5 | 70 | 16 | 21 | 28 | 6 | 0,54 | 2,0 | 2,3 | 1,0 | 8 | 4,9 | |
| M6 | 70 | 18 | 22 | 30 | 6 | 0,66 | 2,3 | 2,7 | 1,0 | 8 | 4,9 | |

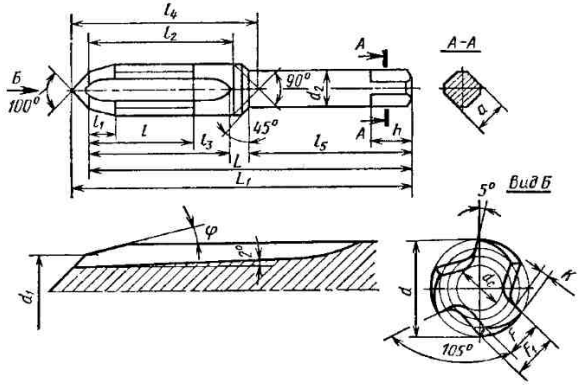
Примечание. Длина заборного конуса этих метчиков: для первого исполнения – 6 *P*; для второго – 3 *P* и угол наклона заборного конуса φ соответственно – 3 и 20°.

конец инструмента зажимают в патроне, а протяжку пропускают через отверстие заготовки.

При обработке длинных заготовок второй способ может быть модифицирован: заготовку закрепляют на суппорте, а режущий инструмент устанавливают в центрах, и на оба конца инструмента передают вращение от дополнительного устройства во избежание скручивания протяжки.

**Плашки** – осевой многолезвийный инструмент для образования и обработки наружной резьбы (ГОСТ 25751–83). Плашки получили широкое распространение при нарезании на-

## 72. Размеры (мм) машинно-ручных твердосплавных метчиков




| $d$ | $P$ | $L-1{,}0$ | $L_1$ | $l$ | $l_2=l_3\pm1{,}0$ | $l_4$ | $l_5$ | $d_1$ | $d_{2-0{,}03}$ | $d_c$ | $F$ | $F_1$ | $K$ | $a$ | $h$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,0 | 1,0 | 65 | 66,8 | 12 | 28 | 32,8 | — | 4,4 | 6,0 | 3,0 | 2,4 | 3,0 | 0,66 | 5 | 5 |
| 7,0 | 1,0 | | 67,3 | | | 33,8 | — | 5,4 | 7,0 | 3,5 | 2,8 | 3,5 | 0,77 | | |
| 8,0 | 1,25 | 70 | 72,5 | 20 | 30 | 36,5 | — | 6,0 | 8,0 | 4,0 | 3,2 | 4,0 | 0,88 | 7 | 6 |
| 9,0 | 1,25 | | 72,9 | | | 37,4 | — | 7,0 | 9,0 | 4,5 | 3,6 | 4,5 | 0,99 | | |
| 10,0 | 1,5 | | 78,1 | | | 40,1 | — | 7,6 | 10,0 | 5,0 | 4,0 | 5,0 | 1,09 | | |
| 11,0 | 1,5 | 75 | 78,6 | 22 | 32 | 41,1 | 40 | 8,6 | 10,0 | 5,5 | 4,4 | 5,5 | 1,21 | 8 | 7 |
| 12,0 | 1,5 | 80 | 83,8 | 25 | 35 | 44,8 | 42 | 9,2 | 10,0 | 6,0 | 4,8 | 6,0 | 1,32 | | |

Примечание. Радиус $R=(0{,}05\div0{,}15)d$; допуск на $F$ равен $\pm0{,}03$.

## 73. Величина спада затылка по ширине зуба

| Диаметр метчика, мм | Величина спада по диаметру, мм | |
|---|---|---|
| | среднему и внутреннему | наружному |
| 2–4 | 0,015 | 0,04 |
| 4,5–6 | 0,020 | 0,05 |
| 7–12 | 0,025 | 0,08 |

**74. Допустимый износ и величина стачивания за одну переточку**

| Инструмент | Обрабатываемый материал | Диаметр резьбы, мм | Допустимый износ, мм | Стачивание, мм, за одну переточку по поверхности | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | передней | задней |
| Метчики машинно-ручные | Сталь и чугун | 3–6 | 0,1–0,2 | 0,2–0,3 | 0,9–1,1 |
| | | 8–10 | 0,2–0,3 | 0,3–0,4 | 1,4–1,6 |
| | | 12–24 | 0,4–0,6 | 0,5–0,6 | 1,8–2,5 |
| | | 27–36 | 0,5–0,6 | 0,6–0,7 | 3,0–3,5 |
| | | 42–52 | 0,6–0,7 | 0,7–0,8 | 4,0–4,5 |

**75. Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы метчиками**

Размеры в мм

| Диаметры крепежных изделий | Шаг резьбы | Диаметр сверла | Шаг резьбы | Диаметр сверла | Шаг резьбы | Диаметр сверла | Шаг резьбы | Диаметр сверла | Шаг резьбы | Диаметр сверла | Шаг резьбы | Диаметр сверла |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,0 | 0,25 | 0,75 | 0,2 | 0,8 | | | | | | | | |
| 1,4 | 0,3 | 1,1 | 0,2 | 1,2 | | | | | | | | |
| 2,0 | 0,4 | 1,6 | 0,25 | 1,75 | | | | | | | | |
| 3,0 | 0,5 | 2,5 | 0,35 | 2,65 | | | | | | | | |
| 4,0 | 0,7 | 3,3 | 0,5 | 3,5 | | | | | | | | |
| 5,0 | 0,8 | 4,2 | 0,5 | 4,5 | | | | | | | | |
| 6,0 | 1,0 | 5,0 | 0,75 | 5,2 | 0,5 | 5,5 | | | | | | |
| 7,0 | 1,0 | 6,0 | 0,75 | 6,2 | 0,5 | 6,5 | | | | | | |
| 8,0 | 1,25 | 6,7 | 1,0 | 7,0 | 0,75 | 7,2 | 0,5 | 7,5 | | | | |
| 10 | 1,5 | 8,5 | 1,25 | 8,7 | 1 | 9 | 0,75 | 9,2 | 0,5 | 9,5 | | |
| 12 | 1,75 | 10,2 | 1,5 | 10,5 | 1,25 | 10,7 | 1 | 11 | 0,75 | 11,2 | 0,5 | 11,5 |
| 14 | 2 | 12 | 1,5 | 12,5 | 1,25 | 12,7 | 1 | 13 | 0,75 | 13,2 | 0,5 | 13,5 |
| 16 | 2 | 14 | 1,5 | 14,5 | 1 | 15 | 0,75 | 15,25 | 0,5 | 15,5 | 0,5 | 15,5 |
| 18 | 2,5 | 15,4 | 2 | 16 | 1,5 | 16,5 | 1 | 17 | 0,75 | 17,25 | 0,5 | 17,5 |
| 20 | 2,5 | 17,4 | 2 | 18 | 1,5 | 18,5 | 1 | 19 | 0,75 | 19,25 | 0,5 | 19,5 |
| 22 | 2,5 | 19,4 | 2 | 20 | 1,5 | 20,5 | 1 | 21 | 0,75 | 21,25 | 0,5 | 21,5 |
| 24 | 3 | 20,9 | 2 | 22 | 1,5 | 22,5 | 1 | 23 | 0,75 | 23,25 | 0,75 | 23,25 |
| 27 | 3 | 23,9 | 2 | 25 | 1,5 | 25,5 | 1 | 26 | 0,75 | 26,25 | 0,75 | 26,25 |
| 30 | 3,5 | 26,4 | 3 | 26,9 | 2 | 28 | 1,5 | 28,5 | 1 | 29 | 0,75 | 29,25 |
| 33 | 3,5 | 29,4 | 3 | 29,9 | 2 | 31 | 1,5 | 31,5 | 1 | 32 | 0,75 | 32,2 |
| 36 | 4 | 31,9 | 3 | 32,9 | 2 | 34 | 1,5 | 34,5 | 1 | 35 | 0,75 | 35,2 |
| 42 | 4,5 | 37,4 | 4 | 37,9 | 3 | 38,9 | 2 | 40 | 1,5 | 40,5 | 1 | 41 |
| 48 | 5 | 42,8 | 4 | 43,9 | 3 | 44,9 | 2 | 46 | 1,5 | 46,5 | 1 | 47 |
| 52 | 5 | 45,8 | 4 | 47,9 | 3 | 48,9 | 2 | 50 | 1,5 | 50,5 | 1 | 51 |

Примечания: 1. Допуск на отверстие $H12-H13$.

2. Для хрупких материалов размер сверла принимается на 0,1 мм меньше табличного значения.

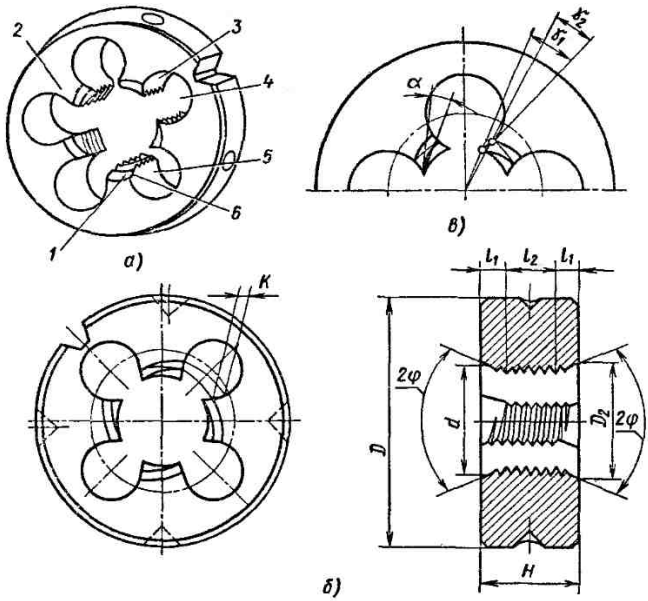



**Рис. 85. Конструктивные элементы *(а)*, основные части *(б)* и формы стружечных отверстий *(в)* круглой плашки:**
*1* – задняя поверхность; *2* – перо (зуб) плашки; *3* – спинка зуба; *4* – стружечное отверстие; *5* – передняя поверхность; *6* – режущая кромка

ружных резьб в единичном и мелкосерийном производстве.

Важнейшими конструктивными элементами круглых плашек (рис. 85) являются: режущая и калибрующая части, корпус с крепежной частью и стружечными отверстиями. Плашки изготовляют из сталей 9ХС, ХВСГ или быстрорежущих. Твердость плашек, измеренная у режущих кромок, должна быть $HRC_э$ 59–63 для плашек из сталей 9ХС и ХВСГ и $HRC_э$ 62–64 – из быстрорежущих сталей.

Диаметры обтачивания стержней под нарезание метрических резьб плашками представлены в табл. 76.

Допустимый износ плашек и величина стачивания за одну переточку в зависимости от обрабатываемого материала даны в табл. 77.

Режущая часть плашек осуществляет съем металла резьбы, отделяет и формирует стружку, определяет нагрузку на плашку и ее распределение, участвует в перемещении плашки при рабо-

**76. Диаметры обтачивания стержней под нарезание метрической резьбы плашками**

| Диаметр резьбы, мм | Диаметр стержня | Допуск | Диаметр стержня | Допуск |
|---|---|---|---|---|
| | мм | | | |
| | Резьба с крупным шагом | | Резьба с мелким шагом | |
| 1 | 0,94 | −0,06 | 0,97 | −0,06 |
| 2 | 1,94 | −0,06 | 1,97 | −0,06 |
| 3 | 2,94 | | 2,97 | |
| 4 | 3,92 | −0,08 | 3,96 | −0,08 |
| 5 | 4,92 | | 4,96 | |
| 6 | 5,92 | | 5,96 | |
| 8 | 7,9 | | 7,95 | |
| 9 | 8,9 | −0,1 | 8,95 | −0,1 |
| 10 | 9,8 | | 9,95 | |
| 11 | 10,88 | | 10,94 | |
| 12 | 11,88 | | 11,94 | |
| 14 | 13,88 | −0,12 | 13,94 | −0,12 |
| 16 | 15,88 | | 15,94 | |
| 18 | 17,88 | | 17,94 | |
| 20 | 19,86 | | 19,93 | |
| 22 | 21,86 | | 21,93 | |
| 24 | 23,86 | −0,14 | 23,93 | −0,14 |
| 27 | 26,86 | | 26,93 | |
| 30 | 29,86 | | 29,93 | |
| 33 | 32,83 | | 32,92 | |
| 36 | 35,83 | | 35,92 | |
| 42 | 41,83 | −0,33 | 41,92 | −0,17 |
| 45 | 44,83 | | 44,92 | |
| 48 | 47,83 | | 47,92 | |
| 52 | 51,8 | −0,40 | 51,9 | −0,20 |

те самозатягиванием. Обычно плашки имеют две режущие части, расположенные с каждого ее торца, что обеспечивает увеличение срока службы инструмента за счет его переворота после затупления одной стороны. Выпускаются также централизованные плашки одностороннего резания.

Режущая часть характеризуется углом в плане $\varphi$, длиной $l_1$, формой передней и задней поверхностей, передним $\gamma$ и задним

**77. Допустимый износ и величина стачивания за одну переточку**

| Обрабатываемый материал | Диаметр резьбы | Допустимый износ | Стачивание за одну переточку по передней поверхности |
|---|---|---|---|
| | мм | | |
| Сталь и чугун | 3–6<br>8–24<br>27–36<br>42–52 | 0,1–0,2<br>0,2–0,3<br>0,3–0,4<br>0,5–0,6 | 0,2–0,3<br>0,3–0,4<br>0,4–0,6<br>0,6–0,8 |

α углами, углом наклона режущей кромки λ, размерами и формой резьбовых участков, числом и взаимным расположением режущих кромок (перьев).

Диаметр заготовки под нарезание резьбы плашками зависит от способа изготовления резьбы и обрабатываемого материала. При нарезании резьбы метчиками и плашками материал заготовок несколько выдавливается, поэтому размер заготовки выбирается меньшим, чем при нарезании резьбы резцом. Ориентировочно диаметр отверстия под резьбу должен быть равен 75% теоретического профиля резьбы.

*Глава 3*

# РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ОСНОВНЫХ ГРУПП ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представленные в главе обрабатываемые материалы разделены на группы по прочности (табл. 1). Стали и сплавы, относящиеся к одной группе, имеют сходную обрабатываемость, примерно одинаковые химический состав и механические свойства. Это позволяет обоснованно выбрать из таблиц режимы резания для каждой группы обрабатываемых материалов, марку инструментального материала с учетом конкретных условий выполнения операции.

Рекомендуемые подачи при точении в зависимости от сечения применяемой державки и диаметра обрабатываемой поверхности приведены в табл. 2, а поправочные коэффициенты, учитывающие вылет и высоту державки резца при растачивании, – в табл. 3.

Выбор подачи в зависимости от заданных параметров шероховатости обрабатываемой поверхности, радиуса при вершине резца и диапазоне применяемых скоростей резания для всех групп обрабатываемых материалов осуществляется по табл. 4.

Необходимое для обработки сочетание технологических параметров выбирается в соответствующих таблицах. В зависимости от конкретных условий обработки выбранное табличное значение скорости резания ($v$) при точении (табл. 5, 6, 7, 8) необходимо умножить на поправочные коэффициенты, характеризующие: $K_{v_1}$ – группу обрабатываемого материала (табл. 9); $K_{v_2}$ – состояние обрабатываемой поверхности (табл. 10); $K_{v_3}$ – угол в плане (табл. 11); $K_{v_4}$ – стойкость режущего инструмента (табл. 12); $K_{v_5}$ – диаметр растачиваемого отверстия (табл. 13); $K_{v_6}$ – отношение меньшего диаметра $d$ к большему диаметру $D$ при поперечном точении, отрезке и точении кольцевых канавок (табл. 14).

Режимы резания при сверлении представлены в табл. 15, а поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от группы обрабатываемого материала $K_{v_1}$ и от марки материала режущей части сверла $K_{v_2}$ – соответственно в табл. 16 и 17.

**1. Классификация обрабатываемых материалов по прочности**

| Группа обрабатываемого материала | Материал | $\sigma_в$, МПа |
|---|---|---|
| I | Теплостойкие хромистые, хромоникелевые и хромомолибденовые стали перлитного и мартенситного классов: | |
| | 34ХН3М | 600 |
| | 34ХН3МФ, 20Х3МВФ | ⩾ 900 |
| | Х6СМ | ⩾ 650 |
| II | Коррозионно-стойкие, хромистые и сложнолегированные стали ферритного, мартенситного и мартенситно-ферритного классов: | |
| | 12Х13 | ⩾ 600 |
| | 25Х13Н2 | 700 – 1000 |
| | 13Х11Н2В2МФ | 900 |
| | 20Х13 | ⩾ 700 |
| | 30Х13 | ⩾ 850 |
| | 40Х13 | ⩾ 950 |
| | 14Х17Н2 | 1100 |
| | 09Х16Н4Б | > 1300 |
| | 07Х16Н6 | ⩾ 1100 |
| | 23Х13НВМФЛ | > 1550 |
| | ЭП311 | 1750 |
| III | Коррозионно-стойкие, жаростойкие хромоникелевые стали аустенитного и переходного аустенитно-мартенситного классов, кислотостойкие: | |
| | 12Х18Н10Т | > 550 |
| | 20Х23Н18, Х15Н5Д2Т | 1000 |
| | 12Х21Н5Т | > 700 |
| | Х15Н9Ю | 850 – 1100 |
| | Х17Н5М3 | 1000 |
| IV | Жаропрочные, жаростойкие, кислотостойкие, хромоникелевые, хромоникелемарганцовистые сложнолегированные стали аустенитного класса: | |
| | 45Х14Н14В2М, 08Х15Н24В4ТР | > 700 |
| | 07Х21Г7АН5 | 1000 |
| | 12Х25Н16Г7АР | > 800 |
| | 37Х12Н8Г8МФБ, 10Х11Н20Т3Р6, 10Х11Н23Т3МР | > 900 |
| | 10Х18Н12С4ТЮ | 700 – 750 |

*Продолжение табл. 1*

| Группа обрабатываемого материала | Материал | $\sigma_в$, МПа |
|---|---|---|
| V | Жаропрочные деформируемые сплавы на железоникелевой и никелевой основе: | |
| | 36НХТЮ | 1200 |
| | ХН60В | 800 |
| | ХН77ТЮ, ХН77ТЮР | 1000 |
| | ХН35ВТЮ | > 950 |
| | ЭП99 | 1150–1130 |
| | ХН56ВМТЮ | 900 |
| | ХН67МВТЮ, ХН75МВЮ | > 1000 |
| | ХН72МВКЮ | 1250 |
| | ХН60МВТЮ | 1150 |
| | ХН82ТЮМБ | 1350 |
| VI | Окалиностойкие и жаропрочные литейные сплавы на никелевой основе: | |
| | ВЖ36-Л2 | 800 |
| | АНВ-300 | 850 |
| | ЖС6К, ЖС3ДК | 1000 |
| | ХН67ВМТЮЛ | 750 |
| VII | Сплавы на титановой основе: | |
| | ВТ1, ВТ1-1, ВТ1-2 | 450–700 |
| | ВТ3, ВТ3-1 | 950–1200 |
| | ОТ4-1 | 600–750 |
| | ОТ4 | 700–900 |
| | ВТ5, ВТ5-1 | 700–950 |
| | ВТ6, ВТ6С | 900–1000 |
| | ВТ8, ВТ9, ВТ14, ВТ15 | 1000–1300 |
| | ВТ20, ВТ22 | 1300–1500 |
| VIII | Высокопрочные стали: | |
| | 30ХГСА | 1100–1300 |
| | 30ХГСНА | 1400–1600 |
| | 28Х3СНМВФА, 30Х2ГСН2ВМ | ⩾ 1600 |
| | 33Х3СНМВФА, 38Х3СНМВФА | 1700 |
| | 42Х2ГСНМ | 1900 |
| | 38Х5МСФА | 1950 |
| | 43ХСНМВФА | 2100 |
| | ВКС210 | 2100–2200 |
| IX | Алюминиевые сплавы деформируемые: | |
| | АМц | 100 |
| | $АМ_г2$, $АМ_г3$ | 180 |

*Продолжение табл. 1*

| Группа обрабатываемого материала | Материал | $\sigma_в$, МПа |
|---|---|---|
| IX | $АМ_г5$ | 250–270 |
| | $АМ_г6$ | 290–320 |
| | Д16 | 400–430 |
| | В95 | 500–540 |
| | Д1 | 380 |
| | АК4, АК6 | 360 |
| | АК8 | 440–460 |
| | АК4-1 | 370–400 |
| | литейные: | |
| | АЛ2 | 140–160 |
| | АЛ4 | 150–240 |
| | АЛ7 | 200–230 |
| | АЛ9 | 140–230 |
| | АК7 (АЛ9В) | 130–220 |
| | АЛ13 | 150–170 |
| | АЛ27 | 320 |
| X | Медь и медные сплавы: | |
| | М2, М3, Л63, ЛС59-1, ЛЦ16К4 | 290–340 |
| | БрА9Ж3Л | 390–400 |
| | БрА10Ж4Н4Л | 587 |
| XI | Сталь: | |
| | углеродистая качественная конструкционная: | |
| | Ст3, 08кп, У8А, 10, У10А, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60 | 600; 700; 800; 900; 1000; 1100; 1200 |
| | нелегированная (отливки) конструкционная: | |
| | 30Л, 35Л, 45Л | 600; 700; 800 |
| | легированная конструкционная: | |
| | 20Х, 20ХН, 40Х, 40ХН, 9ХС, 38ХС, 30ХРА, ХВГ, 12ХН3А, 18Х2Н4ВА, 38ХМЮА | 600; 700; 800; 900; 1100; 1200; 1400; 1600 |
| | шарико- и роликоподшипниковая | |
| | ШХ15 | 700–1600 |

*Продолжение табл. 1*

| Группа обрабатываемого материала | Материал | $\sigma_в$, МПа |
|---|---|---|
| XII | Чугуны:<br>СЧ 15<br>СЧ 18<br>СЧ 21 | <br>163–229*<br>170–229*<br>170–241* |

* Приведены значения *НВ*.

**2. Подача (мм/об) при точении на токарных и карусельных станках**

| Группа обрабатываемого материала | Сечение державки резца, мм | Диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Глубина резания $t$, мм, до | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2 | 5 | 10 | > 10 |
| I, II, III с $\sigma_в < 900$ МПа | 20 × 16,<br>25 × 20 | 20 | 0,20–0,30 | – | – | – |
| | | 50 | 0,30–0,40 | 0,20–0,30 | – | – |
| | | 100 | 0,40–0,50 | 0,30–0,40 | 0,20–0,30 | – |
| | | 200 | 0,50–0,60 | 0,40–0,50 | 0,30–0,40 | – |
| | 32 × 25 | 100 | 0,50–0,60 | 0,40–0,50 | 0,30–0,40 | – |
| | | 200 | 0,55–0,65 | 0,50–0,60 | 0,40–0,50 | – |
| | | 500 | 0,65–0,75 | 0,60–0,70 | 0,50–0,60 | 0,50–0,60 |
| | 40 × 40,<br>50 × 40 | 100 | 0,60–0,80 | 0,50–0,60 | 0,40–0,50 | – |
| | | 200 | 1,00–1,20 | 0,80–1,00 | 0,60–0,80 | 0,50–0,60 |
| | | 500 | 1,20–1,50 | 1,00–1,20 | 0,80–1,00 | 0,60–0,80 |
| | 60 × 40 | > 500 | – | 1,50–2,00 | 1,50–1,80 | 1,20–1,50 |
| V, VI, IV и II с $\sigma_в$ = = 900 ÷ 1300 МПа | 20 × 16,<br>25 × 20 | 20 | 0,15–0,25 | – | – | – |
| | | 50 | 0,20–0,30 | 0,15–0,25 | – | – |
| | | 100 | 0,30–0,40 | 0,20–0,30 | – | – |
| | | 200 | 0,35–0,45 | 0,30–0,40 | – | – |
| | 32 × 25 | 100 | 0,30–0,40 | 0,20–0,30 | – | – |
| | | 200 | 0,40–0,50 | 0,30–0,40 | – | – |
| | | 500 | 0,50–0,60 | 0,40–0,50 | – | – |

*Продолжение табл. 2*

| Группа обрабатываемого материала | Сечение державки резца, мм | Диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Глубина резания $t$, мм, до | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2 | 5 | 10 | > 10 |
| V, VI, IV и II с $\sigma_в$ = = 900 ÷ ÷ 1300 МПа | 40 × 40, 50 × 40 | 100 | 0,40 – 0,50 | 0,30 – 0,40 | – | – |
| | | 200 | 0,50 – 0,60 | 0,40 – 0,50 | 0,30 – 0,40 | – |
| | | 500 | 0,60 – 0,70 | 0,50 – 0,60 | 0,40 – 0,50 | – |
| | 60 × 40 | > 500 | 0,60 – 0,80 | 0,50 – 0,60 | 0,40 – 0,50 | – |
| VII | 20 × 16, 25 × 20 | 20 | 0,20 – 0,30 | – | – | – |
| | | 50 | 0,30 – 0,40 | 0,20 – 0,30 | – | – |
| | | 100 | 0,40 – 0,50 | 0,30 – 0,40 | 0,20 – 0,30 | – |
| | | 200 | 0,50 – 0,60 | 0,40 – 0,50 | 0,30 – 0,40 | – |
| | 32 × 25 | 100 | 0,50 – 0,60 | 0,40 – 0,50 | 0,40 – 0,50 | – |
| | | 200 | 0,60 – 0,70 | 0,50 – 0,60 | 0,50 – 0,60 | – |
| | | 500 | 0,70 – 0,80 | 0,60 – 0,70 | 0,50 – 0,60 | 0,50 – 0,60 |
| | 40 × 40, 50 × 40 | 100 | 0,60 – 0,80 | 0,50 – 0,60 | 0,40 – 0,50 | – |
| | | 200 | 0,80 – 1,00 | 0,60 – 0,80 | 0,50 – 0,70 | 0,50 – 0,60 |
| | | 500 | 1,00 – 1,20 | 0,80 – 1,0 | 0,60 – 0,80 | 0,60 – 0,80 |
| | 60 × 40 | > 500 | – | 1,00 – 1,20 | 0,80 – 1,00 | 0,60 – 0,80 |
| IX | 20 × 16, 25 × 20 | 20 | 0,30 – 0,40 | – | – | – |
| | | 50 | 0,50 – 0,70 | 0,30 – 0,40 | – | – |
| | | 100 | 0,60 – 0,80 | 0,40 – 0,50 | 0,30 – 0,50 | – |
| | | 200 | 1,00 – 1,20 | 0,60 – 0,80 | 0,40 – 0,50 | 0,40 – 0,50 |
| | 32 × 25 | 100 | 1,00 – 1,20 | 0,80 – 1,00 | 0,60 – 0,80 | 0,50 – 0,60 |
| | | 200 | 1,00 – 1,20 | 0,80 – 1,00 | 0,60 – 0,80 | 0,60 – 0,80 |
| | | 500 | 1,20 – 1,50 | 1,00 – 1,20 | 0,60 – 0,80 | 0,60 – 0,80 |
| X | 20 × 16, 25 × 20 | 20 | 0,30 – 0,40 | – | – | – |
| | | 50 | 0,60 – 0,70 | 0,50 – 0,60 | 0,40 – 0,50 | – |
| | | 100 | 0,80 – 1,00 | 0,60 – 0,80 | 0,50 – 0,60 | 0,40 – 0,50 |
| | | 200 | 1,00 – 1,20 | 0,80 – 1,00 | 0,60 – 0,80 | 0,50 – 0,60 |
| | 32 × 25 | 100 | 1,00 – 1,20 | 0,80 – 1,00 | 0,60 – 0,80 | 0,50 – 0,60 |
| | | 200 | 1,20 – 1,40 | 1,00 – 1,20 | 0,60 – 0,80 | 0,60 – 0,80 |
| | | 500 | 1,30 – 1,50 | 1,20 – 1,40 | 1,00 – 1,20 | 0,60 – 0,80 |

*Продолжение табл. 2*

| Группа обрабатываемого материала | Сечение державки резца, мм | Диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Глубина резания $t$, мм, до | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2 | 5 | 10 | > 10 |
| XI | 20×16, 25×20 | 20 | 0,20–0,30 | — | — | — |
| | | 50 | 0,30–0,40 | 0,20–0,30 | — | — |
| | | 100 | 0,40–0,50 | 0,30–0,40 | 0,20–0,30 | — |
| | | 200 | 0,50–0,60 | 0,40–0,50 | 0,30–0,40 | — |
| | 32×25 | 100 | 0,50–0,60 | 0,40–0,50 | 0,30–0,40 | — |
| | | 200 | 0,55–0 65 | 0,50–0,60 | 0,40–0,50 | — |
| | | 500 | 0,65–0,75 | 0,60–0,80 | 0,50–0,70 | |
| XII | 20×16, 25×20 | 20 | 0,40–0,50 | — | — | — |
| | | 50 | 0,60–0,80 | 0,50–0,80 | — | — |
| | | 100 | 0,80–1,20 | 0,70–1,00 | 0,50–0,70 | — |
| | | 200 | 1,00–1,40 | 1,00–1,20 | 0,60–0,80 | — |
| | 32×25 | 100 | 0,60–0,90 | 0,50–0,80 | — | — |
| | | 200 | 0,90–1,30 | 0,80–1,20 | 0,50–0,80 | — |
| | | 500 | 1,20–1,80 | 1,20–1,60 | 0,90–1,10 | 0,70–0,90 |

Примечание. При растачивании значение подач следует умножить на коэффициент 0,8.

**3. Поправочный коэффициент на подачу в зависимости от отношения длины вылета $l$ к высоте державки резца $h$ при растачивании**

| $l/h$ | $K$ | $l/h$ | $K$ | $l/h$ | $K$ | $l/h$ | $K$ | $l/h$ | $K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,7 | 1,5 | 0,6 | 2 | 0,4 | 2,5 | 0,3 | 3 | 0,24 |

**4. Подачи (мм/об) при точении и растачивании для различных групп материалов в зависимости от параметров шероховатости**

| Параметр шероховатости, мкм | | Радиус при вершине резца, мм | Группа обрабатываемого материала | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | I–VIII | | | | | IX | | X | | XI | | XII |
| | | | Скорость резания, м/мин | | | | | | | | | | | |
| *Ra* | *Rz* | | 3 | 5 | 10 | 15 | >20 | <100 | >100 | <60 | >60 | <40 | >40 | Весь диапазон |
| – | 40–20 | До 0,5 | 0,16 | | | | | 0,15 | 0,20 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,40 |
| – | 20–10 | | – | | | 0,08 | | – | 0,12 | – | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,25 |
| 2,5–1,25 | – | | – | | | | 0,04 | – | 0,08 | – | 0,08 | 0,05 | 0,10 | 0,15 |
| | 20–10 | | 0,16 | | 0,20 | | | 0,12 | 0,20 | 0,18 | 0,22 | 0,15 | 0,22 | 0,25 |
| 2,5–1,25 | – | Св. 0,5 до 1,0 | – | 0,1 | | 0,12 | | – | 0,12 | | 0,12 | 0,10 | 0,15 | 0,15 |
| 1,25–0,63 | – | | – | | | 0,10 | | – | 0,10 | | 0,10 | – | 0,10 | – |
| 2,5–1,25 | – | Св. 1,0 до 2,0 | 0,14 | 0,28 | | | | 0,15 | 0,18 | 0,15 | 0,20 | 0,16 | 0,22 | 0,20 |
| 1,25–0,63 | – | | – | | | 0,12 | | – | 0,12 | | 0,12 | – | 0,12 | – |
| 2,5–1,25 | – | Св. 2,0 до 2,5 | 0,28 | | | | | 0,20 | 0,30 | 0,25 | 0,30 | 0,16 | 0,28 | 0,35 |
| 1,25–0,63 | – | | 0,20 | | | 0,25 | | | 0,15 | 0,20 | 0,18 | 0,10 | 0,25 | – |

## 5. Режимы резания при черновом точении

| Группа обрабатываемого материала | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | Марка инструментального материала |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $t = 12$ мм | | | $t = 16$ мм | | | $t = 24$ мм | | | $t = 30$ мм | | | |
| I | 0,6 | 54 | 14700 | 13,0 | 52 | 16400 | 16,5 | 49 | 28800 | 23,1 | 47 | 35850 | 27,5 | T5K10 |
| | 0,8 | 47 | 18600 | 14,3 | 45 | 24600 | 18,0 | 43 | 36450 | 25,6 | 41 | 45350 | 30,5 | |
| | 1,0 | 43 | 22300 | 15,6 | 41 | 29500 | 20,0 | 39 | 43700 | 28,0 | 37 | 54500 | 33,0 | |
| II | 0,6 | 49 | 15100 | 12,1 | 46 | 20000 | 15,1 | 44 | 29700 | 21,3 | 42 | 36900 | 25,3 | |
| | 0,8 | 43 | 19100 | 13,4 | 41 | 25300 | 17,0 | 38 | 37600 | 23,4 | 37 | 46700 | 28,2 | BK8 |
| | 1,0 | 39 | 29950 | 14,6 | 37 | 30400 | 18,8 | 35 | 45000 | 25,8 | 34 | 55900 | 31,1 | |
| III | 0,8 | 25 | 18100 | 7,7 | 24 | 24850 | 9,8 | 22 | 37050 | 13,3 | 21 | 46100 | 15,8 | |
| | 1,0 | 22 | 22000 | 8,1 | 21 | 30000 | 10,3 | 20 | 44400 | 12,9 | 19 | 55350 | 17,2 | BK8B |
| | 1,2 | 21 | 26200 | 9,0 | 20 | 34650 | 11,3 | 19 | 51350 | 15,9 | 18 | 63950 | 18,8 | |
| | 1,5 | 19 | 31400 | 9,8 | 18 | 41600 | 12,2 | 17 | 61700 | 17,1 | 16 | 76950 | 20,1 | |
| | | $t = 8$ мм | | | $t = 12$ мм | | | $t = 16$ мм | | | | | | |
| IV | 0,4 | 29 | 9360 | 4,51 | 27 | 14150 | 6,24 | 26 | 18690 | 7,94 | — | — | — | BK8 |
| | 0,5 | 26 | 11200 | 4,86 | 24 | 17020 | 6,67 | 23 | 22510 | 8,45 | — | — | — | |
| | 0,6 | 24 | 13270 | 5,20 | 22 | 19760 | 7,13 | 22 | 25980 | 9,33 | — | — | — | |
| | 0,8 | 21 | 16810 | 5,76 | 20 | 24880 | 8,13 | 19 | 32960 | 10,23 | — | — | — | |

*Продолжение табл. 5*

| Группа обрабатываемого материала | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | Марка инструментального материала |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $t = 5$ мм | | | $t = 8$ мм | | | $t = 10$ мм | | | | | | |
| V | 0,4 | 16 | 7300 | 1,90 | 15 | 10990 | 2,47 | 14 | 13430 | 3,07 | — | — | — | |
| | 0,6 | 14 | 10090 | 2,31 | 13 | 15220 | 3,23 | 12 | 18620 | 3,65 | — | — | — | |
| | 0,8 | 12 | 12810 | 2,51 | 11 | 19360 | 3,48 | 10 | 23410 | 4,20 | — | — | — | |
| | | $t = 8$ мм | | | $t = 10$ мм | | | $t = 12$ мм | | | $t = 16$ мм | | | |
| VII | 0,6 | 31 | 6290 | 3,2 | 29 | 7730 | 3,7 | 28 | 9150 | 4,2 | 27 | 11900 | 5,3 | ВК8 |
| | 0,8 | 27 | 7910 | 3,5 | 26 | 9700 | 4,1 | 25 | 11480 | 4,7 | 24 | 14930 | 5,9 | |
| | 1,0 | 25 | 9420 | 3,8 | 24 | 11560 | 4,5 | 23 | 13680 | 5,1 | 22 | 17800 | 6,4 | |
| IX | 0,6 | 330 | 1190 | 6,4 | 320 | 1460 | 7,6 | 310 | 1720 | 8,7 | — | — | — | |
| | 0,8 | 305 | 1420 | 7,0 | 300 | 1730 | 8,5 | 290 | 2040 | 9,6 | — | — | — | |
| | 1,0 | 290 | 1620 | 7,6 | 280 | 1980 | 9,0 | 270 | 2400 | 10,5 | — | — | — | |
| | 1,2 | 280 | 1810 | 8,3 | 270 | 2210 | 9,7 | 260 | 2600 | 11,0 | — | — | — | |
| | 1,5 | 260 | 2070 | 8,7 | 260 | 2520 | 10,8 | 240 | 2800 | 11,0 | — | — | — | |
| | | $t = 5$ мм | | | $t = 8$ мм | | | $t = 10$ мм | | | $t = 12$ мм | | | |
| X | 0,5 | 260 | 1150 | 4,8 | 240 | 1800 | 7,0 | 235 | 2190 | 8,4 | 230 | 2550 | 9,6 | |
| | 0,6 | 250 | 1300 | 5,3 | 230 | 2000 | 7,5 | 220 | 2450 | 8,8 | 220 | 2800 | 10,0 | |
| | 0,8 | 235 | 1550 | 5,9 | 220 | 2350 | 8,4 | 210 | 2900 | 9,9 | 200 | 3450 | 11,0 | |
| | 1,0 | 220 | 1900 | 6,8 | 210 | 2700 | 9,2 | 200 | 3300 | 10,7 | 195 | 3900 | 12,0 | |
| | 1,2 | 210 | 2100 | 7,2 | 200 | 3000 | 9,8 | 195 | 3700 | 11,8 | 190 | 4300 | 13,0 | |
| | 1,5 | 200 | 2280 | 7,4 | 190 | 3450 | 10,7 | 185 | 4200 | 12,7 | 185 | 5000 | 15,0 | |

*Продолжение табл. 5*

| Группа обрабатываемого материала | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | Марка инструментального материала |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| XI | 0,5 | 105 | 5200 | 8,8 | 95 | 6630 | 10,2 | 90 | 10 950 | 16,0 | – | – | – | T5K10 |
| | 0,6 | 95 | 6020 | 9,3 | 85 | 8290 | 11,5 | 82 | 12 550 | 16,7 | – | – | – | |
| | 0,7 | 85 | 6980 | 9,7 | 80 | 10 210 | 13,3 | 75 | 14 050 | 17,0 | – | – | – | |
| | 0,8 | 80 | 8100 | 10,6 | 75 | 11 820 | 14,4 | 70 | 15 650 | 17,8 | – | – | – | |
| XII | | $t$ = 5 мм | | | $t$ = 8 мм | | | $t$ = 10 мм | | | $t$ = 12 мм | | | BK8 |
| | 0,6 | 85 | 2540 | 3,5 | 77 | 3880 | 4,8 | 75 | 4740 | 5,8 | 72 | 5590 | 6,6 | |
| | 0,8 | 80 | 3190 | 4,1 | 73 | 4890 | 5,8 | 71 | 5970 | 6,9 | 68 | 7050 | 7,8 | |
| | 1,0 | 76 | 3830 | 4,7 | 70 | 5850 | 6,7 | 67 | 7140 | 7,8 | 65 | 8410 | 8,9 | |
| | 1,2 | 74 | 4430 | 5,3 | 68 | 6760 | 7,5 | 65 | 8260 | 8,6 | 63 | 9730 | 10,0 | |
| | 1,5 | 70 | 5290 | 8,0 | 64 | 8110 | 8,5 | 62 | 9880 | 9,9 | 60 | 11 640 | 11,4 | |

Примечание. Обозначения во всех таблицах по режимам резания следующие: $S$ – подача; $v$ – скорость резания; $P_z$ – радиальная составляющая силы резания; $t$ – глубина резания; $N_э$ – эффективная мощность.

**6. Режимы резания при получистовом точении**

| Группа обрабатываемого материала | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | Марка инструментального материала |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $t = 5$ мм | | | $t = 8$ мм | | | $t = 10$ мм | | | $t = 12$ мм | | | |
| I | 0,3 | 139 | 3300 | 7,5 | 129 | 5520 | 11,0 | 125 | 6480 | 13,2 | 121 | 7740 | 15,3 | Т15К6 |
| | 0,5 | 110 | 5020 | 9,0 | 103 | 7910 | 13,2 | 99 | 9840 | 15,7 | 97 | 11740 | 18,5 | |
| | 0,8 | 89 | 7360 | 10,6 | 83 | 11600 | 15,7 | 80 | 14450 | 18,8 | 78 | 17260 | 22,0 | |
| II | 0,3 | 76 | 3650 | 4,5 | 70 | 5800 | 6,6 | 68 | 7200 | 8,0 | 66 | 8600 | 9,3 | ВК8 |
| | 0,5 | 60 | 5550 | 5,5 | 56 | 8880 | 8,0 | 54 | 10900 | 9,6 | — | — | — | |
| | 0,8 | 49 | 8150 | 6,5 | 45 | 1290 | 9,0 | 44 | 16000 | 11,5 | — | — | — | |
| III | 0,3 | 58 | 3460 | 3,30 | 54 | 5460 | 4,80 | 53 | 6780 | 5,80 | 51 | 8100 | 6,75 | |
| | 0,4 | 51 | 4380 | 3,60 | 48 | 6900 | 5,40 | 46 | 8580 | 6,45 | 45 | 10240 | 7,50 | |
| | 0,5 | 46 | 5100 | 3,95 | 43 | 8280 | 5,80 | 42 | 10280 | 7,05 | 41 | 12270 | 8,20 | |
| | 0,8 | 37 | 7720 | 4,65 | 35 | 12160 | 6,95 | 34 | 15100 | 8,40 | 33 | 18100 | 9,70 | |
| | 1,0 | 34 | 9250 | 5,15 | 32 | 14570 | 7,60 | 30 | 18150 | 9,05 | 30 | 22000 | 10,60 | |
| III с $\sigma_в = 8500 \div 1100$ МПа | 0,3 | 65 | 4350 | 4,62 | 61 | 6860 | 6,84 | 59 | 8530 | 8,22 | 57 | 10190 | 9,50 | |
| | 0,5 | 52 | 6600 | 5,61 | 49 | 10400 | 8,32 | 47 | 12940 | 9,93 | 46 | 15440 | 11,61 | |
| | 0,8 | 42 | 9690 | 6,65 | 39 | 15310 | 9,76 | 38 | 19000 | 11,8 | 37 | 22690 | 13,71 | |
| | | $t = 3$ мм | | | $t = 5$ мм | | | $t = 8$ мм | | | | | | |
| IV | 0,2 | 56 | 2020 | 1,84 | 52 | 3320 | 2,82 | 49 | 5230 | 4,18 | — | — | — | ВК6М |
| | 0,3 | 47 | 2810 | 2,15 | 44 | 4610 | 3,31 | 41 | 7280 | 4,87 | — | — | — | |
| | 0,4 | 41 | 3560 | 2,38 | 38 | 5850 | 3,63 | 36 | 9360 | 5,42 | — | — | — | |
| | 0,5 | 37 | 4270 | 2,58 | 35 | 7000 | 4,00 | 32 | 11200 | 5,80 | — | — | — | |
| | | $t = 2$ мм | | | $t = 3$ мм | | | $t = 5$ мм | | | | | | |
| V | 0,3 | 27 | 2500 | 1,13 | 25 | 3560 | 1,45 | 23 | 5570 | 2,09 | — | — | — | |
| | 0,5 | 21 | 3800 | 1,30 | 20 | 5400 | 1,76 | 18 | 8480 | 2,50 | — | — | — | |
| | | $t = 2$ мм | | | $t = 3$ мм | | | $t = 5$ мм | | | $t = 8$ мм | | | |
| VI | 0,2 | 12 | 1670 | 0,38 | 11 | 2390 | 0,43 | 11 | 3690 | 0,66 | 9 | 5670 | 0,83 | |
| | 0,3 | 9 | 2360 | 0,35 | 9 | 3340 | 0,49 | 8 | 5240 | 0,68 | 8 | 7820 | 1,02 | |
| | 0,4 | 8 | 2990 | 0,39 | 8 | 4220 | 0,55 | 7 | 6640 | 0,76 | 7 | 9900 | 1,13 | |
| | 0,5 | 8 | 3530 | 0,46 | 7 | 5080 | 0,58 | 7 | 7850 | 0,90 | 6 | 11980 | 1,17 | |
| | 0,8 | 6 | 5240 | 0,50 | 6 | 7400 | 0,74 | 6 | 11430 | 1,12 | 5 | 17510 | 1,43 | |
| | | $t = 3$ мм | | | $t = 5$ мм | | | $t = 8$ мм | | | $t = 10$ мм | | | |
| VII | 0,3 | 49 | 1480 | 1,2 | 44 | 2360 | 1,7 | 40 | 3640 | 2,4 | 39 | 4460 | 2,8 | ВК8 |
| | 0,5 | 40 | 2200 | 1,4 | 36 | 3510 | 2,0 | 33 | 5450 | 2,9 | 31 | 6640 | 3,4 | |
| | | $t = 2$ мм | | | $t = 3$ мм | | | $t = 5$ мм | | | $t = 8$ мм | | | |
| IX | 0,2 | 530 | 180 | 1,5 | 500 | 250 | 2,0 | 460 | 410 | 3,0 | 430 | 620 | 4,3 | ВК6М |
| | 0,3 | 480 | 230 | 1,8 | 450 | 320 | 2,3 | 420 | 520 | 3,5 | 390 | 790 | 5,0 | |
| | 0,4 | 450 | 270 | 2,0 | 420 | 390 | 2,7 | 390 | 610 | 3,9 | 360 | 930 | 5,4 | |
| | 0,5 | 420 | 310 | 2,0 | 395 | 440 | 2,8 | 370 | 700 | 4,2 | 340 | 1070 | 6,0 | |
| | 0,6 | 400 | 340 | 2,2 | 380 | 490 | 3,0 | 350 | 780 | 4,4 | 330 | 1190 | 6,4 | |
| X | 0,2 | 360 | 300 | 1,8 | 335 | 430 | 2,3 | 310 | 680 | 3,4 | — | — | — | ВК8 |
| | 0,3 | 330 | 380 | 2,0 | 310 | 550 | 2,8 | 290 | 870 | 4,1 | — | — | — | |
| | 0,4 | 310 | 450 | 2,3 | 290 | 650 | 3,1 | 270 | 1000 | 4,4 | — | — | — | |
| | 0,5 | 300 | 520 | 2,5 | 280 | 750 | 3,4 | 260 | 1150 | 4,8 | — | — | — | |
| XI | 0,2 | 220 | 690 | 2,5 | 200 | 1050 | 3,4 | 190 | 1690 | 5,0 | — | — | — | Т15К6 |
| | 0,25 | 200 | 830 | 2,8 | 190 | 1240 | 3,8 | 170 | 2000 | 5,5 | — | — | — | |
| | 0,3 | 185 | 960 | 3,1 | 170 | 1400 | 4,2 | 160 | 2350 | 6,0 | — | — | — | |
| | 0,4 | 160 | 1200 | 3,4 | 150 | 1800 | 4,6 | 140 | 2970 | 7,0 | — | — | — | |
| | 0,5 | 150 | 1460 | 3,6 | 140 | 2170 | 5,0 | 130 | 3570 | 7,50 | — | — | — | |
| XII | 0,3 | 115 | 640 | 1,2 | 105 | 920 | 1,6 | 97 | 1460 | 2,3 | — | — | — | ВК6М |
| | 0,4 | 110 | 800 | 1,4 | 100 | 1150 | 1,8 | 92 | 1840 | 2,7 | — | — | — | |
| | 0,5 | 105 | 960 | 1,6 | 95 | 1400 | 2,1 | 88 | 2190 | 3,1 | — | — | — | |
| | 0,6 | 100 | 1120 | 1,8 | 92 | 1600 | 2,4 | 85 | 2540 | 3,5 | — | — | — | |

## 7. Режимы резания при чистовом и получистовом точении

| Группа обрабатываемого материала | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | Марка инструментального материала |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $t = 0{,}5$ мм | | | $t = 1{,}0$ мм | | | $t = 3{,}0$ мм | | | $t = 5{,}0$ мм | | | |
| I | 0,08 | 271 | 120 | 0,56 | 244 | 240 | 0,97 | 207 | 710 | 2,40 | 192 | 1170 | 3,60 | |
| | 0,10 | 262 | 150 | 0,63 | 236 | 290 | 1,12 | 200 | 840 | 2,80 | 185 | 1390 | 4,20 | |
| | 0,15 | 246 | 200 | 0,80 | 222 | 400 | 1,45 | 188 | 1160 | 3,50 | 175 | 1900 | 5,40 | |
| | 0,20 | 236 | 250 | 0,97 | 213 | 500 | 1,70 | 180 | 1440 | 4,25 | 167 | 2360 | 6,40 | |
| II с $\sigma_в$, МПа: 600–1200 | 0,08 | 290 | 120 | 0,60 | 261 | 240 | 1,00 | 222 | 710 | 2,60 | 205 | 1180 | 3,90 | |
| | 0,10 | 280 | 150 | 0,70 | 253 | 300 | 1,20 | 214 | 850 | 3,00 | 199 | 1400 | 4,50 | |
| | 0,15 | 264 | 200 | 0,90 | 238 | 400 | 1,60 | 202 | 1150 | 3,80 | 187 | 1900 | 5,80 | |
| | 0,20 | 253 | 250 | 1,00 | 228 | 500 | 1,90 | 193 | 1450 | 4,60 | 179 | 2380 | 7,00 | |
| | 0,30 | 210 | 350 | 1,20 | 191 | 700 | 2,20 | 162 | 2000 | 5,30 | 150 | 3300 | 8,10 | |
| | | $t = 0{,}5$ мм | | | $t = 1{,}0$ мм | | | $t = 2{,}0$ мм | | | $t = 3{,}0$ мм | | | |
| 1300–1500 | 0,08 | 135 | 230 | 0,51 | 121 | 450 | 1,89 | 109 | 890 | 1,58 | 103 | 1320 | 2,22 | T15K6 |
| | 0,10 | 130 | 280 | 0,58 | 118 | 540 | 1,04 | 106 | 1060 | 1,83 | 100 | 1570 | 2,57 | |
| | 0,15 | 123 | 380 | 0,76 | 111 | 740 | 1,33 | 99 | 1450 | 2,34 | 94 | 2150 | 3,30 | |
| | 0,30 | 98 | 650 | 1,05 | 89 | 1280 | 1,86 | 80 | 2520 | 3,30 | 75 | 3720 | 4,56 | |
| | | $t = 0{,}5$ мм | | | $t = 1$ мм | | | $t = 1{,}5$ мм | | | $t = 2{,}0$ мм | | | |
| III с $\sigma_в$, МПа: 600–800 | 0,08 | 224 | 120 | 0,40 | 202 | 230 | 0,80 | 214 | 280 | 0,98 | 183 | 450 | 1,35 | |
| | 0,10 | 217 | 140 | 0,50 | 195 | 270 | 0,90 | 208 | 400 | 1,36 | 176 | 540 | 1,50 | |
| | 0,12 | 211 | 160 | 0,55 | 190 | 316 | 0,98 | 202 | 460 | 1,50 | 170 | 620 | 1,70 | |
| | 0,15 | 204 | 190 | 0,60 | 184 | 380 | 1,10 | 195 | 550 | 1,75 | 166 | 740 | 2,00 | |
| | 0,20 | 195 | 240 | 0,80 | 176 | 470 | 1,40 | 186 | 680 | 2,00 | 157 | 920 | 2,30 | |

*Продолжение табл. 7*

| Группа обрабатываемого материала | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | Марка инструментального материала |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| III с $\sigma_в$, МПа: | | $t = 1{,}0$ мм | | | $t = 2{,}0$ мм | | | $t = 3{,}0$ мм | | | $t = 5{,}0$ мм | | | |
| | 0,20 | 111 | 500 | 0,9 | 100 | 920 | 1,6 | 94 | 1400 | 23 | 87 | 2400 | 3,4 | |
| | 0,25 | 101 | 600 | 1,0 | 91 | 1180 | 1,7 | 85 | 1750 | 2,4 | 79 | 2900 | 3,7 | ВК6М |
| > 1000 | 0,30 | 93 | 700 | 1,1 | 84 | 1370 | 1,9 | 79 | 2030 | 2,7 | 73 | 3340 | 4,0 | |
| | 0,40 | 81 | 880 | 1,2 | 73 | 1740 | 2,1 | 69 | 2570 | 2,9 | 64 | 4230 | 4,4 | |
| | 0,50 | 74 | 1060 | 1,3 | 66 | 2080 | 2,3 | 62 | 3090 | 3,1 | 58 | 5100 | 4,8 | |
| | | $t = 0{,}5$ мм | | | $t = 1{,}0$ мм | | | $t = 1{,}5$ мм | | | $t = 2{,}0$ мм | | | |
| 850–1100 | 0,08 | 126 | 164 | 0,34 | 113 | 322 | 0,60 | 107 | 477 | 0,83 | 102 | 632 | 1,05 | |
| | 0,10 | 122 | 195 | 0,39 | 110 | 382 | 0,70 | 103 | 567 | 0,95 | 99 | 750 | 1,21 | ВК8 |
| | 0,12 | 118 | 225 | 0,43 | 107 | 440 | 0,77 | 100 | 653 | 1,07 | 96 | 864 | 1,36 | |
| | 0,15 | 115 | 266 | 0,50 | 103 | 523 | 0,88 | 97 | 776 | 1,23 | 93 | 1027 | 1,56 | |
| | 0,20 | 110 | 318 | 0,57 | 99 | 653 | 1,06 | 93 | 969 | 1,47 | 89 | 1280 | 1,86 | |
| IV | 0,08 | 172 | 160 | 0,45 | 155 | 310 | 0,78 | 146 | 460 | 1,10 | 140 | 600 | 1,37 | |
| | 0,10 | 167 | 190 | 0,52 | 150 | 360 | 0,88 | 142 | 540 | 1,25 | 136 | 720 | 1,60 | Т15К6 |
| | 0,15 | 157 | 250 | 0,64 | 142 | 500 | 1,16 | 133 | 740 | 1,60 | 128 | 980 | 2,05 | |
| | 0,20 | 131 | 320 | 0,68 | 136 | 620 | 1,37 | 128 | 920 | 1,92 | 122 | 1220 | 2,43 | |
| | | $t = 0{,}5$ мм | | | $t = 1{,}0$ мм | | | $t = 2{,}0$ мм | | | $t = 3{,}0$ мм | | | |
| | 0,08 | 84 | 170 | 0,23 | 76 | 340 | 0,42 | 68 | 670 | 0,74 | 64 | 1000 | 1,04 | ВК6М |
| IV | 0,10 | 81 | 210 | 0,28 | 73 | 410 | 0,50 | 66 | 1000 | 1,07 | 62 | 1180 | 1,19 | ВК6М |
| | 0,15 | 76 | 280 | 0,35 | 69 | 560 | 0,63 | 62 | 1090 | 1,10 | 58 | 1620 | 1,53 | |
| | 0,20 | 73 | 350 | 0,41 | 66 | 690 | 0,74 | 59 | 1360 | 1,30 | 56 | 2020 | 1,80 | |
| | 0,25 | 67 | 420 | 0,46 | 60 | 830 | 0,81 | 54 | 1630 | 1,43 | 51 | 2420 | 2,01 | |
| | 0,30 | 62 | 490 | 0,50 | 56 | 960 | 0,87 | 50 | 1890 | 1,54 | 47 | 2810 | 2,15 | |
| | | $t = 0{,}5$ мм | | | $t = 1{,}0$ мм | | | $t = 2{,}0$ мм | | | $t = 3{,}0$ мм | | | |
| V | 0,08 | 44 | 260 | 0,19 | 40 | 500 | 0,31 | 36 | 890 | 0,52 | 34 | 1260 | 0,70 | |
| | 0,10 | 43 | 310 | 0,22 | 39 | 570 | 0,36 | 35 | 1050 | 0,60 | 33 | 1500 | 0,81 | |
| | 0,15 | 41 | 430 | 0,29 | 37 | 790 | 0,48 | 33 | 1440 | 0,78 | 31 | 2050 | 1,03 | |
| | 0,20 | 39 | 540 | 0,34 | 35 | 980 | 0,56 | 32 | 1800 | 0,94 | 30 | 2560 | 1,25 | |
| | 0,25 | 36 | 640 | 0,38 | 32 | 1180 | 0,62 | 29 | 2150 | 1,02 | 27 | 3070 | 1,35 | |
| | 0,30 | 33 | 750 | 0,40 | 30 | 1360 | 0,67 | 27 | 2500 | 1,10 | 25 | 3560 | 1,45 | |
| VI | 0,08 | 17 | 250 | 0,07 | 15 | 480 | 0,11 | 13 | 830 | 0,18 | 13 | 1170 | 0,25 | ВК3М и ВК6М |
| | 0,10 | 16 | 290 | 0,09 | 14 | 540 | 0,12 | 13 | 980 | 0,20 | 12 | 1400 | 0,27 | |
| | 0,15 | 15 | 440 | 0,10 | 13,5 | 730 | 0,16 | 12 | 1350 | 0,26 | 12 | 1900 | 0,37 | |
| | 0,20 | 14 | 500 | 0,12 | 13 | 910 | 0,19 | 12 | 1670 | 0,33 | 11 | 2390 | 0,43 | |
| | 0,25 | 13 | 610 | 0,13 | 12 | 1100 | 0,20 | 11 | 2000 | 0,35 | 10 | 2870 | 0,47 | |
| | 0,30 | 12 | 715 | 0,14 | 11 | 1270 | 0,23 | 9 | 2360 | 0,35 | 9 | 3340 | 0,50 | |
| VII | 0,08 | 132 | 100 | 0,21 | 115 | 190 | 0,36 | 100 | 350 | 0,57 | 92 | 510 | 0,76 | ВК6М и ВКЧ |
| | 0,10 | 120 | 120 | 0,24 | 105 | 220 | 0,38 | 91 | 420 | 0,62 | 84 | 610 | 0,83 | |
| | 0,15 | 102 | 160 | 0,27 | 89 | 310 | 0,45 | 78 | 580 | 0,74 | 72 | 850 | 1,00 | |
| | 0,20 | 91 | 200 | 0,30 | 79 | 390 | 0,50 | 69 | 730 | 0,82 | 64 | 1060 | 1,09 | |
| | 0,30 | 78 | 280 | 0,36 | 68 | 530 | 0,58 | 59 | 1010 | 0,97 | 54 | 1480 | 1,28 | |
| | 0,40 | 69 | 350 | 0,39 | 60 | 670 | 0,66 | 52 | 1270 | 1,08 | 48 | 1850 | 1,44 | |
| | 0,50 | 63 | 420 | 0,43 | 55 | 800 | 0,71 | 48 | 1510 | 1,18 | 44 | 2200 | 1,57 | |
| | | $t = 0{,}5$ мм | | | $t = 1{,}0$ мм | | | $t = 1{,}5$ мм | | | $t = 2{,}0$ мм | | | |
| VIII | 0,08 | 40 | 243 | 0,16 | 35 | 451 | 0,25 | 32 | 626 | 0,33 | 30 | 804 | 0,40 | ВК6М и ВК3М |
| | 0,10 | 37 | 291 | 0,16 | 32 | 529 | 0,28 | 30 | 746 | 0,37 | 28 | 959 | 0,44 | |
| | 0,20 | 29 | 509 | 0,24 | 25 | 810 | 0,33 | 23 | 1313 | 0,50 | 22 | 1674 | 0,60 | |
| IX | 0,05 | 920 | 60 | 0,8 | 830 | 50 | 0,6 | – | – | – | 750 | 95 | 1,1 | |
| | 0,1 | 775 | 70 | 0,9 | 700 | 60 | 0,7 | – | – | – | 630 | 120 | 1,2 | ВК6М |
| | 0,2 | 650 | 80 | 0,9 | 600 | 90 | 0,9 | – | – | – | 530 | 180 | 1,5 | |
| X | 0,05 | 580 | 40 | 0,4 | 520 | 70 | 0,6 | – | – | – | 470 | 13 | 1,0 | |
| | 0,1 | 505 | 60 | 0,5 | 460 | 100 | 0,7 | – | – | – | 410 | 19 | 1,3 | ВК8 |
| | 0,2 | 440 | 90 | 0,6 | 400 | 160 | 1,0 | – | – | – | 360 | 30 | 1,8 | |
| XI | 0,05 | 330 | 60 | 0,3 | 300 | 120 | 0,6 | – | – | – | 270 | 240 | 1,0 | |
| | 0,07 | 315 | 80 | 0,40 | 285 | 160 | 0,7 | – | – | – | 255 | 300 | 1,3 | |
| | 0,10 | 300 | 100 | 0,5 | 270 | 210 | 0,9 | – | – | – | 240 | 400 | 1,6 | Т15К6 |
| | 0,15 | 280 | 140 | 0,6 | 250 | 280 | 1,0 | – | – | – | 230 | 560 | 2,0 | |
| | 0,20 | 270 | 180 | 0,8 | 240 | 350 | 1,4 | – | – | – | 220 | 690 | 2,5 | |
| | 0,25 | – | – | – | 220 | 420 | 1,5 | – | – | – | 200 | 830 | 3,0 | |
| XII | 0,05 | 210 | 40 | 0,1 | 185 | 80 | 0,3 | – | – | – | 165 | 150 | 0,4 | |
| | 0,1 | 180 | 70 | 0,2 | 160 | 140 | 0,4 | – | – | – | 145 | 270 | 0,6 | ВК6М |
| | 0,2 | 160 | 110 | 0,3 | 140 | 250 | 0,6 | – | – | – | 125 | 460 | 0,9 | |
| | 0,3 | 147 | 260 | 0,4 | 130 | 340 | 0,7 | – | – | – | 115 | 640 | 1,2 | |

**8. Режимы резания при тонком точении резцами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК6ОМ или ВК3М**

| Группа обрабатываемого материала | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $P_z$, Н | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $t = 0{,}2$ мм | | | $t = 0{,}3$ мм | | | $t = 0{,}5$ мм | | | $t = 1{,}0$ мм | | |
| I | 0,02 | 238 | 34 | 0,13 | 227 | 46 | 0,17 | 213 | 70 | 0,24 | 196 | 123 | 0,39 |
| | 0,03 | 220 | 42 | 0,15 | 210 | 58 | 0,20 | 197 | 89 | 0,29 | 181 | 156 | 0,46 |
| | 0,04 | 207 | 50 | 0,17 | 198 | 69 | 0,22 | 186 | 105 | 0,32 | 171 | 184 | 0,51 |
| | 0,05 | 198 | 56 | 0,18 | 189 | 78 | 0,24 | 178 | 119 | 0,35 | 164 | 209 | 0,56 |
| | 0,06 | 191 | 63 | 0,2 | 182 | 87 | 0,25 | 171 | 132 | 0,37 | 158 | 230 | 0,60 |
| II | 0,02 | 210 | 33 | 0,13 | 200 | 46 | 0,17 | 187 | 71 | 0,23 | 175 | 125 | 0,35 |
| | 0,03 | 195 | 42 | 0,15 | 185 | 58 | 0,19 | 174 | 90 | 0,27 | 161 | 158 | 0,41 |
| | 0,04 | 184 | 49 | 0,17 | 175 | 69 | 0,21 | 165 | 105 | 0,30 | 152 | 186 | 0,46 |
| | 0,05 | 175 | 56 | 0,18 | 166 | 78 | 0,28 | 158 | 120 | 0,33 | 146 | 212 | 0,50 |
| | 0,06 | 169 | 62 | 0,20 | 160 | 87 | 0,25 | 150 | 130 | 0,34 | 141 | 230 | 0,54 |
| III с $\sigma_в$, МПа: 600—800 | 0,02 | 100 | 33 | 0,06 | 95 | 46 | 0,07 | 90 | 70 | 0,10 | 83 | 123 | 0,16 |
| | 0,03 | 92 | 42 | 0,07 | 88 | 58 | 0,08 | 83 | 88 | 0,11 | 76 | 156 | 0,20 |
| | 0,04 | 87 | 50 | 0,07 | 83 | 69 | 0,09 | 73 | 104 | 0,13 | 72 | 184 | 0,22 |
| | 0,06 | 80 | 62 | 0,08 | 77 | 87 | 0,11 | 72 | 132 | 0,16 | 66 | 220 | 0,25 |
| 850—1100 | 0,02 | 92 | 32 | 0,06 | 87 | 55 | 0,08 | 82 | 83 | 0,11 | 75 | 146 | 0,18 |
| | 0,03 | 84 | 50 | 0,07 | 80 | 69 | 0,09 | 76 | 104 | 0,13 | 70 | 183 | 0,21 |
| | 0,04 | 80 | 58 | 0,08 | 76 | 81 | 0,10 | 71 | 123 | 0,14 | 66 | 216 | 0,23 |
| | 0,06 | 73 | 74 | 0,09 | 70 | 102 | 0,12 | 66 | 155 | 0,17 | 61 | 273 | 0,27 |
| IV | 0,02 | 60 | 60 | 0,06 | 58 | 80 | 0,08 | 54 | 122 | 0,10 | 50 | 206 | 0,17 |
| | 0,03 | 55 | 70 | 0,06 | 52 | 100 | 0,09 | 50 | 157 | 0,12 | 46 | 261 | 0,19 |
| | 0,04 | 52 | 80 | 0,07 | 50 | 120 | 0,09 | 47 | 174 | 0,13 | 43 | 285 | 0,20 |
| | 0,06 | 48 | 100 | 0,08 | 46 | 140 | 0,11 | 43 | 223 | 0,15 | 40 | 304 | 0,22 |
| V | 0,02 | 58 | 69 | 0,07 | 56 | 95 | 0,09 | 52 | 145 | 0,13 | 48 | 255 | 0,20 |
| | 0,04 | 50 | 100 | 0,08 | 48 | 144 | 0,11 | 46 | 215 | 0,16 | 42 | 386 | 0,26 |
| | 0,06 | 47 | 131 | 0,10 | 45 | 181 | 0,13 | 42 | 278 | 0,19 | 39 | 484 | 0,30 |
| VI | 0,02 | 27 | 65 | 0,02 | 26 | 90 | 0,04 | 24 | 137 | 0,05 | 22 | 241 | 0,08 |
| | 0,04 | 24 | 96 | 0,04 | 23 | 134 | 0,05 | 21 | 204 | 0,07 | 20 | 357 | 0,12 |
| | 0,06 | 21 | 122 | 0,04 | 20 | 169 | 0,06 | 19 | 258 | 0,08 | 18 | 450 | 0,13 |
| VII | 0,02 | 193 | 19 | 0,06 | 148 | 26 | 0,07 | 160 | 39 | 0,10 | 140 | 70 | 0,16 |
| | 0,04 | 136 | 30 | 0,07 | 126 | 42 | 0,09 | 113 | 64 | 0,12 | 99 | 113 | 0,18 |
| | 0,06 | 111 | 40 | 0,07 | 103 | 56 | 0,09 | 93 | 85 | 0,13 | 81 | 150 | 0,20 |
| VIII | 0,02 | 38 | 43 | 0,03 | 32 | 63 | 0,04 | 26 | 100 | 1,05 | 20 | 190 | 0,07 |
| | 0,04 | 25 | 80 | 0,04 | 21 | 116 | 0,05 | 18 | 184 | 0,06 | 13 | 350 | 0,09 |
| | 0,06 | 20 | 113 | 0,04 | 17 | 165 | 0,05 | 14 | 262 | 0,07 | 11 | 497 | 0,10 |

**9. Поправочные коэффициенты на скорость резания при точении и растачивания в зависимости от группы обрабатываемого материала**

| Группа обрабатываемого материала | $\sigma_в$, МПа | $K_{v_1}$ |
|---|---|---|
| I | 600 | 1,5 |
| | 900 | 1,0 |
| II | 600 | 1,16 |
| | 850 | 1,0 |
| | 1000 | 0,84 |
| | 1200 | 0,60 |
| | 1300 | 1,00 |
| | 1400 | 0,84 |
| | 1500 | 0,70 |
| III | 600 | 1,00 |
| | 800 | 0,84 |
| | 850 | 1,00 |
| | 1100 | 0,84 |
| IV*1: | | |
| 45Х14Н14В2М | | 1,3 |
| 08Х15Н24В4ТР, ЭИ395, 07Х21Г7АН5, | | 1,0 |
| 12Х25Н16Г7АР, 37Х12Н8Г8МФБ | | 0,75 |
| 10Х11Н23Т3МР, 15Х18Н12СЧТЮ | | |
| V: | | |
| 36НХТЮ | | 1,0 |
| ХН77ТЮ, ХН77ТЮР, ХН35ВТЮ, ЭП99 | | 0,75 |
| ХН56ВМТЮ, ХН67ВМТЮ, ХН75МВЮ | | 0,63 |
| ХН62МВКЮ, ХН60МВТЮ, | | 0,50 |
| ХН82ТЮНБ | | |
| VI | 800 – 1000 | 1,00 |
| VII: | | |
| ВТ1, ВТ1-1, ВТ1-2 | 450 – 750 | 1,50 |
| ОТ4, ОТ4-1, ВТ5, ВТ5-1 | 700 – 950 | 1,00 |
| ВТ6, ВТ6С | 900 – 1000 | 0,80 |
| ВТ3, ВТ3-1, ВТ14, ВТ15 | 950 – 1200 | 0,70 |
| ВТ14, ВТ15 после закалки и старения | 1300 – 1400 | 0,52 |
| VIII | 1700 | 1,50 |
| | 1800 | 1,35 |
| | 2000 | 1,10 |
| | 2200 | 1,00 |
| IX: | | |
| АМг3, АМг5М, АМг6, АМг6М, Д1, | 100 – 460 | 1,00 |

*Продолжение табл. 9*

| Группа обрабатываемого материала | $\sigma_в$, МПа | $K_{v1}$ |
|---|---|---|
| Д16, АК4, АК6, АК8, АК4-1, АМг2, АМц | 100–430 | 1 |
| В95 | 500–540 | 0,6 |
| АЛ2, АЛ4, АЛ7, АЛ9 (модифицированные) | 140–240 | 0,8 |
| АЛ9В, АЛ13, АЛ27 (немодифицированные) | 130–320 | 0,5 |
| X: | | |
| М2, М3, Л63, ЛС59-1, ЛЦ16К4 | 290–340 | 2,0 |
| БрА9Ж3Л | 390–400 | 1,2 |
| БрА10Ж4Н4Л | 587 | 1,0 |
| XI: | | |
| Ст3, 08кп, У8А, У10А, 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60 | 600 | 1,3 |
| | 700 | 1,15 |
| | 800 | 1,00 |
| | 900 | 0,80 |
| | 1100 | 0,70 |
| | 1200 | 0,60 |
| 30Л, 35Л, 45Л | 600 | 0,90 |
| | 700 | 0,80 |
| | 800 | 0,70 |
| 20Х, 20ХН, 40Х, 40ХН, 9ХС, 38ХС, 30ХРА, ХВГ, 12ХН3А, 18Х2Н4ВА, 38ХМЮА | 600 | 1,20 |
| | 700 | 1,10 |
| | 800 | 0,80 |
| | 900 | 0,70 |
| | 1100 | 0,60 |
| | 1200 | 0,50 |
| | 1400 | 0,40 |
| | 1600 | 0,35 |
| ШХ15 | 700 | 0,80 |
| | 800 | 0,70 |
| | 900 | 0,60 |
| | 1100 | 0,50 |
| | 1200 | 0,40 |
| | 1400 | 0,35 |
| | 1600 | 0,30 |
| XII: | | |
| СЧ 15, СЧ 18, СЧ 21 | 163–240*2 | 1,0 |

*1 Для материалов IV и V групп коэффициент $K_{v1}$ выбирают в зависимости от марки материала. *2 Дано значение *НВ*.

**10. Поправочные коэффициенты $K_{v_2}$ на скорость резания в зависимости от состояния обрабатываемой поверхности**

| Состояние поверхности | Группа обрабатываемого материала | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I–V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Без литейной корки | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | – | 1,0 | 1,0 |
| С литейной коркой | 0,75 | 0,7 | 0,5 | 0,65 | 0,6 | – | 0,8 | – |
| С коркой кованой | – | – | – | – | – | 0,9 | – | – |
| С коркой литейной: | | | | | | | | |
| загрязненной | – | – | – | – | – | 0,7 | – | 0,5–0,6 |
| очищенной | – | – | – | – | – | – | – | 0,8–0,85 |
| Прокат | – | – | – | – | – | 1,0 | – | – |

**11. Поправочные коэффициенты $K_{v_3}$ на скорость резания в зависимости от угла в плане $\varphi$ для всех групп обрабатываемых материалов**

| $K_{v_3}$ | $\varphi$,° | $K_{v_3}$ | $\varphi$,° |
|---|---|---|---|
| 1,0 | 45 | 0,81 | 90 |
| 0,92 | 60 | | |

**12. Поправочные коэффициенты $K_{v_4}$ на скорость резания в зависимости от стойкости режущего инструмента**

| Стойкость инструмента, мин | $K_{v_4}$ | Стойкость инструмента, мин | $K_{v_4}$ |
|---|---|---|---|
| 30 | 1,15 | 120 | 0,87 |
| 60 | 1,0 | 150 | 0,83 |
| 90 | 0,92 | 180 | 0,80 |

**13. Поправочные коэффициенты $K_{v_5}$ на скорость резания в зависимости от диаметра $D_р$ растачиваемого отверстия**

| $D_р$, мм | $K_{v_5}$ | $D_р$, мм | $K_{v_5}$ |
|---|---|---|---|
| До 75 | 0,8 | > 200 | 1,0 |
| От 75 до 200 | 0,9 | | |

**14. Поправочные коэффициенты $K_{v_6}$ на скорость резания в зависимости от вида обработки и отношения меньшего диаметра $d$ к большему диаметру $D$**

| $d/D$ | Значение $K_{v_6}$ при | |
|---|---|---|
| | поперечном точении | отрезке и точении кольцевых канавок |
| До 0,4 | 1,25 | 1,3 |
| От 0,4 до 0,7 | 1,20 | 1,2 |
| » 0,7 » 0,9 | 1,05 | 1,0 |

Примечание. При точении торцовых канавок скорость резания необходимо умножать на коэффициент $K_{v_6} = 0,5$.

**15. Режимы резания при сверлении**

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I с $\sigma_в = 600 \div 900$ МПа | 2 | 0,02 | 36 | 5730 | 140 | 8 | 0,05 |
| | | 0,03 | 26 | 4130 | 190 | 12 | 0,06 |
| | 3 | 0,03 | 32 | 3220 | 280 | 24 | 0,08 |
| | | 0,07 | 16 | 1680 | 500 | 54 | 0,09 |
| | 5 | 0,05 | 29 | 1830 | 680 | 99 | 0,18 |
| | | 0,08 | 20 | 1280 | 940 | 137 | 0,18 |
| | 8 | 0,07 | 27 | 1090 | 1370 | 319 | 0,36 |
| | | 0,09 | 23 | 920 | 1630 | 400 | 0,37 |
| | | 0,12 | 17 | 690 | 2000 | 525 | 0,37 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I с $\sigma_в = 600 \div 900$ МПа | 12 | 0,09 | 29 | 760 | 2440 | 835 | 0,66 |
| | | 0,15 | 19 | 500 | 3500 | 1341 | 0,69 |
| | 15 | 0,10 | 32 | 670 | 3290 | 1369 | 0,95 |
| | | 0,15 | 22 | 460 | 4370 | 2005 | 0,96 |
| | | 0,18 | 19 | 400 | 4960 | 2370 | 0,96 |
| | 20 | 0,12 | 32 | 500 | 4980 | 2735 | 1,4 |
| | | 0,20 | 20 | 320 | 7130 | 4404 | 1,5 |
| | 24 | 0,15 | 27 | 360 | 7000 | 4728 | 1,8 |
| | | 0,20 | 22 | 290 | 8560 | 6160 | 1,8 |
| II, III с $\sigma_в \leqslant 1200$ МПа | 2 | 0,02 | 27 | 4380 | 140 | 8 | 0,036 |
| | | 0,03 | 20 | 3150 | 190 | 12 | 0,048 |
| | 3 | 0,03 | 24 | 2570 | 280 | 24 | 0,064 |
| | | 0,07 | 12 | 1280 | 500 | 54 | 0,070 |
| | 5 | 0,05 | 22 | 1400 | 680 | 99 | 0,140 |
| | | 0,08 | 15 | 980 | 940 | 137 | 0,140 |
| | 8 | 0,07 | 21 | 830 | 1370 | 319 | 0,27 |
| | | 0,09 | 18 | 700 | 1630 | 400 | 0,28 |
| | | 0,12 | 13 | 530 | 2000 | 525 | 0,28 |
| | 10 | 0,09 | 20 | 630 | 2040 | 600 | 0,27 |
| | | 0,12 | 16 | 530 | 2500 | 776 | 0,42 |
| | | 0,15 | 13 | 420 | 2920 | 960 | 0,42 |
| | 12 | 0,09 | 22 | 580 | 2450 | 835 | 0,50 |
| | | 0,12 | 18 | 470 | 2930 | 1087 | 0,52 |
| | | 0,15 | 14 | 380 | 3500 | 1341 | 0,53 |
| | 15 | 0,10 | 24 | 510 | 3290 | 1369 | 0,72 |
| | | 0,15 | 16 | 350 | 4370 | 2005 | 0,72 |
| | | 0,18 | 14 | 300 | 4960 | 2370 | 0,73 |
| | 18 | 0,12 | 22 | 390 | 4480 | 2272 | 0,91 |
| | | 0,15 | 19 | 330 | 5240 | 2783 | 0,94 |
| | | 0,18 | 15 | 270 | 5960 | 3315 | 0,92 |
| | | 0,20 | 14 | 250 | 6420 | 3647 | 0,94 |
| | 20 | 0,12 | 24 | 380 | 4980 | 2735 | 1,07 |
| | | 0,15 | 20 | 320 | 5830 | 3370 | 1,08 |
| | | 0,18 | 18 | 280 | 6620 | 3968 | 1,14 |
| | | 0,20 | 15 | 250 | 7130 | 4404 | 1,11 |
| | 24 | 0,15 | 21 | 280 | 7000 | 4728 | 1,34 |
| | | 0,18 | 19 | 250 | 7950 | 5560 | 1,42 |
| | | 0,20 | 16 | 220 | 8550 | 6165 | 1,39 |
| | | 0,22 | 15 | 200 | 9140 | 6722 | 1,40 |
| II с $\sigma_в = 1200 \div 1500$ МПа | 2 | 0,01 | 24 | 3820 | 160 | 6 | 0,02 |
| | | 0,02 | 13 | 2070 | 250 | 14 | 0,03 |
| | 3 | 0,02 | 16 | 1700 | 390 | 30 | 0,06 |
| | | 0,03 | 12 | 1280 | 510 | 44 | 0,06 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| II с $\sigma_в = 1200 \div 1500$ МПа | 5 | 0,03 | 18 | 1150 | 860 | 112 | 0,13 |
| | | 0,05 | 11 | 700 | 1220 | 178 | 0,13 |
| | 8 | 0,05 | 14 | 560 | 1960 | 419 | 0,25 |
| | | 0,07 | 11 | 340 | 2480 | 570 | 0,26 |
| | | 0,09 | 8,8 | 350 | 2960 | 721 | 0,26 |
| | 12 | 0,07 | 13 | 340 | 3730 | 1199 | 0,43 |
| | | 0,09 | 11 | 290 | 4440 | 1506 | 0,45 |
| | | 0,10 | 10 | 270 | 4780 | 1664 | 0,45 |
| | 18 | 0,10 | 13 | 230 | 7180 | 3440 | 0,82 |
| | | 0,12 | 11 | 290 | 8160 | 4100 | 0,82 |
| | | 0,15 | 8,8 | 160 | 9540 | 5060 | 0,81 |
| | 24 | 0,12 | 13 | 170 | 10870 | 6840 | 1,23 |
| | | 0,15 | 11 | 150 | 12720 | 8400 | 1,26 |
| | | 0,18 | 8,8 | 120 | 14450 | 10050 | 1,20 |
| II* с $\sigma_в > 1200$ МПа | 1 | 0,003 | 18,6 | 5900 | 40 | 0,9 | 0,006 |
| | | 0,005 | 10,6 | 3380 | 50 | 1,3 | 0,005 |
| | 2 | 0,006 | 32,0 | 5100 | 110 | 4,8 | 0,025 |
| | | 0,008 | 23,5 | 3750 | 140 | 6,3 | 0,240 |
| | | 0,012 | 15,2 | 2420 | 180 | 9,4 | 0,023 |
| | 3 | 0,010 | 36,5 | 3880 | 240 | 15,1 | 0,060 |
| | | 0,015 | 24,0 | 2540 | 320 | 20 | 0,05 |
| | | 0,018 | 19,0 | 2020 | 360 | 25 | 0,06 |
| | 5 | 0,020 | 45,0 | 2860 | 650 | 68 | 0,20 |
| | | 0,030 | 28,8 | 1830 | 860 | 100 | 0,19 |
| | | 0,040 | 21,3 | 1350 | 1050 | 134 | 0,19 |
| | 8 | 0,040 | 39,7 | 1580 | 1680 | 296 | 0,48 |
| | | 0,060 | 26,2 | 1040 | 2230 | 437 | 0,47 |
| | 10 | 0,05 | 42,3 | 1350 | 2450 | 537 | 0,75 |
| | | 0,08 | 25,3 | 820 | 3700 | 843 | 0,70 |
| | 12 | 0,07 | 38,7 | 1030 | 3720 | 1010 | 1,00 |
| | | 0,09 | 28,6 | 760 | 4450 | 1270 | 1,00 |
| | 15 | 0,09 | 37,0 | 780 | 5500 | 1880 | 1,50 |
| | | 0,12 | 27,0 | 570 | 6800 | 2440 | 1,50 |
| | 20 | 0,09 | 65,5 | 1040 | 7300 | 2980 | 3,2 |
| | | 0,12 | 47,5 | 760 | 8900 | 3500 | 2,7 |
| | | 0,15 | 38,2 | 610 | 10700 | 4880 | 3,0 |
| IV | 2 | 0,01 | 30 | 4780 | 110 | 6 | 0,03 |
| | | 0,02 | 16 | 2550 | 180 | 11 | 0,06 |
| | 3 | 0,02 | 20 | 2120 | 270 | 23 | 0,04 |
| | | 0,03 | 14 | 1490 | 300 | 33 | 0,06 |
| | 5 | 0,03 | 20 | 1280 | 600 | 84 | 0,11 |
| | | 0,05 | 13 | 830 | 860 | 133 | 0,11 |
| | 6 | 0,03 | 24 | 1270 | 720 | 114 | 0,15 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IV | 8 | 0,05 | 15 | 790 | 1030 | 184 | 0,15 |
| | | 0,06 | 16 | 640 | 1370 | 315 | 0,21 |
| | | 0,07 | 13 | 520 | 1740 | 427 | 0,23 |
| | | 0,09 | 10 | 400 | 1640 | 544 | 0,22 |
| | 10 | 0,07 | 14 | 450 | 2170 | 644 | 0,30 |
| | | 0,09 | 12 | 380 | 2590 | 808 | 0,32 |
| | | 0,10 | 11 | 350 | 2790 | 891 | 0,32 |
| | 12 | 0,07 | 17 | 450 | 2610 | 892 | 0,40 |
| | | 0,09 | 13 | 340 | 3110 | 1127 | 0,41 |
| | | 0,10 | 12 | 320 | 3350 | 1243 | 0,41 |
| | 15 | 0,08 | 1 | 380 | 3580 | 1502 | 0,57 |
| | | 0,10 | 16 | 300 | 4190 | 1851 | 0,57 |
| | | 0,15 | 11 | 210 | 5600 | 2767 | 0,57 |
| | 20 | 0,10 | 16 | 260 | 5590 | 3130 | 0,85 |
| | | 0,12 | 14 | 220 | 6350 | 3700 | 0,88 |
| | | 0,15 | 12 | 190 | 7420 | 4530 | 0,89 |
| | 24 | 0,12 | 16 | 210 | 7620 | 5175 | 1,08 |
| | | 0,15 | 13 | 170 | 8900 | 6330 | 1,44 |
| | | 0,18 | 11 | 150 | 10120 | 7526 | 1,10 |
| V | 2 | 0,01 | 20 | 2840 | 140 | 9 | 0,03 |
| | | 0,02 | 11 | 1720 | 230 | 17 | 0,03 |
| | 3 | 0,02 | 14 | 1530 | 350 | 36 | 0,05 |
| | | 0,03 | 11 | 1150 | 460 | 52 | 0,06 |
| | 5 | 0,03 | 16 | 990 | 770 | 130 | 0,13 |
| | | 0,05 | 9,6 | 610 | 1100 | 212 | 0,14 |
| | 6 | 0,03 | 17 | 890 | 920 | 180 | 0,10 |
| | | 0,05 | 11 | 900 | 1320 | 295 | 0,17 |
| | 8 | 0,05 | 12 | 480 | 1770 | 500 | 0,20 |
| | | 0,07 | 9,6 | 380 | 2230 | 680 | 0,20 |
| | | 0,09 | 7,2 | 290 | 2660 | 890 | 0,30 |
| | 10 | 0,07 | 11 | 340 | 2790 | 1020 | 0,40 |
| | | 0,09 | 8,4 | 270 | 3330 | 1300 | 0,40 |
| | | 0,10 | 7,2 | 230 | 3590 | 1440 | 0,40 |
| | 12 | 0,07 | 12 | 320 | 3350 | 1420 | 0,50 |
| | | 0,09 | 9,6 | 250 | 4000 | 1790 | 0,47 |
| | | 0,10 | 8,4 | 220 | 4310 | 1990 | 0,46 |
| | 15 | 0,08 | 13 | 280 | 4600 | 2380 | 0,68 |
| | | 0,09 | 12 | 250 | 5000 | 2650 | 0,70 |
| | | 0,10 | 11 | 230 | 5380 | 2930 | 0,68 |
| | 18 | 0,10 | 11 | 190 | 6470 | 4150 | 0,82 |
| | | 0,12 | 9,6 | 170 | 7350 | 4890 | 0,85 |
| | | 0,15 | 8,4 | 150 | 8590 | 5960 | 0,91 |
| | 20 | 0,10 | 12 | 190 | 7180 | 4990 | 0,97 |
| | | 0,12 | 11 | 170 | 8160 | 5870 | 1,10 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V | 24 | 0,15 | 9,5 | 140 | 9540 | 7280 | 1,28 |
| | | 0,12 | 11 | 140 | 9790 | 8290 | 1,21 |
| | | 0,8 | 8,4 | 110 | 13010 | 11910 | 1,37 |
| V* с $\sigma_в = 1200 \div 1400$ МПа | 1 | 0,003 | 28,0 | 9000 | 31 | 1,2 | 0,014 |
| | | 0,006 | 15,5 | 5000 | 50 | 1,8 | 0,015 |
| | 2 | 0,006 | 26,1 | 4150 | 100 | 6,0 | 0,027 |
| | | 0,008 | 18,7 | 3000 | 120 | 7,5 | 0,027 |
| | | 0,010 | 16,7 | 2650 | 140 | 10 | 0,027 |
| | | 0,012 | 13,5 | 2150 | 160 | 11 | 0,027 |
| | 3 | 0,010 | 22,0 | 2320 | 210 | 15 | 0,035 |
| | | 0,012 | 17,5 | 1850 | 240 | 17 | 0,035 |
| | | 0,018 | 13,3 | 1420 | 320 | 25 | 0,034 |
| | 5 | 0,02 | 17,8 | 1140 | 590 | 78 | 0,1 |
| | | 0,03 | 12,6 | 800 | 780 | 110 | 0,1 |
| | | 0,04 | 9,7 | 620 | 950 | 150 | 0,1 |
| | 8 | 0,04 | 13,2 | 520 | 1500 | 250 | 0,2 |
| | | 0,06 | 9,5 | 380 | 2000 | 510 | 0,2 |
| | 10 | 0,05 | 12,8 | 410 | 2200 | 660 | 0,25 |
| | | 0,08 | 8,6 | 275 | 3000 | 1000 | 0,25 |
| | 12 | 0,07 | 11,8 | 310 | 3310 | 1250 | 0,34 |
| | | 0,10 | 7,5 | 200 | 4160 | 1750 | 0,34 |
| | 15 | 0,07 | 11,5 | 250 | 4260 | 2000 | 0,45 |
| | | 0,09 | 8,5 | 180 | 5000 | 2450 | 0,45 |
| | | 0,12 | 6,0 | 130 | 6000 | 3100 | 0,45 |
| | 20 | 0,09 | 11,0 | 175 | 6600 | 4850 | 0,8 |
| | | 0,12 | 9,5 | 150 | 7950 | 5800 | 0,8 |
| | | 0,15 | 7,0 | 110 | 9000 | 7000 | 0,8 |
| VI | 1 | 0,01 | 8,4 | 1270 | 110 | 8 | 0,01 |
| | | 0,02 | 4,8 | 460 | 180 | 16 | 0,01 |
| | 3 | 0,02 | 6,0 | 640 | 280 | 33 | 0,02 |
| | | 0,03 | 3,6 | 380 | 370 | 49 | 0,02 |
| | 5 | 0,03 | 6,0 | 380 | 620 | 120 | 0,05 |
| | | 0,05 | 3,6 | 230 | 890 | 190 | 0,05 |
| | 8 | 0,05 | 4,8 | 190 | 1420 | 480 | 0,10 |
| | | 0,07 | 3,6 | 140 | 1800 | 650 | 0,10 |
| | | 0,09 | 2,8 | 110 | 2150 | 830 | 0,10 |
| | 10 | 0,09 | 4,1 | 130 | 2250 | 980 | 0,13 |
| | | 0,09 | 3,4 | 110 | 2690 | 1240 | 0,13 |
| | | 0,10 | 3,0 | 95 | 2890 | 1320 | 0,13 |
| | 12 | 0,07 | 4,4 | 120 | 2710 | 1370 | 0,17 |
| | | 0,09 | 3,6 | 100 | 3230 | 1730 | 0,17 |
| | | 0,10 | 3,4 | 90 | 3470 | 1900 | 0,17 |
| | 15 | 0,07 | 5,3 | 110 | 3380 | 2040 | 0,24 |
| | | 0,09 | 4,8 | 90 | 4030 | 2570 | 0,24 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VI | 18 | 0,10 | 4,0 | 85 | 4340 | 2840 | 0,24 |
| | | 0,10 | 4,2 | 74 | 5200 | 3980 | 0,30 |
| | | 0,15 | 3,0 | 53 | 6910 | 5790 | 0,31 |
| | 20 | 0,10 | 4,6 | 73 | 5780 | 4800 | 0,36 |
| | | 0,15 | 3,2 | 50 | 7680 | 6980 | 0,37 |
| | 24 | 0,12 | 4,2 | 56 | 7880 | 7960 | 0,46 |
| | | 0,18 | 3,0 | 40 | 10 480 | 11 580 | 0,59 |
| VI* | 1 | 0,003 | 18,7 | 6000 | 25 | 1,0 | 0,008 |
| | | 0,006 | 10,2 | 3200 | 40 | 1,5 | 0,008 |
| | 2 | 0,006 | 17,5 | 2800 | 80 | 5 | 0,015 |
| | | 0,008 | 12,4 | 1980 | 96 | 6 | 0,015 |
| | | 0,012 | 9,1 | 1450 | 128 | 9 | 0,015 |
| | 3 | 0,010 | 14,6 | 1550 | 170 | 12 | 0,020 |
| | | 0,012 | 11,6 | 1230 | 190 | 14 | 0,020 |
| | | 0,015 | 10,2 | 1080 | 224 | 16 | 0,020 |
| | | 0,018 | 8,8 | 940 | 251 | 20 | 0,020 |
| | 5 | 0,020 | 11,9 | 760 | 470 | 63 | 0,050 |
| | | 0,030 | 8,4 | 540 | 625 | 93 | 0,055 |
| | | 0,040 | 6,4 | 400 | 760 | 120 | 0,055 |
| | 8 | 0,04 | 8,8 | 350 | 1200 | 280 | 0,11 |
| | | 0,05 | 7,2 | 280 | 1420 | 340 | 0,11 |
| | | 0,06 | 6,2 | 250 | 1600 | 410 | 0,11 |
| | 12 | 0,07 | 7,2 | 190 | 2650 | 1000 | 0,19 |
| | | 0,09 | 5,6 | 150 | 3100 | 1300 | 0,19 |
| | | 0,10 | 5,0 | 130 | 3300 | 1400 | 0,19 |
| | 15 | 0,07 | 7,2 | 160 | 3400 | 1600 | 0,25 |
| | | 0,09 | 5,8 | 125 | 4000 | 1900 | 0,25 |
| | | 0,12 | 4,4 | 95 | 4800 | 2500 | 0,25 |
| | 20 | 0,09 | 7,4 | 120 | 5300 | 3900 | 0,43 |
| | | 0,12 | 6,4 | 100 | 6350 | 4600 | 0,45 |
| | | 0,15 | 4,8 | 75 | 7200 | 5600 | 0,45 |
| VII | 2 | 0,02 | 24 | 3810 | 110 | 6 | 0,02 |
| | | 0,03 | 18 | 2880 | 140 | 9 | 0,03 |
| | 3 | 0,03 | 20 | 2120 | 220 | 19 | 0,03 |
| | | 0,05 | 14 | 1520 | 310 | 30 | 0,05 |
| | 5 | 0,05 | 20 | 1270 | 520 | 76 | 0,10 |
| | | 0,07 | 17 | 1070 | 660 | 102 | 0,10 |
| | 8 | 0,07 | 18 | 720 | 1060 | 248 | 0,18 |
| | | 0,09 | 16 | 620 | 1260 | 310 | 0,20 |
| | | 0,12 | 13 | 530 | 1540 | 400 | 0,22 |
| | 10 | 0,09 | 19 | 590 | 1570 | 460 | 0,28 |
| | | 0,12 | 16 | 500 | 1930 | 596 | 0,30 |
| | | 0,15 | 13 | 420 | 2250 | 730 | 0,31 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VII | 12 | 0,09 | 19 | 510 | 1890 | 650 | 0,34 |
| | | 0,12 | 16 | 430 | 4310 | 838 | 0,37 |
| | | 0,15 | 14 | 380 | 2700 | 1020 | 0,40 |
| | 15 | 0,10 | 22 | 580 | 2540 | 1060 | 0,60 |
| | | 0,15 | 17 | 440 | 3380 | 1520 | 0,70 |
| | | 0,18 | 16 | 410 | 3840 | 1780 | 0,76 |
| | 18 | 0,12 | 19 | 340 | 3470 | 1760 | 0,60 |
| | | 0,15 | 18 | 310 | 3860 | 2010 | 0,65 |
| | | 0,20 | 14 | 250 | 4960 | 2500 | 0,72 |
| | 24 | 0,15 | 19 | 240 | 4290 | 3460 | 0,85 |
| | | 0,20 | 14 | 190 | 5510 | 4780 | 0,94 |
| | | 0,25 | 13 | 170 | 6440 | 5790 | 1,03 |
| VII* с $\sigma_в <$ < 1000 МПа | 1 | 0,006 | 48,2 | 15300 | 24 | 0,5 | 0,008 |
| | | 0,009 | 37,0 | 11800 | 31 | 0,8 | 0,010 |
| | 2 | 0,012 | 48,2 | 7650 | 77 | 3,6 | 0,028 |
| | | 0,018 | 37,0 | 5900 | 100 | 5,2 | 0,032 |
| | 3 | 0,015 | 44,3 | 4700 | 135 | 8,5 | 0,040 |
| | | 0,025 | 32,0 | 3400 | 193 | 15 | 0,152 |
| | 5 | 0,03 | 34,3 | 2450 | 365 | 43 | 0,101 |
| | | 0,05 | 25,0 | 1600 | 522 | 72 | 0,120 |
| | 8 | 0,05 | 32,0 | 1270 | 835 | 169 | 0,21 |
| | | 0,08 | 23,6 | 940 | 1160 | 260 | 0,25 |
| | 12 | 0,07 | 26,8 | 710 | 1590 | 382 | 0,28 |
| | | 0,12 | 18,9 | 500 | 2310 | 630 | 0,33 |
| | 15 | 0,10 | 21,1 | 450 | 2540 | 1028 | 0,47 |
| | | 0,15 | 16,5 | 350 | 3380 | 1873 | 0,67 |
| | 20 | 0,12 | 22,5 | 360 | 3850 | 2054 | 0,75 |
| | | 0,18 | 17,3 | 275 | 5120 | 2840 | 0,81 |
| VII* с $\sigma_в >$ > 1000 МПа | 1 | 0,008 | 45,0 | 14360 | 25 | 0,4 | 0,006 |
| | | 0,006 | 28,9 | 9200 | 37 | 1,0 | 0,010 |
| | 2 | 0,006 | 45,0 | 7160 | 74 | 3,2 | 0,024 |
| | | 0,012 | 28,9 | 4600 | 114 | 7,6 | 0,036 |
| | 3 | 0,010 | 38,0 | 4040 | 157 | 11 | 0,045 |
| | | 0,015 | 26,4 | 2800 | 206 | 15 | 0,045 |
| | | 0,018 | 23,4 | 2450 | 230 | 16 | 0,044 |
| | 5 | 0,02 | 26,4 | 1650 | 420 | 43 | 0,074 |
| | | 0,03 | 20,6 | 1330 | 560 | 68 | 0,092 |
| | 8 | 0,04 | 21,8 | 860 | 1080 | 182 | 0,16 |
| | | 0,06 | 17,0 | 680 | 1450 | 302 | 0,21 |
| | 12 | 0,06 | 19,8 | 525 | 2260 | 510 | 0,28 |
| | | 0,09 | 13,7 | 370 | 2900 | 746 | 0,28 |
| | 15 | 0,08 | 22,0 | 470 | 3450 | 1220 | 0,57 |
| | | 0,12 | 15,3 | 320 | 4430 | 1788 | 0,62 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VII* с $\sigma_в > 1000$ МПа | 20 | 0,10 | 17,0 | 270 | 5200 | 26 070 | 0,75 |
| | | 0,12 | 13,5 | 220 | 5900 | 31 450 | 0,75 |
| | | 0,15 | 11,7 | 185 | 6900 | 38 210 | 0,75 |
| VIII* | 1 | 0,002 | 21,8 | 7000 | 26 | 1,0 | 0,006 |
| | | 0,004 | 10,2 | 3200 | 50 | 1,2 | 0,006 |
| | 2 | 0,005 | 20,5 | 3270 | 120 | 5 | 6,015 |
| | | 0,007 | 14,0 | 2230 | 158 | 7 | 0,015 |
| | 3 | 0,008 | 17,5 | 1850 | 290 | 11 | 0,025 |
| | | 0,012 | 11,0 | 1170 | 420 | 17 | 0,025 |
| | | 0,015 | 8,8 | 930 | 460 | 20 | 0,025 |
| | 5 | 0,015 | 26,5 | 1680 | 750 | 53 | 0,10 |
| | | 0,025 | 15,5 | 980 | 950 | 88 | 0,10 |
| | 8 | 0,03 | 22,0 | 880 | 1780 | 220 | 0,22 |
| | | 0,05 | 13,0 | 520 | 2400 | 360 | 0,22 |
| | 12 | 0,05 | 24,5 | 650 | 3600 | 770 | 0,55 |
| | | 0,08 | 15,0 | 400 | 5100 | 1200 | 0,55 |
| | 15 | 0,07 | 21,5 | 460 | 5430 | 1500 | 0,78 |
| | | 0,09 | 16,5 | 350 | 6900 | 1900 | 0,78 |
| | 20 | 0,09 | 32,0 | 510 | 8100 | 3700 | 1,80 |
| | | 0,10 | 28,0 | 450 | 10 000 | 4100 | 1,80 |
| | | 0,12 | 22,5 | 360 | 13 500 | 4500 | 1,80 |
| IX | 2 | 0,03 | | | | | |
| | | 0,04 | | | | | |
| | | 0,05 | | | | | |
| | 3 | 0,05 | | | | | |
| | | 0,07 | | | | | |
| | | 0,09 | | | | | |
| | 5 | 0,07 | | | | | |
| | | 0,09 | | | | | |
| | | 0,10 | | | | | |
| | | 0,12 | | | | | |
| | 8 | 0,10 | | | | | |
| | | 0,12 | | | | | |
| | | 0,15 | | | | | |
| | | 0,18 | | | | | |
| | 10 | 0,12 | 86 | 2730 | 450 | 100 | |
| | | 0,15 | 79 | 2510 | 530 | 130 | |
| | | 0,18 | 73 | 2320 | 600 | 150 | |
| | | 0,20 | 70 | 2225 | 650 | 160 | |
| | 12 | 0,15 | 78 | 2070 | 630 | 180 | |
| | | 0,18 | 73 | 1930 | 720 | 210 | |
| | | 0,20 | 70 | 1855 | 770 | 230 | |
| | | 0,22 | 67 | 1775 | 830 | 280 | |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IX | 15 | 0,18 | 80 | 1695 | 900 | 320 | |
| | | 0,20 | 76 | 1610 | 970 | 350 | |
| | | 0,22 | 74 | 1570 | 1040 | 370 | |
| | | 0,25 | 70 | 1485 | 1130 | 420 | |
| | 18 | 0,22 | 74 | 1305 | 1250 | 530 | |
| | | 0,25 | 71 | 1250 | 1360 | 590 | |
| | | 0,30 | 66 | 1170 | 1550 | 690 | |
| | 20 | 0,25 | 74 | 1175 | 1510 | 720 | |
| | | 0,30 | 68 | 1080 | 1720 | 840 | |
| | | 0,35 | 64 | 1015 | 1920 | 960 | |
| | | 0,40 | 61 | 970 | 2100 | 1070 | |
| X | 2 | 0,05 | | | | | |
| | | 0,07 | | | | | |
| | | 0,10 | | | | | |
| | 3 | 0,05 | | | | | |
| | | 0,07 | | | | | |
| | | 0,10 | | | | | |
| | 5 | 0,07 | | | | | |
| | | 0,10 | | | | | |
| | | 0,15 | | | | | |
| | | 0,20 | | | | | |
| | 8 | 0,12 | | | | | |
| | | 0,15 | | | | | |
| | | 0,20 | | | | | |
| | | 0,25 | | | | | |
| | 10 | 0,20 | 55 | 1750 | 2750 | 720 | 1,29 |
| | | 0,25 | 51 | 1600 | 3220 | 877 | 1,44 |
| | | 0,30 | 47 | 1500 | 3490 | 1030 | 1,58 |
| | | 0,35 | 44 | 1400 | 4070 | 1180 | 1,69 |
| | 12 | 0,20 | 55 | 1460 | 3250 | 1020 | 1,54 |
| | | 0,25 | 50 | 1300 | 3840 | 1240 | 1,65 |
| | | 0,30 | 47 | 1250 | 4350 | 1450 | 1,86 |
| | | 0,35 | 44 | 1170 | 4850 | 1670 | 2,0 |
| | 15 | 0,25 | 57 | 1200 | 4830 | 1880 | 2,3 |
| | | 0,30 | 53 | 1100 | 5480 | 2200 | 2,5 |
| | | 0,35 | 50 | 1060 | 6110 | 2520 | 2,7 |
| | | 0,40 | 47 | 990 | 6710 | 2840 | 2,9 |
| | 18 | 0,25 | 55 | 970 | 5790 | 2650 | 2,6 |
| | | 0,30 | 51 | 900 | 6580 | 3120 | 2,9 |
| | | 0,35 | 48 | 850 | 7330 | 3500 | 3,1 |
| | | 0,40 | 46 | 800 | 8050 | 4010 | 3,3 |
| | 20 | 0,30 | 54 | 860 | 7310 | 3790 | 3,4 |
| | | 0,35 | 51 | 810 | 8150 | 4330 | 3,6 |
| | | 0,40 | 47 | 750 | 8930 | 4870 | 3,7 |
| | | 0,45 | 46 | 730 | 9700 | 5410 | 4,0 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | 20 | 0,50 | 44 | 700 | 10450 | 5930 | 4,3 |
| XI | 2 | 0,02 | 64 | 10 175 | 110 | 6 | 0,06 |
| | | 0,03 | 48 | 7630 | 150 | 8 | |
| | 3 | 0,05 | 34 | 5405 | 210 | 13 | 0,07 |
| | | 0,03 | 52 | 5510 | 230 | 17 | 0,09 |
| | | 0,05 | 36 | 3815 | 320 | 27 | 0,10 |
| | | 0,08 | 26 | 2755 | 450 | 42 | 0,12 |
| | 5 | 0,05 | 45 | 2860 | 540 | 73 | 0,20 |
| | | 0,08 | 32 | 2035 | 750 | 107 | |
| | | 0,10 | 27 | 1715 | 880 | 130 | 0,23 |
| | 8 | 0,08 | 35 | 1390 | 1200 | 260 | 0,40 |
| | | 0,10 | 30 | 1190 | 1400 | 320 | |
| | | 0,12 | 26 | 1030 | 1600 | 370 | |
| | | 0,15 | 23 | 915 | 1860 | 450 | |
| | 10 | 0,10 | 33 | 1050 | 1750 | 480 | 0,50 |
| | | 0,12 | 28 | 890 | 1990 | 560 | |
| | | 0,15 | 25 | 795 | 2330 | 690 | 0,60 |
| | | 0,20 | 21 | 670 | 2850 | 890 | |
| | 12 | 0,10 | 34 | 900 | 2100 | 670 | 0,62 |
| | | 0,12 | 30 | 795 | 2390 | 690 | 0,64 |
| | | 0,15 | 25 | 660 | 2800 | 960 | 0,65 |
| | | 0,20 | 21 | 555 | 3420 | 1250 | 0,70 |
| | 15 | 0,12 | 33 | 700 | 3000 | 1190 | 0,85 |
| | | 0,15 | 28 | 590 | 3490 | 1460 | 0,88 |
| | | 0,18 | 24 | 510 | 3970 | 1720 | 0,90 |
| | | 0,24 | 20 | 440 | 4850 | 2230 | 0,96 |
| | 18 | 0,15 | 29 | 510 | 4200 | 2060 | 1,02 |
| | | 0,18 | 25 | 440 | 4760 | 2420 | 1,10 |
| | | 0,20 | 23 | 405 | 5120 | 2670 | 1,16 |
| | | 0,24 | 21 | 370 | 5830 | 3140 | 1,20 |
| | 20 | 0,15 | 30 | 480 | 4650 | 2490 | 1,24 |
| | | 0,18 | 26 | 410 | 5300 | 2940 | 1,28 |
| | | 0,20 | 24 | 380 | 5700 | 3240 | 1,32 |
| | | 0,24 | 22 | 350 | 6470 | 3820 | 1,40 |
| XI* $\sigma_в$ = = 1400 МПа | 2 | 0,006 | 23 | 3655 | 90 | 3 | 0,01 |
| | | 0,008 | 17 | 2700 | 110 | 5 | |
| | | 0,012 | 11 | 1750 | 140 | 7 | |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| XI* $\sigma_в = 1400$ МПа | 3 | 0,010 | 26 | 2755 | 190 | 11 | 0,03 |
| | | 0,015 | 17 | 1800 | 250 | 16 | |
| | | 0,018 | 14 | 1480 | 290 | 19 | |
| | 5 | 0,020 | 33 | 2100 | 520 | 49 | 0,10 |
| | | 0,030 | 21 | 1335 | 690 | 74 | |
| | | 0,040 | 15 | 950 | 840 | 97 | |
| | 8 | 0,040 | 28 | 1110 | 1340 | 210 | 0,20 |
| | | 0,060 | 18 | 715 | 1790 | 320 | |
| | 10 | 0,050 | 27 | 860 | 1960 | 390 | 0,30 |
| | | 0,080 | 16 | 510 | 2730 | 620 | |
| | 12 | 0,070 | 27 | 715 | 2980 | 730 | 0,50 |
| | | 0,090 | 21 | 555 | 3560 | 940 | |
| | 15 | 0,090 | 27 | 570 | 4450 | 1370 | 0,80 |
| | | 0,120 | 19 | 400 | 5430 | 1810 | 0,80 |
| | 20 | 0,090 | 46 | 730 | 5930 | 2180 | 1,60 |
| | | 0,120 | 34 | 540 | 7240 | 2880 | |
| | | 0,150 | 26 | 410 | 8470 | 3570 | |
| XII | 2 | 0,03 | 41 | 6520 | 100 | 5 | 0,03 |
| | | 0,05 | 32 | 5090 | 150 | 8 | 0,04 |
| | 3 | 0,05 | 33 | 3500 | 220 | 20 | |
| | | 0,07 | 28 | 2970 | 280 | 23 | 0,07 |
| | | 0,09 | 24 | 2440 | 330 | 30 | |
| | 5 | 0,07 | 34 | 2160 | 460 | 60 | |
| | | 0,09 | 80 | 1910 | 550 | 70 | 0,10 |
| | | 0,12 | 26 | 1650 | 680 | 100 | |
| | 8 | 0,10 | 29 | 1150 | 960 | 200 | 0,20 |
| | | 0,12 | 27 | 1070 | 1080 | 230 | |
| | | 0,15 | 24 | 950 | 1270 | 280 | 0,30 |
| | | 0,18 | 22 | 870 | 1440 | 330 | |
| | 10 | 0,18 | 24 | 760 | 1810 | 500 | |
| | | 0,20 | 23 | 730 | 1940 | 550 | |
| | | 0,22 | 22 | 700 | 2070 | 600 | 0,40 |
| | | 0,24 | 21 | 670 | 2210 | 640 | |
| | 12 | 0,15 | 26 | 690 | 1900 | 600 | |
| | | 0,18 | 24 | 630 | 2170 | 710 | |
| | | 0,20 | 23 | 610 | 2330 | 770 | |
| | | 0,22 | 22 | 580 | 2490 | 840 | |
| | | 0,25 | 21 | 555 | 2730 | 940 | 0,50 |
| | | 0,27 | 20 | 530 | 2880 | 1000 | |
| | 15 | 0,20 | 25 | 530 | 2920 | 1170 | 0,60 |

*Продолжение табл. 15*

| Группа обрабатываемого материала | $d_{отв}$, мм | $S$, мм/об | $v$, м/мин | $n$, об/мин | $P_o$, Н | $M_{кр}$, Н·м | $N_э$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| XII | 18 | 0,24 | 23 | 490 | 3310 | 1370 | 0,70 |
| | | 0,27 | 22 | 470 | 3600 | 1520 | |
| | | 0,30 | 20 | 420 | 3870 | 1660 | |
| | | 0,22 | 24 | 420 | 3740 | 1790 | 0,80 |
| | | 0,25 | 23 | 410 | 4090 | 2000 | |
| | | 0,27 | 22 | 390 | 4310 | 3140 | 0,90 |
| | | 0,30 | 21 | 370 | 4640 | 2340 | |
| | | 0,35 | 19 | 335 | 5180 | 2680 | |
| | 20 | 0,25 | 24 | 380 | 4540 | 2430 | 0,9 |
| | | 0,30 | 22 | 350 | 5160 | 2840 | 1,0 |
| | | 0,35 | 20 | 320 | 5750 | 3260 | 1,1 |
| | | 0,40 | 19 | 300 | 6310 | 3660 | 1,1 |
| XII* | 2 | 0,02 | 91 | 14470 | 80 | 3 | 0,04 |
| | | 0,03 | 74 | 11770 | 100 | 5 | 0,06 |
| | 3 | 0,03 | 90 | 9500 | 150 | 10 | 0,09 |
| | | 0,05 | 70 | 7400 | 220 | 16 | 0,1 |
| | 5 | 0,05 | 95 | 6000 | 370 | 39 | 0,2 |
| | | 0,07 | 80 | 5100 | 460 | 53 | 0,3 |
| | 8 | 0,07 | 91 | 3615 | 750 | 130 | 0,5 |
| | | 0,09 | 80 | 3180 | 890 | 160 | |
| | | 0,12 | 69 | 2740 | 1080 | 200 | |
| | 10 | 0,09 | 81 | 2575 | 1110 | 240 | 0,6 |
| | | 0,12 | 70 | 2225 | 1360 | 310 | 0,7 |
| | | 0,15 | 63 | 2000 | 1500 | 370 | |
| | 12 | 0,10 | 86 | 2280 | 1430 | 360 | 0,8 |
| | | 0,15 | 70 | 1855 | 1900 | 520 | 1,0 |
| | | 0,18 | 64 | 1695 | 2170 | 610 | 1,1 |
| | | 0,20 | 61 | 1615 | 2330 | 670 | |
| | 15 | 0,12 | 82 | 1735 | 2040 | 650 | 1,2 |
| | | 0,15 | 73 | 1545 | 2380 | 790 | 1,3 |
| | | 0,18 | 67 | 1420 | 2710 | 920 | 1,4 |
| | | 0,20 | 64 | 1355 | 2920 | 1010 | 1,6 |
| | 18 | 0,15 | 82 | 1450 | 2860 | 1090 | 1,7 |
| | | 0,18 | 75 | 1325 | 3250 | 1290 | 1,8 |
| | | 0,20 | 71 | 1250 | 3500 | 1410 | 1,9 |
| | | 0,22 | 68 | 1200 | 3740 | 1530 | 2,0 |
| | 20 | 0,18 | 80 | 1270 | 3610 | 1550 | 2,1 |
| | | 0,20 | 76 | 1205 | 3880 | 1700 | 2,2 |
| | | 0,22 | 72 | 1145 | 4150 | 1860 | 2,3 |
| | | 0,25 | 67 | 1065 | 4540 | 2070 | |

* Режимы резания при сверлении инструментом, оснащенным пластиной из твердого сплава.

Примечание. Обозначения в таблице следующие: $d_{отв}$ – диаметр отверстия; $n$ – частота вращения сверла; $P_o$ – осевая сила резания; $M_{кр}$ – крутящий момент; остальные обозначения см. в примечании к табл. 5.

**16. Поправочные коэффициенты на скорость резания при сверлении**

| Группа обрабатываемого материала | $\sigma_в$, МПа | $K_{v_1}$ |
|---|---|---|
| I | 600 | 1,5 |
| | 900 | 1,0 |
| II: | | |
| 12Х13; 25Х13Н2; 20Х13; | 600–700 | 1,4 |
| 1Х12Н2ВМФ, 23Х13НВМФА, 30Х13, | 800–900 | 1,3 |
| ЭП311, 09Х16Н4Б; 40Х13, 07Х16Н6, | 900–1000 | 1,2 |
| 14Х17Н2 | 1000–1100 | 1,0 |
| | 1200 | 1,3 |
| | 1300 | 1,18 |
| | 1400 | 1,00 |
| | 1500 | 0,8 |
| | 1600 | 0,79 |
| | 1700 | 0,69 |
| | 1800 | 0,62 |
| III: | | |
| 18Х18Н10Т, 20Х23Н18 | 600 | 1,0 |
| Х15Н5Д2Т | 1000 | 1,0 |
| 12Х2Н5Т | 700 | 0,81 |
| Х15Н9Ю, Х17Н5М3 | 900–1000 | 0,83 |
| IV: | | |
| 45Х14Н14В2М | 700 | 1,4 |
| 08Х15Н24В4ТР, ЭИ395, | 800–1000 | 1,0 |
| 07Х21Г7АН5, 12Х25Н16Г7АР, | | |
| 37Х12Н8Г8МФБ | | |
| 10Х11Н23Т3МР, 10ХПН10Т3Р, | 700–900 | 0,79 |
| 15Х18Н12С4ТЮ | | |
| V: | | |
| 36НХТЮ, ХН60В | 800–1200 | 1,0 |
| КН77ТЮ, ХН77ТЮР | 1000–1100 | 1,0 |
| ХН35ВТЮ, ЭП99 | 1150–1200 | 0,75 |
| ХН65МТЮ, ХН67ВМТЮ | 900–1000 | 0,64 |
| ХН62МВКЮ, ХН60МВТЮ, ХН82ТЮМБ | 1000–1100 | 0,64 |
| ХН62МВКЮ, ХН60МВТЮ, | 1200–1400 | 0,47 |
| ХН82ТЮМБ | | |
| VI | 800–1000 | 1,00 |
| VII: | | |
| ВТ1, ВТ1-1, ВТ1-2 | 450–700 | 1,5 |
| ОТ4, ОТ4-1, ВТ5, ВТ5-1 | 700–950 | 1,0 |
| ВТ6, ВТ6С | 900–1000 | 0,95 |
| ВТ3, ВТ3-1, ВТ14, ВТ15 | 950–1200 | 0,9 |
| ВТ14, ВТ15 (после закалки и старения) | 1150–1500 | 0,75 |

*Продолжение табл. 16*

| Группа обрабатываемого материала | $\sigma_в$, МПа | $K_{v_1}$ |
|---|---|---|
| VIII | 1600 | 1,56 |
| | 1700 | 1,38 |
| | 1800 | 1,24 |
| | 2000 | 1,00 |
| IX: | | |
| АМг2, АМг3, АМг5М, АМг6, АМг6М, Д1, Д16, АК4, АК6, АК8, АК4-1, АМц | 100–460 | 1,00 |
| В95 | 500–540 | 0,6 |
| АЛ2, АЛ4, АЛ7, АЛ9 (модифицированные) | 140–240 | 0,8 |
| АЛ9В, АЛ27, АЛ13 (немодифицированные) | 130–320 | 0,5 |
| X: | | |
| М2, М3, Л63, ЛС 59-1, ЛЦ16К4 | 290–340 | 2,00 |
| БрА9Ж3Л | 390–400 | 1,20 |
| БрА10Ж4Н4Л | 587 | 1,00 |
| XI | 1200 | 1,35 |
| | 1300 | 1,15 |
| | 1400 | 1,00 |
| | 1500 | 0,88 |
| | 1600 | 0,76 |
| XII: | | |
| СЧ 15 | 163–229* | 1,00 |
| СЧ 18 | 170–229* | – |
| СЧ 21 | 170–240* | – |

* Для чугунов даны значения *НВ*.

**17. Поправочные коэффициенты $K_{v_2}$ на скорость резания в зависимости от марки материала режущей части сверла**

| Группа обрабатываемого материала | Быстрорежущая сталь по ГОСТ 19265–73* | | | | | | | Твердый сплав по ГОСТ 3882–74* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Р9К5 | Р6М5 | Р6М3 | Р18 | Р9М4К8 | Р10ЗКФ5 | Р6М5К5 | ВК8 | ВК6ОМ | ВК6М | ВК10М | ВК15М |
| I | 1,0 | 0,94 | 0,91 | 0,87 | 1,1 | | | | | | | |

*Продолжение табл. 17*

| Группа обрабатываемого материала | Быстрорежущая сталь по ГОСТ 19265–73* | | | | | | | Твердый сплав по ГОСТ 3882–74* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Р9К5 | Р6М5 | Р6М3 | Р18 | Р9М4К8 | Р10ЗКФ5 | Р6М5К5 | ВК8 | ВК6ОМ | ВК6М | ВК10М | ВК15М |
| II | 1,0 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 1,3 | | | 1,0 | 1,25 | 1,15 | 0,9 | 0,7 |
| III | 1,0 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 1,3 | | | | | | | |
| IV | 1,0 | 0,86 | | 0,9 | 1,0 | 1,0 | | | | | | |
| V | 1,0 | 0,88 | | 0,84 | 1,4 | 1,05 | | 1,0 | 1,25 | 1,15 | 0,9 | 0,7 |
| VI | 1,0 | 0,88 | | 0,84 | 1,4 | 1,05 | | 1,0 | 1,25 | 1,15 | 0,9 | 0,7 |
| VII | 1,0 | 0,73 | | 0,82 | 1,29 | 1,0 | | 1,0 | 1,25 | 1,15 | 0,9 | 0,7 |
| VIII | | | | | | | | 1,0 | 1,25 | 1,15 | 0,9 | 0,7 |
| IX | | 1,0 | | | | | | | | | | |
| X | | 1,0 | | | | | | | | | | |
| XI | 0,97 | | | | 1,12 | | 1,0 | 1,0 | | 1,20 | 0,95 | |
| XII | | | | | | | | 1,0 | | 1,20 | | |

Примечание. Данные для стали Р18 приведены для сравнения.

**18. Режимы резания при зенкеровании**

| Группа обрабатываемого материала | Диаметр зенкера, мм | Глубина резания, мм | Подача, мм/об | Скорость резания, м/мин |
|---|---|---|---|---|
| II | Св. 10 до 20 | 0,5–1,0 | 0,40–0,60 | 12–18 |
| | » 20 » 30 | 0,1–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,60–0,90<br>0,45–0,60<br>0,30–0,45 | |
| | » 30 » 80 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,75–1,0<br>0,60–0,75<br>0,5–0,6 | 9–12 |
| III | От 10 до 20 | 0,5–1,0 | 0,30–0,45 | |
| | | | 0,50–0,75 | |
| | Св. 20 до 30 | 1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,40–0,50<br>0,30–0,40 | 10–15 |
| | » 30 » 80 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,60–0,80<br>0,45–0,60<br>0,30–0,45 | 6–10 |

*Продолжение табл. 18*

| Группа обрабатываемого материала | Диаметр зенкера, мм | Глубина резания, мм | Подача, мм/об | Скорость резания, м/мин |
|---|---|---|---|---|
| VII | Св. 10 до 20 | 0,5–1,0 | 0,40–0,60 | 8–10 |
| | » 20 » 30 | 1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,75–1,00<br>0,60–0,75<br>0,30–0,45 | |
| | » 30 » 50 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,8–1,2<br>0,6–1,0<br>0,4–0,6 | 6–8 |
| | » 50 » 80 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 1,2–1,8<br>0,8–1,0<br>0,4–0,6 | |
| IX | » 10 » 15 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0 | 0,40–0,60<br>0,30–0,45 | 30–45 |
| | » 15 » 20 | 0,5–1,0<br>1,0–3,0 | 0,60–0,75<br>0,45–0,60 | |
| | » 20 » 30 | 0,5–1,0<br>1,0–3,0<br>3,0–5,0 | 0,50–1,00<br>0,60–0,75<br>0,30–0,45 | |
| | » 30 » 40 | 0,5–1,0<br>1,0–3,0<br>3,0–5,0 | 0,80–1,20<br>0,60–1,00<br>0,40–0,60 | 25–30 |
| | » 40 » 50 | 0,5–1,0<br>1,0–5,0<br>5,0–8,0 | 0,80–1,20<br>0,60–1,00<br>0,40–0,60 | |
| | » 50 » 80 | 0,5–1,0<br>1,0–5,0<br>5,0–8,0 | 1,20–1,80<br>0,80–1,20<br>0,60–0,80 | |
| X | От 10 до 15 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0 | 0,40–0,60<br>0,30–0,45 | 25–35 |
| | Св. 15 до 20 | 0,5–1,0<br>1,0–3,0 | 0,60–0,75<br>0,45–0,60 | |
| | » 20 » 30 | 0,5–1,0<br>1,0–3,0<br>3,0–5,0 | 0,50–1,00<br>0,60–0,75<br>0,30–0,45 | |

*Продолжение табл. 18*

| Группа обрабатываемого материала | Диаметр зенкера, мм | Глубина резания, мм | Подача, мм/об | Скорость резания, м/мин |
|---|---|---|---|---|
| X | Св. 30 до 50 | 0,5–1,0<br>1,0–3,0<br>3,0–5,0 | 0,80–1,20<br>0,60–1,00<br>0,40–0,60 | 20–30 |
| | » 50 » 80 | 0,5–1,0<br>1,0–3,0<br>3,0–5,0 | 1,20–1,80<br>0,80–1,20<br>0,60–0,80 | |
| XI | От 10 до 15 | 0,5–1,0 | 0,40–0,60 | 15–20 |
| | Св. 15 до 20 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0 | 0,60–0,75<br>0,45–0,60 | |
| | » 20 » 30 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,75–1,00<br>0,60–0,75<br>0,30–0,45 | |
| | » 30 » 50 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,80–1,20<br>0,60–1,00<br>0,40–0,60 | 12–18 |
| | » 50 » 80 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 1,20–1,80<br>0,80–1,20<br>0,60–0,80 | |
| XII | От 10 до 15 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0 | 0,60–0,75<br>0,45–0,60 | 15–20 |
| | Св. 15 до 20 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,60–0,75<br>0,45–0,60<br>0,30–0,45 | |
| | » 20 » 30 | 0,5–1,0<br>1,0–2,0<br>2,0–3,0 | 0,80–1,20<br>0,75–0,90<br>0,60–0,75 | |
| | » 30 » 80 | 0,5–1,0<br>1,0–3,0<br>3,0–5,0 | 1,20–1,80<br>0,90–1,20<br>0,60–0,90 | 12–18 |

**19. Марка материала режущей части зенкера**

| Группа обрабатываемого материала | Марка материала | Группа обрабатываемого материала | Марка материала |
|---|---|---|---|
| II<br>III<br>VII<br>XI | Р9М4К8, Р6М5К5, Р9К5, Р6М5 | IX<br>X<br>XII | Р6М5 |

**20. Поправочные коэффициенты $K_{v_1}$ на скорость резания при зенкеровании**

| Группа обрабатываемого материала | $\sigma_в$, МПа | $HRC_э$ | $K_{v_1}$ |
|---|---|---|---|
| II | До 1000<br>Св. 1000 до 1400 | –<br>– | 1,0<br>0,5 |
| XI | –<br>–<br>–<br>– | До 32<br>Св. 32 до 38<br>» 38 » 44<br>» 44 » 48 | 1,0<br>0,7<br>0,5<br>0,42 |

**21. Режимы резания при развертывании**

| Группа обрабатываемого материала | Диаметр развертки, мм | Глубина резания, мм | Подача, мм/об | Скорость резания, м/мин | Марка материала режущей части развертки |
|---|---|---|---|---|---|
| II, III, IV, V | От 2 до 5 | 0,05–0,10 | 0,1–0,15 | 1–2 | Р10К5Ф5, Р9М4К8Ф, Р6М5К5, Р9К5, Р6М5 |
| | | | 0,4–0,5 | | |
| | Св. 5 до 10 | 0,10–0,20 | 0,5–0,6 | | |
| | » 10 » 15 | 0,05–0,10<br>0,10–0,20 | 0,4–0,5<br>0,5–0,6 | | |
| | » 15 » 20 | 0,05–0,10<br>0,10–0,20 | 0,4–0,5<br>0,6–0,9 | | |

*Продолжение табл. 21*

| Группа обрабатываемого материала | Диаметр развертки, мм | Глубина резания, мм | Подача, мм/об | Скорость резания, м/мин | Марка материала режущей части развертки |
|---|---|---|---|---|---|
| I, VII с $\sigma_в = 450 \div 1000$ МПа | От 2 до 5 | 0,08–0,12 | 0,1–0,15 | 5–8 | Р10К5Ф5, Р9М4К8Ф, Р6М5К5, Р9К5, Р6М5 |
| | | | 0,5–0,6 | | |
| | Св. 5 до 10 | 0,12–0,20 | 0,6–0,8 | | |
| | » 10 » 15 | 0,08–0,12<br>0,12–0,20 | 0,5–0,6<br>0,6–0,8 | | |
| | » 15 » 20 | 0,08–0,12<br>0,12–0,30 | 0,5–0,6<br>0,6–0,8 | | |
| VII с $\sigma_в = 1000 \div 1500$ МПа | От 2 до 5 | 0,05–0,10 | 0,10–0,15 | 9–12 | ВК6М, ВК8, ВК10М, ВК15М |
| | | | 0,30–0,45 | | |
| | Св. 5 до 10 | 0,10–0,20 | 0,45–0,60 | | |
| | » 10 » 15 | 0,05–0,10<br>0,10–0,20 | 0,30–0,45<br>0,45–0,60 | | |
| | » 15 » 20 | 0,05–0,10<br>0,10–0,30 | 0,30–0,45<br>0,45–0,60 | | |
| IX | От 2 до 5 | 0,1–0,3 | 0,10–0,20 | 15–20 | Р6М5 |
| | | | 0,15–0,25 | | |
| | Св. 5 до 10 | 0,3–0,5 | 0,20–0,30 | | |
| | » 10 » 20 | 0,1–0,3<br>0,3–0,5 | 0,30–0,40 | | |
| X | От 2 до 5 | 0,10–0,30 | 0,10–0,20 | 10–15 | Р6М5 |
| | | | 0,15–0,25 | | |
| | Св. 5 до 10 | 0,3–0,5 | 0,20–0,30 | | |
| | » 10 » 15 | 0,1–0,3 | | | |
| | | 0,3–0,5 | | | |

*Продолжение табл. 21*

| Группа обрабатываемого материала | Диаметр развертки, мм | Глубина резания, мм | Подача, мм/об | Скорость резания, м/мин | Марка материала режущей части развертки |
|---|---|---|---|---|---|
| X | Св. 15 до 20 | 0,1 – 0,2 | 0,30 – 0,40 | | Р6М5 |
| | | 0,3 – 0,5 | 0,40 – 0,50 | | |
| XI | От 2 до 5 | 0,05 – 0,10 | 0,10 – 0,15 | 4 – 12 | Р6М5К5, Р9М4К8, Р9К5, Р6М5 |
| | | | 0,5 – 0,6 | | |
| | Св. 5 до 10 | 0,10 – 0,20 | 0,6 – 0,8 | | |
| | » 10 » 15 | 0,05 – 0,10 | 0,5 – 0,6 | | |
| | | 0,10 – 0,20 | 0,8 – 0,9 | | |
| | » 15 » 20 | 0,05 – 0,10<br>0,10 – 0,30 | 0,5 – 0,6<br>0,9 – 0,13 | | |
| XII | От 2 до 5 | 0,05 – 0,10 | 0,10 – 0,15 | 7 – 10 | Р6М5 |
| | | | 0,6 – 0,8 | | |
| | Св. 5 до 10 | 0,10 – 0,30 | 0,8 – 1,0 | | |
| | » 10 » 15 | 0,05 – 0,10 | | | |
| | | 0,10 – 0,30 | 1,0 – 1,6 | | |
| | » 15 » 20 | 0,05 – 0,10 | 1,0 – 1,2 | | |
| | | 0,10 – 0,40 | 1,5 – 2,0 | | |
| XII | От 2 до 5 | 0,05 – 0,10 | 0,08 – 0,12 | 25 – 30 | ВК6М, ВК8 |
| | | | 0,3 – 0,5 | | |
| | Св. 5 до 10 | 0,10 – 0,30 | 0,5 – 0,8 | | |
| | | 0,05 – 0,10 | | | |
| | » 10 » 15 | 0,10 – 0,30 | 0,8 – 1,2 | | |
| | | 0,05 – 0,10 | 0,8 – 1,2 | | |
| | » 15 » 20 | 0,10 – 0,40 | 1,2 – 1,5 | | |

**22. Скорость резания при нарезании резьбы в сквозных отверстиях метчиками из быстрорежущей стали**

| Обрабатываемый материал | | $v$, м/мин, для метчиков | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Группа | $\sigma_в$, МПа | М2 – М5 | М6 – М8 | М10 – М12 | М14 – М16 | М18 – М20 |
| I | < 900 | 3,0 – 6,0 | 5,5 – 7,0 | 7,0 – 8,0 | 9,0 – 10,0 | 10,0 – 11,0 |
| II | < 1200 | 1,5 – 3,5 | 4,0 – 5,0 | 5,0 – 6,0 | 6,0 – 8,0 | 7,0 – 10,0 |
| III | 600 – 800 | 1,0 – 2,5 | 2,5 – 3,5 | 3,5 – 4,5 | 4,5 – 6,0 | 5,0 – 7,0 |
| IV | 800 – 1000 | 1,0 – 1,5 | 1,5 – 2,5 | 2,5 – 3,0 | 3,0 – 4,0 | 3,5 – 5,0 |
| V | 800 – 1100 | 0,8 – 1,5 | 1,5 – 2,0 | 1,8 – 2,5 | 2,5 – 3,5 | 3,0 – 4,0 |
| | 1100 – 1300 | 0,3 – 1,0 | 0,8 – 1,2 | 1,0 – 1,5 | 1,2 – 1,7 | 1,5 – 2,0 |
| VI | 800 – 1000 | 0,3 – 0,8 | 0,5 – 1,0 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,5 | 1,2 – 1,8 |
| VII | 600 | 1,0 – 2,5 | 2,5 – 3,5 | 3,0 – 4,0 | 4,0 – 5,0 | 4,5 – 6,0 |
| | 800 – 1000 | 0,8 – 1,0 | 1,5 – 2,0 | 1,5 – 2,5 | 2,5 – 3,0 | 3,0 – 4,0 |
| | 1200 – 1400 | 0,5 – 1,0 | 0,8 – 1,2 | 1,0 – 1,5 | 1,5 – 2,5 | 2,0 – 3,0 |
| VIII | 1500 – 1700 | 0,3 – 0,5 | 0,5 – 1,0 | 1,0 – 1,5 | 1,5 – 2,0 | 2,0 – 2,5 |
| IX | 150 – 550 | 6,0 – 8,0 | 8,0 – 10,0 | 12,0 – 15,0 | 18,0 – 22,0 | 20,0 – 25,0 |
| X | 250 – 800 | 4,0 – 6,0 | 6,0 – 8,0 | 10,0 – 12,0 | 14,0 – 16,0 | 18,0 – 22,0 |
| XII | 165 – 240* | 2,0 – 3,0 | 3,0 – 4,0 | 5,0 – 6,0 | 6,0 – 7,0 | 7,0 – 8,0 |

* Приведены значения *НВ*.

В табл. 18 указаны режимы резания при зенкеровании. Выбор марок материала режущей части различных групп обрабатываемых материалов представлены в табл. 19, а значение поправочного коэффициента $K_{v_1}$ на скорость резания – в табл. 20.

Режимы резания при развертывании даны в табл. 21.

Назначение скорости резания при нарезании резьбы в сквозных отверстиях метчиками из быстрорежущей стали осуществляется по данным табл. 22, а период стойкости метчиков, характеризующийся количеством обработанных отверстий в зависимости от диаметра резьбы, группы обрабатываемого материала и марки материала режущей части, – по табл. 23.

**23. Стойкость (количество нарезаемых отверстий) метчиков**

| Обрабатываемый материал | | Стойкость для метчиков | | | | Марка материала режущей части метчиков |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Группа | $\sigma_в$, МПа | М2–М3 | М4–М6 | М8–М12 | М14–М20 | |
| I, II | 600–1200 | 120 | 200–300 | 350–400 | 400–500 | Р9К5 |
| III | 600–800 | 100 | 150–250 | 250–300 | 350–400 | |
| IV | 800–1000 | 10–25 | 30–40 | 250–300 | 300–350 | |
| V | 800–1300 | 5–15 | 15–20 | 25–35 | 40–50 | |
| VI | 800–1000 | 5–10 | 10–15 | 20–30 | 30–40 | |
| VII | 600–1400 | 30–70 | 100–150 | 200–250 | 300–350 | |
| IX | 150–550 | 600–750 | 900–1000 | 1000–1200 | 1200–1500 | Р6М5 |
| X | 250–800 | 400–500 | 600–750 | 750–900 | 900–1000 | |
| XII | 165–240* | 90–120 | 200–300 | 400–500 | 500–600 | |
| XII | 165–240* | 500–600 | 600–750 | 800–1000 | 1200–1500 | ВК8, ВК10М |

* Даны значения *НВ*.

**24. Допустимый износ $h_з$ метчиков по задней поверхности заборного конуса**

| Группа обрабатываемого материала | $h_з$, мм, для метчиков | | |
|---|---|---|---|
| | М2–М5 | М6–М12 | М14–М20 |
| I–VII, IX–XI | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| VIII | 0,05 | 0,08 | 0,1 |
| XII | 0,2 | 0,4 | 0,5 |

**25. Число метчиков в комплекте при нарезании резьбы в глухих отверстиях**

| Обрабатываемый материал | | Шаг резьбы $P$, мм | Число метчиков в комплекте | Материал метчика |
|---|---|---|---|---|
| Группа | $\sigma_в$, МПа | | | |
| I, II | < 1000 | 0,25–0,40 | 1 | Быстрорежущая сталь |
| | | 0,50–1,50 | 2 | |
| | | 1,75–2,50 | 3 | |
| | > 1000 | 0,25–0,50 | 2 | Быстрорежущая сталь, твердый сплав |
| | | 0,70–1,25 | 3 | |
| | | 1,50–2,50 | 4 | |

*Продолжение табл. 25*

| Обрабатываемый материал | | Шаг резьбы $P$, мм | Число метчиков в комплекте | Материал метчика |
|---|---|---|---|---|
| Группа | $\sigma_в$, МПа | | | |
| III | 600 – 1000 | 0,25 – 0,70<br>0,80 – 1,50<br>1,75 – 2,50 | 1<br>2<br>3 | Быстрорежущая сталь |
| IV | 800 – 1000 | 0,25 – 1,25<br>1,50 – 2,50 | 2<br>3 | |
| V, VI | – | 0,25 – 0,50<br>0,70 – 1,75<br>2,0 – 2,50 | 2<br>3<br>4 | Быстрорежущая сталь, твердый сплав |
| VII | < 1000 | 0,25 – 0,50<br>0,70 – 1,50<br>1,75 – 2,50 | 1<br>2<br>3 | Быстрорежущая сталь |
| | 1000 – 1500 | 0,25 – 0,80<br>1,00 – 1,50<br>1,75 – 2,50 | 2<br>3<br>4 | |
| VIII | ⩽ 1700 | 0,25 – 0,50<br>0,70 – 1,25<br>1,50 – 2,50 | 2 – 3<br>3<br>4 | Быстрорежущая сталь, твердый сплав |
| | > 1700 | 0,25 – 0,40<br>0,50 – 1,25<br>1,50 – 1,75<br>2,00 – 2,50 | 2 – 3<br>3<br>4<br>5 | Твердый сплав |
| IX – XII | | 0,40 – 1,25<br>1,50 – 2,50 | 1<br>2 | Быстрорежущая сталь, твердый сплав |

В табл. 24 даны значения допустимого износа метчиков по задней поверхности заборного конуса, а в табл. 25 – необходимое число метчиков в комплекте при нарезании резьбы в глухих отверстиях.

## РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ РЕЗЦАМИ С МНОГОГРАННЫМИ РЕЖУЩИМИ ПЛАСТИНАМИ

Режимы резания для черновой обработки различных групп материалов (табл. 26) с неравномерным припуском, прерывистым резанием или обработкой по корке резцами с механическим креплением многогранных твердосплавных режущих

**26. Классификация обрабатываемых материалов по твердости**

| Группа обрабатываемого материала | Материал | *НВ* |
|---|---|---|
| | **Сталь:** | |
| 1 | конструкционная автоматная А12, А20, А30, А40Г | 160 – 233 |
| 2 | качественная конструкционная 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 45, 50, 60, 65, 60Г, 65Г, 70Г | ⩽ 156;<br>156 – 179;<br>179 – 229;<br>229 – 269;<br>269 – 321 |
| 3 | легированная конструкционная 15Г, 20Г, 30Г, 40Г, 50Г, 60Г, 65Г, 10Г2, 30Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2 | 179 – 229;<br>229 – 269;<br>269 – 321 |
| 4 | хромистая 15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х | ⩽ 156;<br>156 – 179;<br>179 – 229;<br>229 – 269;<br>269 – 321 |
| 5 | хромоникелевая 20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН, 12ХН2, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3, 37ХН3А, 12Х2Н4, 12Х2Н4А, 20Х2Н4, 20Х2Н4А | 179 – 229;<br>229 – 269 |
| 6 | хромомарганцовая 15ХГ, 20ХГ, 35ХГ2, 25ХГТ, 30ХГТ, 20ХГР, 27ХГР, 35ХГФ, 25ХГМ | 179 – 229 |
| 7 | хромокремнистая 33ХС, 38ХС, 40ХС | 229 – 269 |
| 8 | хромованадиевая 15ХФ, 20ХФ, 40ХФА | 179 – 229;<br>229 – 302 |
| 9 | хромомолибденовая 15ХМ, 20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 38ХМ, 35Х2МА | 160 – 230 |
| 10 | хромоалюминиевая 38ХЮ, 38ХЮА, 35ХЮА | 160 – 230 |
| 11 | хромокремнемарганцовая и хромокремнемарганцовоникелевая 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГС, 35ХГСА, 38ХГС, 38ХГСА, 30ХГСН2А | 150 – 217;<br>217 – 269;<br>269 – 321;<br>321 – 375 |
| 12 | хромоникельмолибденовая 14Х2Н3МА, 20ХН2М, 30ХН2МА, 38Х2Н2МА, 40ХН2МА, 40Х2Н2МА, 18Х2Н4МА, 25Х2Н4МА | 150 – 217;<br>217 – 269 |

*Продолжение табл. 26*

| Группа обрабатываемого материала | Материал | НВ |
|---|---|---|
| 13 | хромоникельвольфрамовая, хромоникельванадиевая, хромомолибденованадиевая, хромомолибденоалюминиевая 25ХНВА, 30ХНВА, 20ХНФ, 30Х2НВФА, 35ХМФА, 30Х3МФ, 40ХМФА, 38ХМЮА | 195–280 |
| 14 | инструментальная углеродистая У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А | 179–229 |
| 15 | инструментальная легированная, шарико- и роликоподшипниковая 9ХФ, ХВ5, 9ХВГ, ХВГ, ХВСГ, Х06, Х05, ХВ, 85ХФ, 9ХС, ХГС, 6ХГС, 6ХВГ, 6ХВ2С, ХГСВФ, ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ | 229–269;<br>269–321 |
| 16 | инструментальная быстрорежущая Р9, Р18ФА, Р12, Р18К5Ф2, Р9К5, Р9К10, Р14Ф4, Р9Ф5, Р10Ф5К5 | 217–269 |
| 17 | **Чугун:** | |
| | серый СЧ12, СЧ15; СЧ18, СЧ21, СЧ24, СЧ28, СЧ32, СЧ36, СЧ40, СЧ44 | 143–207;<br>163–229;<br>179–241;<br>235–295 |
| | ковкий и высокопрочный КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-6, КЧ 50-4, КЧ 56-4, КЧ 60-3, КЧ 63-2, КЧ 45-0, ВЧ 50-1, ВЧ 60-2, ВЧ 45-5, ВЧ 40-10 | 120–140;<br>130–170;<br>170–229;<br>265–285 |

пластин даны в табл. 27. Режимы резания рассчитаны на стойкость 30–40 мин для станков с ЧПУ и универсальных.

Выбранное табличное значение скорости резания ($v$) для конкретных условий обработки необходимо умножить на поправочные коэффициенты, характеризующие: $K_{v_1}$ – марку твердого сплава (табл. 28): $K_{v_2}$ и $K_{v_3}$ – скорость резания соответственно при растачивании и поперечном точении (табл. 29); $K_{v_4}$ – принятую стойкость режущего инструмента (табл. 30).

При точении с равномерным припуском величину выбранной по табл. 27 скорости резания $v$ необходимо умножить на коэффициент $K = 1{,}2 \div 1{,}6$. Меньшее значение коэффициента соответствует большей глубине резания ($t = 6 \div 8$ мм), а большее – меньшей ($t = 1 \div 2$ мм).

**27. Режимы резания резцами с механическим креплением многогранных режущих пластин**

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 1 с *HB* 160–233 | 0,1 | — | — | 160 | 3,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 190 | 2,7 | 150 | 4,4 | 145 | 6,4 | 135 | 7,7 | 130 | 8,4 | — | — |
| | | 210 | 3,0 | 165 | 4,8 | 160 | 7,0 | 145 | 8,5 | 140 | 9,2 | 135 | 9,8 |
| | 0,3 | 180 | 3,4 | 140 | 5,5 | 135 | 8,1 | 130 | 10,1 | 125 | 10,8 | — | — |
| | | 195 | 3,7 | 155 | 6,0 | 150 | 8,9 | 140 | 11,1 | 135 | 11,8 | 125 | 12,2 |
| | 0,4 | 165 | 3,9 | 135 | 6,5 | 125 | 9,3 | 120 | 10,6 | 110 | 12,0 | — | — |
| | | 180 | 4,3 | 145 | 7,1 | 140 | 10,2 | 130 | 11,6 | 120 | 13,2 | 120 | 14,7 |
| | 0,5 | 150 | 4,4 | 125 | 7,2 | 120 | 10,5 | 110 | 12,6 | 105 | 13,8 | — | — |
| | | 165 | 4,8 | 135 | 7,9 | 130 | 11,5 | 120 | 13,9 | 115 | 15,2 | 115 | 16,9 |
| | 0,6 | 140 | 4,6 | 115 | 7,6 | 110 | 10,9 | 105 | 14,1 | 100 | 15,4 | — | — |
| | | 155 | 5,1 | 125 | 8,3 | 120 | 12,0 | 115 | 15,5 | 110 | 16,9 | 100 | 17,3 |
| | 0,7 | — | — | 105 | 7,8 | 100 | 11,2 | 95 | 14,4 | 90 | 15,6 | — | — |
| | | | | 115 | 8,6 | 110 | 12,3 | 105 | 15,8 | 100 | 17,1 | 90 | 17,4 |
| | 0,8 | — | — | — | — | 90 | 11,3 | 85 | 14,5 | 80 | 15,7 | — | — |
| | | | | | | 100 | 12,4 | 95 | 15,9 | 90 | 17,2 | 85 | 18,0 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 85 | 11,7 | 80 | 14,9 | 80 | 16,0 | — | — |
| | | | | | | 95 | 12,9 | 90 | 16,4 | 85 | 17,6 | 80 | 18,5 |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 90 | 13,4 | 85 | 16,9 | 80 | 17,9 | 75 | 18,8 |
| 2,4 с *HB* ⩽ ⩽ 156 | 0,1 | — | — | 175 | 2,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 245 | 1,8 | 190 | 2,8 | 185 | 4,3 | 170 | 5,2 | 165 | 5,6 | 155 | 6,0 |
| | 0,2 | 205 | 2,6 | 170 | 4,3 | 160 | 6,2 | 150 | 7,5 | 140 | 8,1 | — | — |
| | | 225 | 2,9 | 185 | 4,7 | 175 | 6,8 | 165 | 8,3 | 155 | 8,9 | 150 | 9,5 |
| | 0,3 | 190 | 3,2 | 155 | 5,3 | 150 | 7,7 | 135 | 9,4 | 130 | 10,0 | — | — |
| | | 210 | 3,5 | 170 | 5,8 | 165 | 8,5 | 150 | 10,3 | 145 | 11,0 | 140 | 12,1 |
| | 0,4 | 175 | 3,6 | 140 | 6,0 | 135 | 8,6 | 125 | 11,0 | 120 | 11,8 | — | — |
| | | 185 | 4,0 | 155 | 6,6 | 150 | 9,5 | 140 | 12,1 | 135 | 13,0 | 135 | 14,4 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 2,4 с *HB* ⩽ ⩽156 | 0,5 | 165 | 4,3 | 135 | 6,9 | 125 | 9,9 | 120 | 12,5 | 115 | 13,4 | — | — |
| | | 180 | 4,7 | 150 | 7,6 | 140 | 10,9 | 135 | 13,7 | 125 | 14,7 | 120 | 15,6 |
| | 0,6 | 155 | 4,9 | 125 | 7,5 | 120 | 10,2 | 110 | 13,0 | 105 | 13,9 | — | — |
| | | — | — | 135 | 8,2 | 130 | 11,2 | 120 | 14,3 | 115 | 15,3 | 110 | 16,1 |
| | 0,7 | — | — | 115 | 8,2 | 110 | 10,8 | 105 | 13,7 | 95 | 14,6 | — | — |
| | | | | — | — | 120 | 11,9 | 115 | 15,0 | 105 | 16,0 | 100 | 16,7 |
| | 0,8 | — | — | — | — | 105 | 11,2 | 95 | 14,2 | 90 | 15,0 | — | — |
| | | | | | | 115 | 12,3 | 105 | 15,6 | 100 | 16,5 | 90 | 17,2 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 95 | 11,6 | 90 | 14,5 | 80 | 15,2 | — | — |
| | | | | | | 105 | 12,7 | 100 | 15,9 | 90 | 16,7 | 85 | 17,5 |
| 2,4 с *HB* 156–179 | 0,1 | — | — | 170 | 3,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 195 | 2,6 | 155 | 4,2 | 145 | 6,0 | 135 | 7,5 | 130 | 8,1 | — | — |
| | | 215 | 2,9 | 170 | 4,6 | 160 | 6,6 | 150 | 8,2 | 145 | 8,9 | 140 | 9,6 |
| | 0,3 | 185 | 3,3 | 145 | 5,3 | 140 | 7,9 | 130 | 9,8 | 125 | 10,6 | — | — |
| | | 200 | 3,6 | 160 | 5,8 | 155 | 8,7 | 145 | 10,8 | 140 | 11,6 | 130 | 12,0 |
| | 0,4 | 170 | 3,8 | 135 | 6,2 | 130 | 9,1 | 120 | 10,9 | 115 | 11,8 | — | — |
| | | 185 | 4,2 | 150 | 6,8 | 145 | 10,0 | 130 | 12,0 | 125 | 13,0 | 125 | 14,4 |
| | 0,5 | 155 | 4,2 | 125 | 7,0 | 120 | 9,8 | 115 | 12,5 | 110 | 13,6 | — | — |
| | | 170 | 4,6 | 140 | 7,7 | 130 | 10,8 | 125 | 13,7 | 120 | 14,9 | 120 | 16,6 |
| | 0,6 | 145 | 4,5 | 120 | 7,4 | 115 | 10,7 | 110 | 13,8 | 100 | 15,1 | — | — |
| | | 160 | 4,9 | 130 | 8,1 | 125 | 11,8 | 120 | 15,2 | 115 | 16,6 | 110 | 17,8 |
| | 0,7 | — | — | 110 | 7,7 | 100 | 11,0 | 100 | 14,2 | 90 | 15,4 | — | — |
| | | | — | 120 | 8,5 | 115 | 12,1 | 110 | 15,6 | 100 | 16,9 | 95 | 18,2 |
| | 0,8 | — | — | — | — | 95 | 11,1 | 90 | 14,4 | 85 | 15,6 | — | — |
| | | | | | | 105 | 12,2 | 100 | 15,8 | 95 | 17,1 | 90 | 18,4 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 90 | 11,6 | 85 | 14,6 | 80 | 15,9 | — | — |
| | | | | | | 100 | 12,8 | 95 | 16,3 | 90 | 17,5 | 85 | 18,6 |
| | 1,0 | — | — | — | — | 80 | 15,3 | 80 | 15,3 | 75 | 16,4 | — | — |
| | | | | | | 95 | 13,3 | 90 | 16,8 | 85 | 18,0 | 80 | 18,9 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 2, 3, 4, 14 с *HB* 179–229 | 0,1 | — | — | 135 | 2,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 160 | 2,3 | 125 | 3,6 | 120 | 5,2 | 110 | 6,5 | 105 | 7,0 | — | — |
| | | 175 | 2,5 | 140 | 4,0 | 135 | 5,7 | 120 | 7,1 | 115 | 7,7 | 110 | 8,1 |
| | 0,3 | 145 | 2,8 | 120 | 4,6 | 115 | 6,8 | 105 | 8,4 | 100 | 8,9 | — | — |
| | | 160 | 3,1 | 130 | 5,1 | 125 | 7,5 | 115 | 9,2 | 110 | 9,8 | 105 | 10,3 |
| | 0,4 | 135 | 3,3 | 110 | 5,4 | 105 | 7,6 | 95 | 8,6 | 90 | 10,2 | — | — |
| | | 150 | 3,6 | 120 | 5,9 | 115 | 8,4 | 105 | 9,4 | 100 | 11,2 | 100 | 12,3 |
| | 0,5 | 125 | 3,6 | 100 | 5,9 | 95 | 8,6 | 90 | 10,7 | 85 | 11,6 | — | — |
| | | 135 | 4,0 | 110 | 6,5 | 105 | 9,4 | 100 | 11,8 | 95 | 12,7 | 95 | 14,1 |
| | 0,6 | 120 | 3,9 | 95 | 6,4 | 90 | 9,2 | 85 | 11,7 | 80 | 12,3 | — | — |
| | | 130 | 4,3 | 105 | 7,0 | 100 | 10,1 | 95 | 12,9 | 90 | 13,5 | 85 | 14,3 |
| | 0,7 | — | — | 85 | 6,6 | 80 | 0,3 | 75 | 12,0 | 70 | 12,6 | — | — |
| | | | | 95 | 7,2 | 90 | 10,2 | 85 | 13,2 | 80 | 13,9 | 75 | 14,8 |
| | 0,8 | — | — | 80 | 6,9 | 75 | 9,6 | 75 | 12,3 | 70 | 13,1 | — | — |
| | | | | — | — | 85 | 10,6 | 80 | 13,5 | 75 | 14,4 | 70 | 15,0 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 70 | 9,9 | 70 | 12,6 | 65 | 13,3 | — | — |
| | | | | | | 80 | 10,9 | 75 | 13,9 | 70 | 14,6 | 65 | 15,2 |
| | 1,0 | — | — | — | — | 70 | 10,3 | 65 | 12,9 | 60 | 13,5 | — | — |
| | | | | | | 75 | 11,3 | 70 | 14,2 | 65 | 14,8 | 60 | 15,3 |
| 2, 3, 4 с *HB* 229–269 | 0,1 | — | — | 110 | 2,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 130 | 2,1 | 105 | 3,3 | 100 | 4,7 | 90 | 6,0 | — | — | — | — |
| | | 145 | 2,3 | 115 | 3,6 | 110 | 5,2 | 100 | 6,6 | 95 | 7,1 | 90 | 7,5 |
| | 0,3 | 120 | 2,5 | 100 | 4,2 | 90 | 6,2 | 85 | 7,8 | — | — | — | — |
| | | 130 | 2,8 | 110 | 4,6 | 100 | 6,8 | 95 | 8,6 | 90 | 9,1 | 90 | 9,5 |
| | 0,4 | 110 | 3,0 | 90 | 5,0 | 85 | 7,2 | 80 | 8,6 | — | — | — | — |
| | | 120 | 3,3 | 100 | 5,5 | 95 | 7,9 | 90 | 9,5 | 85 | 10,1 | 85 | 11,2 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 2, 3, 4 с *HB* 229–269 | 0,5 | 100 | 3,3 | 80 | 5,5 | 80 | 7,7 | 75 | 9,7 | — | — | — | — |
| | | 110 | 3,6 | 90 | 6,0 | 90 | 8,5 | 85 | 10,7 | 80 | 12,0 | 80 | 13,5 |
| | 0,6 | 95 | 3,6 | 80 | 5,8 | 80 | 8,4 | 75 | 10,6 | — | — | — | — |
| | | 105 | 3,9 | 90 | 6,4 | 85 | 9,2 | 80 | 11,6 | 75 | 13,2 | 70 | 13,9 |
| | 0,7 | — | — | 75 | 6,2 | 70 | 8,7 | 70 | 11,0 | — | — | — | — |
| | | | | 80 | 6,8 | 85 | 9,6 | 70 | 12,1 | 65 | 13,5 | 65 | 14,0 |
| | 0,8 | — | — | 70 | 6,5 | 70 | 9,0 | 65 | 11,4 | — | — | — | — |
| | | | | — | — | 70 | 9,9 | 65 | 12,5 | 65 | 13,7 | 60 | 14,2 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 65 | 9,2 | 65 | 11,6 | — | — | — | — |
| | | | | | | 65 | 10,1 | 65 | 12,7 | 60 | 14,0 | 60 | 14,4 |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 65 | 10,3 | 60 | 12,8 | 60 | 14,3 | 55 | 14,6 |
| 2, 3, 4, 15 с *HB* 269–321 | 0,1 | — | — | 95 | 2,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 115 | 1,9 | 90 | 3,0 | 85 | 4,4 | 80 | 5,2 | — | — | — | — |
| | | 125 | 2,1 | 100 | 3,3 | 95 | 4,8 | 85 | 5,7 | 80 | 6,4 | 80 | 6,7 |
| | 0,3 | 105 | 2,4 | 85 | 3,8 | 80 | 5,6 | 75 | 7,0 | — | — | — | — |
| | | 115 | 2,6 | 90 | 4,2 | 90 | 8,5 | 80 | 7,7 | 85 | 8,5 | 75 | 8,8 |
| | 0,4 | 95 | 2,8 | 80 | 4,3 | 75 | 6,5 | 70 | 7,6 | — | — | — | — |
| | | 110 | 3,1 | 85 | 4,7 | 70 | 7,1 | 75 | 7,3 | 70 | 9,4 | 70 | 10,4 |
| | 0,5 | 85 | 3,0 | 75 | 4,8 | 70 | 6,8 | 65 | 9,0 | — | — | — | — |
| | | 95 | 3,3 | 80 | 5,3 | 75 | 7,5 | 70 | 9,9 | 70 | 10,5 | 70 | 11,7 |
| | 0,6 | 80 | 3,3 | 70 | 5,1 | 70 | 7,7 | 65 | 9,7 | — | — | — | — |
| | | 90 | 3,6 | 75 | 5,6 | 70 | 8,5 | 70 | 10,7 | 65 | 11,3 | 60 | 12,2 |
| | 0,7 | — | — | 65 | 5,4 | 65 | 8,3 | 60 | 10,2 | — | — | — | — |
| | | | | 70 | 5,9 | 65 | 8,8 | 60 | 11,1 | 60 | 11,6 | 55 | 12,8 |
| | 0,8 | — | — | 65 | 5,9 | 65 | 8,8 | 60 | 10,7 | — | — | — | — |
| | | | | — | — | 60 | 9,0 | 60 | 11,3 | 55 | 12,1 | 50 | 13,0 |
| | 0,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 60 | 9,2 | 55 | 11,8 | 50 | 12,5 | 45 | 13,3 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 2, 3, 4, 15 с *HB* 269–321 | 1,0 | — | — | — | — | —<br>55 | —<br>9,5 | —<br>55 | —<br>12,2 | —<br>45 | —<br>12,7 | —<br>40 | —<br>13,5 |
| 5, 6 с *HB* 179–229 | 0,1 | — | — | 130<br>— | 3,0<br>— | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0,2 | 155<br>170 | 2,3<br>2,5 | 120<br>130 | 3,5<br>3,8 | 115<br>125 | 5,0<br>5,5 | 110<br>120 | 6,4<br>7,0 | 105<br>115 | 6,9<br>7,6 | —<br>110 | —<br>8,1 |
| | 0,3 | 140<br>155 | 2,7<br>3,0 | 115<br>125 | 4,4<br>4,8 | 110<br>120 | 6,6<br>7,2 | 105<br>115 | 8,4<br>9,2 | 100<br>110 | 8,8<br>9,7 | —<br>105 | —<br>10,3 |
| | 0,4 | 130<br>145 | 3,2<br>3,5 | 105<br>115 | 5,1<br>5,6 | 105<br>115 | 7,6<br>8,4 | 95<br>105 | 8,6<br>9,4 | 90<br>100 | 10,1<br>11,1 | —<br>100 | —<br>12,3 |
| | 0,5 | 120<br>130 | 3,5<br>3,8 | 100<br>110 | 5,9<br>6,5 | 95<br>105 | 8,5<br>9,3 | 90<br>100 | 10,6<br>11,7 | 85<br>95 | 11,6<br>12,7 | —<br>95 | —<br>14,1 |
| | 0,6 | 115<br>125 | 3,7<br>4,1 | 95<br>105 | 6,4<br>7,0 | 90<br>100 | 9,2<br>10,1 | 85<br>95 | 11,7<br>12,9 | 80<br>90 | 12,6<br>13,9 | —<br>85 | —<br>14,8 |
| | 0,7 | — | — | 85<br>95 | 6,6<br>7,2 | 80<br>90 | 9,3<br>10,2 | 80<br>85 | 11,9<br>13,1 | 70<br>80 | 12,7<br>14,0 | —<br>75 | —<br>15,0 |
| | 0,8 | — | — | 80<br>— | 6,9<br>— | 80<br>85 | 9,7<br>10,6 | 75<br>80 | 12,2<br>13,4 | 70<br>75 | 13,0<br>14,3 | —<br>70 | —<br>15,1 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 75<br>80 | 9,9<br>10,9 | 70<br>75 | 12,6<br>13,8 | 65<br>70 | 13,3<br>14,6 | —<br>65 | —<br>15,2 |
| | 1,0 | — | — | — | — | 70<br>75 | 10,3<br>11,3 | 65<br>70 | 12,9<br>14,1 | 65<br>65 | 13,5<br>14,8 | —<br>60 | —<br>15,3 |
| 5, 7 с *HB* 229–269 | 0,1 | — | — | 110<br>— | 2,4<br>— | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0,2 | 130<br>140 | 1,9<br>2,1 | 100<br>110 | 3,1<br>3,4 | 95<br>105 | 4,5<br>4,9 | 85<br>95 | 5,4<br>5,9 | —<br>90 | —<br>6,3 | —<br>90 | —<br>7,1 |
| | 0,3 | 120<br>130 | 2,5<br>2,7 | 9,5<br>105 | 4,0<br>4,4 | 90<br>100 | 5,8<br>6,4 | 80<br>90 | 7,0<br>7,7 | —<br>85 | —<br>8,1 | —<br>85 | —<br>8,9 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 5, 7 с *HB* 229–269 | 0,4 | 110 | 2,8 | 85 | 4,5 | 85 | 6,5 | 80 | 8,1 | — | — | — | — |
| | | 120 | 3,1 | 95 | 4,9 | 90 | 7,1 | 85 | 8,9 | 80 | 9,5 | 80 | 10,5 |
| | 0,5 | 100 | 3,1 | 80 | 5,2 | 80 | 7,3 | 75 | 9,1 | — | — | — | — |
| | | 110 | 3,4 | 90 | 5,7 | 85 | 8,0 | 85 | 10,0 | 75 | 10,6 | 75 | 11,9 |
| | 0,6 | 95 | 3,4 | 80 | 5,5 | 75 | 7,8 | 70 | 9,9 | — | — | — | — |
| | | 105 | 3,7 | 85 | 6,0 | 80 | 8,6 | 75 | 10,9 | 70 | 11,6 | 70 | 13,0 |
| | 0,7 | — | — | 70 | 5,6 | 65 | 7,9 | 65 | 10,4 | — | — | — | — |
| | | | | 75 | 6,1 | 70 | 8,7 | 70 | 11,4 | 65 | 12,1 | 60 | 13,2 |
| | 0,8 | — | — | 70 | 5,8 | 65 | 8,1 | 65 | 10,6 | — | — | — | — |
| | | | | — | — | 65 | 8,9 | 65 | 11,7 | 60 | 12,3 | 55 | 13,4 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 65 | 8,3 | 60 | 10,9 | — | — | — | — |
| | | | | | | 65 | 9,0 | 65 | 11,9 | 55 | 12,4 | 50 | 13,7 |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 65 | 9,6 | 55 | 12,1 | 50 | 12,5 | 50 | 13,9 |
| 8 с *HB* 179–229 | 0,1 | — | — | 130 | 2,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 160 | 2,3 | 125 | 3,6 | 120 | 5,2 | 110 | 6,5 | 105 | 7,0 | — | — |
| | | 175 | 2,5 | 140 | 4,0 | 135 | 5,7 | 120 | 7,1 | 115 | 7,7 | 110 | 8,1 |
| | 0,3 | 145 | 2,8 | 120 | 4,6 | 115 | 6,8 | 105 | 8,4 | 100 | 8,9 | — | — |
| | | 160 | 3,1 | 130 | 5,1 | 125 | 7,5 | 115 | 9,2 | 110 | 9,8 | 105 | 10,3 |
| | 0,4 | 135 | 3,4 | 110 | 5,4 | 105 | 7,6 | 95 | 8,6 | 90 | 10,2 | — | — |
| | | 150 | 3,7 | 120 | 5,9 | 115 | 8,4 | 105 | 9,4 | 100 | 11,2 | 100 | 12,3 |
| | 0,5 | 125 | 3,6 | 100 | 5,9 | 95 | 8,5 | 90 | 10,7 | 85 | 11,6 | — | — |
| | | 135 | 4,0 | 110 | 6,5 | 105 | 9,3 | 101 | 11,8 | 95 | 12,7 | 95 | 14,1 |
| | 0,6 | 120 | 3,9 | 95 | 6,4 | 90 | 9,2 | 85 | 11,7 | 80 | 12,3 | — | — |
| | | 130 | 4,3 | 105 | 7,0 | 100 | 10,1 | 95 | 12,9 | 90 | 13,5 | 85 | 14,3 |
| | 0,7 | — | — | 85 | 6,6 | 80 | 9,5 | 80 | 12,0 | 75 | 12,6 | — | — |
| | | | | 95 | 7,2 | 90 | 10,4 | 85 | 13,2 | 80 | 13,9 | 75 | 14,8 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 8 с *HB* 179–229 | 0,8 | — | — | 80 | 6,8 | 80 | 9,7 | 75 | 12,3 | 70 | 13,1 | — | — |
| | | | | — | — | 85 | 10,6 | 80 | 13,5 | 75 | 14,4 | 70 | 15,0 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 75 | 10,0 | 70 | 12,6 | 65 | 13,3 | — | — |
| | | | | | | 85 | 11,0 | 75 | 13,9 | 70 | 14,6 | 65 | 15,2 |
| | 1,0 | — | — | — | — | 70 | 10,3 | 65 | 12,9 | 65 | 13,5 | — | — |
| | | | | | | 75 | 11,3 | 70 | 14,2 | 65 | 14,8 | 60 | 15,3 |
| 8, 9 с *HB* 229–302 | 0,1 | — | — | 110 | 2,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 130 | 2,1 | 100 | 3,3 | 95 | 4,7 | 85 | 5,8 | — | — | — | — |
| | | 140 | 2,3 | 110 | 3,6 | 105 | 5,2 | 95 | 6,33 | 90 | 6,7 | 85 | 7,1 |
| | 0,3 | 120 | 2,5 | 95 | 4,2 | 90 | 6,2 | 80 | 7,5 | — | — | — | — |
| | | 130 | 2,8 | 105 | 4,6 | 100 | 6,8 | 90 | 8,2 | 85 | 8,6 | 80 | 9,0 |
| | 0,4 | 110 | 3,1 | 85 | 4,8 | 85 | 7,2 | 75 | 8,6 | — | — | — | — |
| | | 120 | 3,4 | 95 | 5,3 | 95 | 7,9 | 85 | 9,5 | 80 | 10,1 | 75 | 10,5 |
| | 0,5 | 100 | 3,3 | 80 | 5,5 | 80 | 7,7 | 75 | 9,7 | — | — | — | — |
| | | 110 | 3,6 | 90 | 6,0 | 85 | 8,5 | 80 | 10,7 | 75 | 11,3 | 75 | 12,7 |
| | 0,6 | 95 | 3,5 | 80 | 5,8 | 75 | 8,4 | 70 | 10,6 | — | — | — | — |
| | | 105 | 3,9 | 85 | 6,4 | 80 | 9,2 | 75 | 11,6 | 70 | 12,4 | 70 | 13,8 |
| | 0,7 | — | — | 70 | 5,9 | 70 | 8,7 | 65 | 11,0 | — | — | — | — |
| | | | | 75 | 6,5 | 75 | 9,6 | 70 | 12,1 | 65 | 12,8 | 60 | 13,9 |
| | 0,8 | — | — | 70 | 6,1 | 65 | 9,0 | 65 | 11,3 | — | — | — | — |
| | | | | — | — | 70 | 9,9 | 65 | 12,4 | 60 | 13,1 | 55 | 14,1 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 65 | 9,2 | 60 | 11,5 | — | — | — | — |
| | | | | | | 65 | 10,1 | 60 | 12,6 | 65 | 13,2 | 50 | 14,4 |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | 5 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 60 | 10,3 | 55 | 12,7 | 55 | 13,4 | 45 | 14,7 |
| 9, 10 с *HB* 160–230 | 0,1 | — | — | 110 | 2,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 9, 10 с *HB* 160–230 | 0,2 | 130 | 1,8 | 100 | 2,9 | 95 | 4,2 | 85 | 5,1 | 85 | 5,6 | – | – |
| | | 140 | 2,0 | 110 | 3,2 | 105 | 4,6 | 95 | 5,6 | 90 | 6,1 | 85 | 6,5 |
| | 0,3 | 120 | 2,3 | 95 | 3,7 | 90 | 5,4 | 85 | 6,6 | 80 | 7,1 | – | – |
| | | 130 | 2,5 | 105 | 4,1 | 100 | 5,9 | 90 | 7,3 | 85 | 7,8 | 80 | 8,3 |
| | 0,4 | 110 | 2,6 | 85 | 4,3 | 85 | 6,1 | 80 | 6,8 | 75 | 8,1 | – | – |
| | | 120 | 2,9 | 95 | 4,7 | 95 | 6,7 | 85 | 7,5 | 80 | 8,9 | 75 | 9,9 |
| | 0,5 | 100 | 2,9 | 80 | 4,7 | 80 | 6,7 | 75 | 8,6 | 70 | 9,2 | – | – |
| | | 110 | 3,2 | 90 | 5,2 | 85 | 7,4 | 80 | 9,4 | 75 | 10,1 | 70 | 11,3 |
| | 0,6 | 95 | 3,1 | 80 | 5,1 | 75 | 7,4 | 70 | 9,4 | 70 | 10,2 | – | – |
| | | 105 | 3,4 | 85 | 5,6 | 80 | 8,1 | 75 | 10,3 | 70 | 11,2 | 65 | 11,5 |
| | 0,7 | – | – | 70 | 5,3 | 70 | 7,7 | 65 | 9,6 | 65 | 10,7 | – | – |
| | | | | 75 | 5,8 | 70 | 8,2 | 70 | 10,5 | 65 | 11,4 | 60 | 11,8 |
| | 0,8 | – | – | 70 | 5,5 | 70 | 7,9 | 65 | 9,9 | 65 | 11,2 | – | – |
| | | | | – | – | 65 | 8,5 | 65 | 10,7 | 60 | 11,5 | 55 | 12,0 |
| | 0,9 | – | – | – | – | 65 | 8,1 | 60 | 10,4 | 60 | 11,8 | – | – |
| | | | | | | 60 | 8,7 | 60 | 11,1 | 55 | 11,7 | 50 | 12,1 |
| | 1,0 | – | – | – | – | 65 | 8,2 | 60 | 10,9 | 55 | 12,3 | – | – |
| | | | | | | 60 | 9,0 | 55 | 11,3 | 50 | 11,8 | 45 | 12,3 |
| 11, 12 с *HB* 150–217 | 0,1 | – | – | 155 | 3,5 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| | | | | – | – | | | | | | | | |
| | 0,2 | 185 | 2,5 | 145 | 4,0 | 145 | 5,8 | 130 | 7,2 | 125 | 7,9 | – | – |
| | | 205 | 2,8 | 165 | 4,4 | 160 | 6,4 | 145 | 7,9 | 140 | 8,7 | 135 | 9,3 |
| | 0,3 | 170 | 3,2 | 140 | 5,2 | 135 | 7,6 | 125 | 9,2 | 120 | 9,9 | – | – |
| | | 190 | 3,5 | 155 | 5,7 | 150 | 8,4 | 135 | 10,1 | 130 | 10,9 | 125 | 11,6 |
| | 0,4 | 165 | 3,7 | 130 | 6,0 | 125 | 8,8 | 115 | 10,5 | 110 | 11,4 | – | – |
| | | 180 | 4,1 | 145 | 6,6 | 140 | 9,7 | 125 | 11,5 | 120 | 12,5 | 120 | 13,9 |
| | 0,5 | 155 | 4,3 | 125 | 6,8 | 120 | 9,8 | 110 | 12,0 | 105 | 13,0 | – | – |
| | | 170 | 4,7 | 135 | 7,5 | 130 | 10,8 | 120 | 13,2 | 115 | 14,3 | 110 | 15,3 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 11, 12 с *HB* 150–217 | 0,6 | 150 | 4,6 | 115 | 7,1 | 110 | 10,4 | 105 | 13,4 | 95 | 13,9 | — | — |
| | | 165 | 5,1 | 125 | 7,8 | 120 | 11,4 | 115 | 14,7 | 105 | 15,3 | 100 | 16,3 |
| | 0,7 | — | — | 105 | 7,4 | 100 | 10,6 | 95 | 13,6 | 85 | 14,0 | — | — |
| | | | | 115 | 8,1 | 110 | 11,6 | 105 | 14,9 | 95 | 15,4 | 90 | 16,4 |
| | 0,8 | — | — | 95 | 7,8 | 90 | 10,7 | 85 | 13,7 | 75 | 14,1 | — | — |
| | | | | — | — | 100 | 11,7 | 95 | 15,0 | 85 | 15,5 | 80 | 16,5 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 85 | 11,1 | 80 | 14,1 | 75 | 14,3 | — | — |
| | | | | | | 95 | 12,2 | 90 | 15,5 | 85 | 15,7 | 75 | 16,5 |
| | 1,0 | — | — | — | — | 80 | 11,6 | 75 | 14,6 | 70 | 14,7 | — | — |
| | | | | | | 90 | 12,7 | 85 | 16,0 | 75 | 16,2 | 70 | 16,7 |
| 11, 12, 16 с *HB* 217–269 | 0,1 | — | — | 115 | 1,8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 135 | 2,1 | 105 | 2,6 | 100 | 4,6 | 90 | 5,6 | 85 | 6,0 | — | — |
| | | 150 | 2,3 | 115 | 2,9 | 110 | 5,1 | 100 | 6,2 | 95 | 6,6 | | |
| | 0,3 | 125 | 2,5 | 100 | 4,1 | 95 | 6,0 | 85 | 7,3 | 80 | 7,8 | — | — |
| | | 135 | 2,8 | 110 | 4,5 | 105 | 6,6 | 95 | 8,0 | 90 | 8,5 | | |
| | 0,4 | 115 | 2,9 | 95 | 4,9 | 90 | 7,1 | 80 | 8,1 | 80 | 8,6 | — | — |
| | | 125 | 3,2 | 105 | 5,4 | 100 | 7,8 | 85 | 8,9 | 85 | 9,5 | | |
| | 0,5 | 105 | 3,2 | 85 | 5,3 | 80 | 7,6 | 75 | 9,1 | 75 | 10,3 | — | — |
| | | 115 | 3,5 | 95 | 5,9 | 90 | 8,4 | 80 | 10,0 | 80 | 11,3 | | |
| | 0,6 | 100 | 3,4 | 85 | 5,7 | 75 | 8,3 | 70 | 9,9 | 70 | 11,3 | — | — |
| | | 110 | 3,8 | 95 | 6,3 | 85 | 9,1 | 75 | 10,9 | 75 | 12,4 | | |
| | 0,7 | — | — | 75 | 6,2 | 75 | 8,7 | 65 | 10,3 | 60 | 11,5 | | |
| | | | | 85 | 6,8 | 80 | 9,6 | 70 | 11,4 | 65 | 12,7 | | |
| | 0,8 | — | — | 70 | 6,5 | 70 | 9,0 | 60 | 10,8 | 55 | 12,2 | — | — |
| | | | | — | — | 75 | 9,9 | 65 | 11,7 | 60 | 12,9 | | |
| | 0,9 | — | — | — | — | 65 | 9,3 | 55 | 12,3 | 55 | 12,8 | | |
| | | | | | | 70 | 10,2 | 60 | 11,9 | 55 | 13,2 | | |
| | 1,0 | — | — | — | — | 60 | 10,0 | 50 | 12,5 | 50 | 13,4 | — | — |
| | | | | | | 65 | 10,4 | 55 | 12,0 | 55 | 13,5 | | |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 11 с *HB* 269–321 | 0,1 | — | — | 100 | 2,3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 110 | 1,9 | 90 | 3,0 | 85 | 4,4 | 75 | 5,2 | — | — | — | — |
| | | 125 | 2,1 | 100 | 3,3 | 95 | 4,8 | 85 | 5,7 | 80 | 6,4 | 80 | 6,7 |
| | 0,3 | 100 | 2,4 | 85 | 3,8 | 80 | 5,5 | 75 | 7,0 | — | — | — | — |
| | | 115 | 2,6 | 90 | 4,2 | 90 | 6,1 | 80 | 7,7 | 80 | 8,5 | 75 | 8,8 |
| | 0,4 | 95 | 2,8 | 75 | 4,3 | 75 | 6,5 | 70 | 7,5 | — | — | — | — |
| | | 105 | 3,1 | 85 | 4,7 | 80 | 7,1 | 75 | 8,3 | 70 | 9,4 | 70 | 10,4 |
| | 0,5 | 85 | 3,0 | 70 | 4,8 | 70 | 6,8 | 65 | 9,0 | — | — | — | — |
| | | 95 | 3,3 | 80 | 5,3 | 75 | 7,5 | 70 | 9,9 | 70 | 10,5 | 70 | 11,7 |
| | 0,6 | 80 | 3,3 | 70 | 5,1 | 65 | 7,7 | 65 | 9,7 | — | — | — | — |
| | | 90 | 3,6 | 75 | 5,6 | 70 | 8,5 | 70 | 10,7 | 65 | 11,3 | 60 | 12,2 |
| | 0,7 | — | — | 65 | 5,4 | 60 | 8,5 | 60 | 10,6 | — | — | — | — |
| | | | | 70 | 5,9 | 65 | 8,8 | 60 | 11,1 | 60 | 11,6 | 55 | 12,8 |
| | 0,8 | — | — | 60 | 6,8 | 55 | 9,4 | 55 | 11,7 | — | — | — | — |
| | | | | — | — | 60 | 9,0 | 60 | 11,3 | 55 | 12,1 | 50 | 13,0 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 55 | 10,2 | 50 | 12,7 | — | — | — | — |
| | | | | | | 60 | 9,2 | 55 | 11,8 | 50 | 12,5 | 45 | 13,2 |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 55 | 9,5 | 50 | 12,2 | 45 | 12,7 | 45 | 13,5 |
| 11 с *HB* 321–375 | 0,1 | — | — | 80 | 1,9 | — | — | — | — | — | — | — | |
| | | | | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 95 | 1,7 | 70 | 2,7 | 70 | 3,8 | — | — | — | — | — | — |
| | | 105 | 1,9 | 80 | 3,0 | 75 | 4,2 | 70 | 5,3 | 70 | 5,9 | 65 | 6,2 |
| | 0,3 | 85 | 2,2 | 70 | 3,4 | 65 | 4,9 | — | — | — | — | — | — |
| | | 95 | 2,4 | 75 | 3,8 | 70 | 5,4 | 65 | 6,7 | 65 | 7,5 | 60 | 7,8 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 11 с *HB* 321–375 | 0,4 | 80 | 2,5 | 65 | 4,0 | 60 | 5,6 | — | — | — | — | — | — |
| | | 90 | 2,8 | 70 | 4.4 | 65 | 6,2 | 60 | 7,7 | 60 | 8,6 | 55 | 8,8 |
| | 0,5 | 70 | 2,7 | 60 | 4,7 | 60 | 6,2 | — | — | — | — | — | — |
| | | 80 | 3,0 | 65 | 4,9 | 60 | 6,9 | 55 | 8,4 | 55 | 9,5 | 55 | 10,6 |
| | 0,6 | 70 | 2,9 | 60 | 5,3 | 55 | 7,0 | — | — | — | — | — | — |
| | | 75 | 3,2 | 60 | 5,2 | 55 | 7,2 | 55 | 9,5 | 50 | 10,7 | 50 | 11,3 |
| | 0,7 | — | — | 55 | 6,1 | 55 | 7,7 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 55 | 5,4 | 50 | 7,5 | 55 | 10,8 | 45 | 11,3 | 45 | 11,6 |
| | 0,8 | — | — | 55 | 6,7 | 50 | 8,4 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | — | — | 50 | 8,1 | 50 | 11,3 | 45 | 11,6 | 40 | 11,9 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 45 | 9,0 | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 45 | 8,4 | 45 | 11,9 | 45 | 11,6 | 35 | 12,1 |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 45 | 8,8 | 40 | 11,9 | 35 | 12,1 | 35 | 12,4 |
| 13 с *HB* 195–280 | 0,2 | 125 | 1,9 | 100 | 3,1 | 95 | 4,4 | 85 | 5,4 | 85 | 5,7 | — | — |
| | | 140 | 2,1 | 110 | 3,4 | 105 | 4,9 | 95 | 5,9 | 90 | 6,3 | 90 | 7,1 |
| | 0,3 | 120 | 2,4 | 95 | 4,0 | 90 | 5,8 | 85 | 7,0 | 80 | 7,4 | — | — |
| | | 130 | 2,7 | 105 | 4,4 | 100 | 6,4 | 90 | 7,7 | 85 | 8,1 | 85 | 8,9 |
| | 0,4 | 110 | 2,8 | 85 | 4,4 | 85 | 6,5 | 80 | 8,1 | 75 | 8,6 | — | — |
| | | 120 | 3,1 | 95 | 4,9 | 90 | 7,1 | 85 | 8,9 | 80 | 9,5 | 80 | 10,5 |
| | 0,5 | 100 | 3,1 | 85 | 5,2 | 80 | 7,2 | 75 | 9,1 | 70 | 9,6 | — | — |
| | | 110 | 3,4 | 90 | 5,7 | 85 | 8,0 | 80 | 10,0 | 75 | 10,6 | 75 | 11,9 |
| | 0,6 | 95 | 3,4 | 80 | 5,5 | 75 | 7,8 | 70 | 9,9 | 65 | 10,5 | — | — |
| | | 105 | 3,7 | 85 | 6,0 | 80 | 8,6 | 75 | 10,9 | 70 | 11,6 | 70 | 13,0 |
| | 0,7 | — | — | 70 | 5,6 | 65 | 7,9 | 65 | 10,4 | 60 | 11,0 | — | — |
| | | | | 75 | 6,1 | 70 | 8,7 | 70 | 11,4 | 65 | 12,1 | 60 | 13,2 |
| | 0,8 | — | — | — | — | 60 | 8,1 | 60 | 10,6 | — | — | — | — |
| | | | | | | 65 | 8,9 | 65 | 11,7 | 60 | 12,3 | 55 | 13,4 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 13 с *HB* 195–280 | 0,9 | — | — | — | — | 60 | 8,2 | 60 | 10,8 | — | — | — | — |
| | | | | | | 65 | 9,0 | 60 | 11,9 | 55 | 12,4 | 50 | 13,7 |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | 60 | 9,6 | 55 | 12,1 | 50 | 12,5 | 50 | 13,9 |
| 17 с *HB* 143–207 | 0,1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 120 | 1,0 | | | | | | | | | | |
| | 0,2 | 105 | 1,4 | 90 | 2,4 | 90 | 4,1 | 75 | 4,3 | 65 | 5,1 | — | — |
| | | 115 | 1,6 | 95 | 2,6 | — | — | — | — | — | — | | |
| | 0,3 | 100 | 1,8 | 85 | 3,1 | 80 | 4,4 | 65 | 4,5 | 55 | 5,9 | — | — |
| | | 110 | 2,0 | 90 | 3,4 | 85 | 4,8 | 65 | 5,0 | 60 | 5,2 | 60 | 5,7 |
| | 0,4 | 95 | 2,2 | 80 | 3,8 | 75 | 5,1 | 65 | 5,4 | 55 | 6,3 | — | — |
| | | 105 | 2,4 | 90 | 4,2 | 80 | 5,6 | 60 | 5,7 | 55 | 6,0 | 55 | 6,6 |
| | 0,5 | 90 | 2,4 | 80 | 4,4 | 70 | 5,8 | 60 | 6,2 | 50 | 6,8 | — | — |
| | | 95 | 2,6 | 85 | 4,8 | 75 | 6,4 | 55 | 6,3 | 55 | 7,1 | 50 | 7,3 |
| | 0,6 | 80 | 2,5 | 75 | 4,6 | 65 | 5,9 | 60 | 6,7 | 50 | 7,2 | — | — |
| | | 90 | 2,8 | 80 | 5,1 | 65 | 6,3 | 55 | 7,3 | 50 | 7,6 | 50 | 8,5 |
| | 0,7 | — | — | 70 | 4,9 | 60 | 6,3 | 55 | 7,3 | 50 | 8,4 | — | — |
| | | | | 75 | 5,4 | 60 | 6,5 | 50 | 7,5 | 50 | 8,4 | 45 | 8,6 |
| | 0,8 | — | — | — | — | 60 | 6,9 | 55 | 8,9 | 45 | 9,7 | — | — |
| | | | | 65 | 5,5 | 55 | 6,7 | 50 | 8,2 | 45 | 8,5 | 45 | 9,4 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 55 | 7,4 | 50 | 9,9 | 45 | 10,4 | — | — |
| | | | | 60 | 5,7 | 55 | 7,3 | 45 | 8,4 | — | — | | |
| | 1,0 | — | — | — | — | 50 | 8,1 | 50 | 10,8 | 40 | 11,0 | — | — |
| | | | | 50 | 5,8 | 50 | 7,4 | 45 | 8,8 | — | — | | |
| 17 с *HB* 163–229 | 0,1 | — | — | 85 | 1,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 100 | 0,9 | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 85 | 1,3 | 75 | 2,2 | 75 | 2,8 | 65 | 3,6 | 60 | 4,7 | — | — |
| | | 95 | 1,4 | 80 | 2,4 | — | — | — | — | — | — | | |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 17 с *НВ* 163–229 | 0,3 | 85 | 1,6 | 70 | 2,7 | 70 | 3,9 | 60 | 4,2 | 60 | 5,4 | — | — |
| | | 90 | 1,8 | 75 | 3,0 | 70 | 4,3 | 55 | 4,6 | 50 | 4,9 | 50 | 5,2 |
| | 0,4 | 80 | 1,9 | 70 | 3,4 | 70 | 4,4 | 60 | 4,9 | 55 | 6,2 | — | — |
| | | 85 | 2,1 | 75 | 3,8 | 65 | 4,9 | 50 | 4,8 | 45 | 5,3 | 45 | 5,9 |
| | 0,5 | 75 | 2,2 | 65 | 3,8 | 65 | 5,1 | 55 | 5,5 | 55 | 7,0 | — | — |
| | | 80 | 2,4 | 70 | 4,2 | 60 | 5,5 | 45 | 5,6 | 45 | 6,3 | 40 | 6,6 |
| | 0,6 | 70 | 2,4 | 65 | 4,2 | 65 | 5,9 | 55 | 6,3 | 50 | 7,8 | — | — |
| | | 75 | 2,7 | 65 | 4,5 | 55 | 5,8 | 45 | 6,5 | 40 | 6,6 | 40 | 7,4 |
| | 0,7 | — | — | 60 | 4,9 | 60 | 6,5 | 50 | 7,1 | 50 | 8,7 | — | — |
| | | | | 60 | 4,7 | 50 | 6,0 | 40 | 6,8 | 40 | 7,2 | 35 | 7,7 |
| | 0,8 | — | — | 60 | 5,4 | 60 | 7,3 | 50 | 8,2 | 45 | 10,2 | — | — |
| | | | | 55 | 4,9 | 45 | 6,3 | 40 | 7,1 | 35 | 7,5 | 35 | 8,0 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 55 | 8,8 | 45 | 9,8 | 40 | 11,0 | — | — |
| | | | | 50 | 5,1 | 45 | 6,5 | 35 | 7,3 | — | — | | |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| | | | | 40 | 5,3 | 40 | 6,8 | 35 | 7,5 | | | | |
| 17 с *НВ* 171–241 | 0,1 | 75 | 1,3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 90 | 0,7 | | | | | | | | | | |
| | 0,2 | 80 | 1,1 | 65 | 1,9 | 65 | 2,7 | 55 | 3,5 | 55 | 3,9 | — | — |
| | | 85 | 1,2 | 70 | 2,1 | — | — | — | — | — | — | | |
| | 0,3 | 75 | 1,5 | 60 | 2,1 | 60 | 3,4 | 55 | 4,0 | 50 | 4,1 | — | — |
| | | 80 | 1,6 | 65 | 2,6 | 60 | 3,7 | 50 | 4,2 | 45 | 4,5 | 45 | 4,7 |
| | 0,4 | 70 | 1,7 | 55 | 2,8 | 55 | 4,2 | 50 | 4,6 | 50 | 4,5 | — | — |
| | | 75 | 1,9 | 65 | 3,3 | 60 | 4,5 | 45 | 4,8 | 40 | 4,9 | 40 | 5,3 |
| | 0,5 | 65 | 1,9 | 55 | 3,1 | 50 | 4,6 | 50 | 5,0 | 45 | 5,0 | — | — |
| | | 70 | 2,1 | 60 | 3,6 | 55 | 5,0 | 40 | 5,1 | 40 | 5,4 | 35 | 5,6 |
| | 0,6 | 60 | 2,1 | 50 | 3,5 | 50 | 4,9 | 45 | 5,5 | 45 | 5,7 | — | — |
| | | 65 | 2,2 | 60 | 4,1 | 50 | 5,3 | 40 | 5,7 | 45 | 6,1 | 35 | 6,6 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 17 с *HB* 171–241 | 0,7 | — | — | 50 | 3,8 | 45 | 5,1 | 45 | 5,9 | 40 | 6,2 | — | — |
| | | | | 55 | 4,3 | 45 | 5,4 | 35 | 6,2 | 35 | 6,5 | 35 | 7,2 |
| | 0,8 | — | — | 45 | 4,0 | 40 | 5,2 | 40 | 6,1 | 35 | 6,7 | — | — |
| | | | | 50 | 4,4 | 40 | 5,5 | 35 | 6,5 | 35 | 7,1 | | |
| | 0,9 | — | — | — | — | 40 | 5,4 | 35 | 6,5 | 35 | 7,5 | — | — |
| | | | | 45 | 4,5 | 40 | 5,8 | 35 | 6,9 | — | — | | |
| | 1,0 | — | — | — | — | 35 | 5,7 | 35 | 7,0 | 35 | 8,1 | — | — |
| | | | | 40 | 4,7 | 35 | 6,0 | 35 | 7,5 | — | — | | |
| 17 с *HB* 235–295 | 0,1 | — | — | 65 | 1,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 70 | 0,6 | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 65 | 1,0 | 55 | 1,8 | 55 | 2,5 | 50 | 3,2 | — | — | — | — |
| | | 65 | 1,0 | 55 | 1,8 | — | — | — | — | | | | |
| | 0,3 | 60 | 1,3 | 55 | 2,4 | 50 | 3,3 | 45 | 3,8 | — | — | — | — |
| | | 65 | 1,4 | 55 | 2,4 | 50 | 3,3 | 40 | 3,6 | 40 | 4,0 | 35 | 4,1 |
| | 0,4 | 55 | 1,5 | 50 | 2,8 | 50 | 4,0 | 45 | 4,5 | — | — | — | — |
| | | 60 | 1,6 | 55 | 3,0 | 50 | 4,0 | 40 | 4,4 | 35 | 4,4 | 35 | 4,9 |
| | 0,5 | 55 | 1,8 | 50 | 3,3 | 45 | 4,0 | 40 | 4,7 | — | — | — | — |
| | | 55 | 1,8 | 50 | 3,3 | 45 | 4,4 | 35 | 4,7 | 35 | 5,3 | 30 | 5,4 |
| | 0,6 | 50 | 2,0 | 45 | 3,5 | 45 | 4,7 | 40 | 5,5 | — | — | — | — |
| | | 55 | 2,0 | 50 | 3,7 | 40 | 4,6 | 35 | 5,4 | 30 | 5,5 | 30 | 6,1 |
| | 0,7 | — | — | 45 | 3,8 | 40 | 5,1 | 35 | 5,7 | — | — | — | — |
| | | | | 45 | 3,8 | 35 | 5,0 | 30 | 5,5 | 30 | 6,0 | | |
| | 0,8 | — | — | 40 | 3,9 | 40 | 5,2 | 35 | 6,0 | — | — | — | — |
| | | | | 40 | 3,9 | 35 | 5,1 | 30 | 5,8 | | | | |
| | 0,9 | — | — | — | — | 35 | 5,4 | 35 | 6,2 | — | — | — | — |
| | | | | 35 | 4,0 | 35 | 5,4 | — | — | | | | |
| | 1,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 35 | 4,2 | 30 | 5,5 | | | | | | |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 18 с *HB* 120–140 | 0,1 | — | — | 170 | 2,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 215 | 1,6 | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 180 | 2,3 | 155 | 3,8 | 150 | 5,7 | 120 | 6,8 | 115 | 7,7 | — | — |
| | | 205 | 2,6 | 175 | 4,4 | 160 | 6,5 | — | — | — | — | | |
| | 0,3 | 160 | 2,7 | 140 | 4,4 | 135 | 6,5 | 110 | 7,6 | 105 | 8,5 | — | — |
| | | 185 | 3,1 | 160 | 5,1 | 155 | 7,5 | 125 | 8,7 | 120 | 9,7 | 120 | 10,2 |
| | 0,4 | 145 | 3,1 | 120 | 4,8 | 120 | 7,3 | 100 | 8,2 | 95 | 9,3 | — | — |
| | | 165 | 3,5 | 135 | 5,5 | 135 | 8,3 | 115 | 9,4 | 110 | 10,6 | 105 | 11,3 |
| | 0,5 | 130 | 3,3 | 110 | 5,6 | 105 | 8,1 | 85 | 8,9 | 85 | 10,2 | — | — |
| | | 150 | 3,8 | 125 | 6,4 | 120 | 9,2 | 10 | 10,2 | 100 | 11,6 | 95 | 12,3 |
| | 0,6 | 125 | 3,6 | 100 | 6,1 | 95 | 8,5 | 80 | 9,3 | 80 | 10,7 | — | — |
| | | 145 | 4,1 | 115 | 6,9 | 110 | 9,7 | 90 | 10,6 | 90 | 12,2 | 85 | 12,9 |
| | 0,7 | — | — | 95 | 6,3 | 90 | 9,4 | 75 | 10,0 | 75 | 11,1 | — | — |
| | | | | 110 | 7,2 | 105 | 10,7 | 85 | 11,3 | 85 | 12,8 | 80 | 13,5 |
| | 0,8 | — | — | 85 | 6,6 | 85 | 9,9 | 70 | 10,3 | 70 | 11,7 | — | — |
| | | | | — | — | 100 | 11,3 | 80 | 11,8 | 80 | 13,3 | 75 | 14,0 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 85 | 10,3 | 65 | 11,3 | 65 | 12,0 | — | — |
| | | | | | | 95 | 11,8 | 75 | 12,9 | 70 | 13,7 | 65 | 14,5 |
| | 1,0 | — | — | — | — | 10 | 10,8 | 60 | 11,6 | 60 | 12,4 | — | — |
| | | | | | | 90 | 12,3 | 70 | 13,2 | 65 | 14,2 | 60 | 14,9 |
| | 1,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 65 | 13,3 | 60 | 14,8 | 55 | 15,3 |
| | 1,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 65 | 15,1 | 55 | 15,7 | 50 | 16,0 |
| 18 с *HB* 130–170 | 0,2 | 135 | 1,9 | 120 | 3,2 | 115 | 4,7 | 95 | 5,5 | 95 | 6,1 | — | — |
| | | 115 | 2,1 | 135 | 130 | 5,3 | — | — | — | — | — | | |
| | 0,3 | 120 | 2,2 | 105 | 3,6 | 95 | 5,4 | 85 | 6,2 | 85 | 7,0 | — | — |
| | | 140 | 2,5 | 120 | 4,1 | 110 | 6,1 | 95 | 7,1 | 95 | 7,9 | 90 | 8,3 |
| | 0,4 | 110 | 2,5 | 90 | 4,1 | 90 | 6,0 | 76 | 6,9 | 75 | 7,7 | — | — |
| | | 125 | 2,8 | 105 | 4,6 | 100 | 6,8 | 85 | 7,8 | 85 | 8,8 | 80 | 9,3 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 18 с *HB* 130–170 | 0,5 | 100 | 2,7 | 85 | 4,6 | 80 | 6,5 | 65 | 7,3 | 65 | 8,2 | — | — |
| | | 115 | 3,1 | 95 | 5,2 | 90 | 7,4 | 75 | 8,3 | 75 | 9,4 | 70 | 8,9 |
| | 0,6 | 95 | 3,0 | 80 | 4,9 | 75 | 7,0 | 60 | 7,9 | 60 | 9,0 | — | — |
| | | 110 | 3,4 | 90 | 5,6 | 85 | 8,0 | 70 | 9,0 | 70 | 10,2 | 65 | 10,7 |
| | 0,7 | — | — | 75 | 5,3 | 75 | 7,8 | 55 | 8,3 | 60 | 9,3 | — | — |
| | | | | 85 | 6,0 | 85 | 8,9 | 65 | 9,4 | 65 | 10,6 | 60 | 11,0 |
| | 0,8 | — | — | 70 | 5,7 | 70 | 8,2 | 50 | 8,5 | 50 | 9,5 | — | — |
| | | | | — | — | 80 | 9,3 | 60 | 9,6 | 60 | 10,8 | 55 | 11,2 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 65 | 8,5 | 50 | 9,2 | 45 | 9,5 | — | — |
| | | | | | | 75 | 9,6 | 60 | 10,4 | 55 | 10,9 | 50 | 11,4 |
| | 1,0 | — | — | — | — | 60 | 8,7 | 45 | 9,4 | 45 | 9,8 | — | — |
| | | | | | | 70 | 9,8 | 55 | 10,5 | 50 | 11,2 | 45 | 11,7 |
| | 1,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 50 | 11,1 | 45 | 11,4 | 40 | 11,9 |
| | 1,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 50 | 12,6 | 45 | 12,9 | 40 | 13,1 |
| 18 с *HB* 170–229 | 0,2 | 90 | 1,3 | 80 | 2,2 | 75 | 3,3 | 65 | 3,9 | 60 | 4,3 | — | — |
| | | 100 | 1,5 | 90 | 2,5 | 85 | 3,8 | — | — | — | — | | |
| | 0,3 | 80 | 1,6 | 70 | 2,6 | 65 | 3,8 | 55 | 4,4 | 55 | 4,8 | — | — |
| | | 90 | 1,8 | 80 | 3,0 | 70 | 4,3 | 65 | 5,0 | 65 | 5,5 | 60 | 5,7 |
| | 0,4 | 70 | 1,8 | 60 | 2,9 | 60 | 4,3 | 50 | 4,6 | 50 | 5,5 | — | — |
| | | 85 | 2,0 | 70 | 3,3 | 70 | 4,9 | 55 | 5,2 | 6,2 | 6,2 | 55 | 6,5 |
| | 0,5 | 70 | 2,0 | 55 | 3,3 | 55 | 4,8 | 45 | 4,9 | 45 | 5,8 | — | — |
| | | 75 | 2,3 | 65 | 3,7 | 60 | 5,5 | 50 | 5,6 | 50 | 6,6 | 50 | 7,0 |
| | 0,6 | 65 | 2,2 | 50 | 3,6 | 50 | 5,1 | 40 | 5,6 | 40 | 6,2 | — | — |
| | | 70 | 2,4 | 60 | 4,1 | 55 | 5,8 | 50 | 6,4 | 50 | 7,0 | 45 | 7,4 |
| | 0,7 | — | — | 50 | 3,8 | 50 | 5,6 | 35 | 5,8 | 35 | 6,7 | — | — |
| | | | | 55 | 4,3 | 55 | 6,4 | 45 | 6,5 | 45 | 7,6 | 40 | 8,0 |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 18 с *HB* 170–229 | 0,8 | — | — | 45 | 4,3 | 45 | 5,8 | 35 | 6,2 | 35 | 6,9 | — | — |
| | | | | — | — | 55 | 6,5 | 40 | 7,1 | 40 | 7,8 | 40 | 8,2 |
| | 0,9 | — | — | — | — | 40 | 6,0 | 30 | 6,9 | 30 | 7,1 | — | — |
| | | | | | | 50 | 6,8 | 40 | 7,8 | 40 | 8,1 | 35 | 8,5 |
| | 1,0 | — | — | — | — | 40 | 6,2 | 30 | 7,0 | 30 | 7,5 | — | — |
| | | | | | | 50 | 7,6 | 40 | 8,0 | 35 | 8,5 | 30 | 8,7 |
| | 1,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 35 | 8,2 | 30 | 8,6 | 30 | 9,0 |
| | 1,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 35 | 8,6 | 30 | 8,9 | 30 | 9,2 |
| 18 с *HB* 265–285 | 0,1 | 65 | 0,6 | 60 | 1,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 75 | 0,7 | — | — | | | | | | | | |
| | 0,2 | 60 | 1,0 | 60 | 1,8 | 55 | 2,6 | 50 | 2,2 | — | — | — | — |
| | | 70 | 1,1 | 65 | 2,1 | 60 | 2,9 | — | — | | | | |
| | 0,3 | 55 | 1,3 | 50 | 2,1 | 50 | 3,0 | 45 | 3,3 | 45 | 4,0 | 45 | 4,5 |
| | | 65 | 1,4 | 55 | 2,4 | 50 | 3,3 | 45 | 3,6 | — | — | — | — |
| | 0,4 | 50 | 1,4 | 45 | 2,4 | 45 | 3,3 | 40 | 3,9 | 40 | 4,7 | 40 | 4,9 |
| | | 60 | 1,6 | 50 | 2,7 | 50 | 3,7 | 40 | 4,4 | — | — | — | — |
| | 0,5 | 45 | 1,6 | 40 | 2,5 | 40 | 3,5 | 35 | 4,1 | 35 | 5,0 | 35 | 5,4 |
| | | 55 | 1,8 | 40 | 2,8 | 40 | 4,0 | 35 | 4,7 | — | — | — | — |
| | 0,6 | 40 | 1,8 | 35 | 2,6 | 35 | 3,6 | 35 | 4,3 | 35 | 5,4 | 35 | 6,0 |
| | | 50 | 1,9 | 40 | 35 | 35 | 4,1 | 35 | 4,8 | — | — | — | — |
| | 0,7 | — | — | 35 | 2,7 | 35 | 4,0 | 30 | 4,7 | 35 | 6,0 | — | — |
| | | | | 35 | 3,1 | 35 | 4,5 | 35 | 5,3 | — | — | | |
| | 0,8 | — | — | 30 | 4,3 | 30 | 5,1 | 30 | 5,8 | 35 | 6,6 | — | — |
| | | | | — | — | 35 | 4,9 | 35 | 5,8 | — | — | | |
| | 0,9 | — | — | — | — | 30 | 4,4 | 25 | 6,5 | — | — | — | — |
| | | | | | | 35 | 5,0 | — | — | | | | |

*Продолжение табл. 27*

| Группа обрабатываемого материала | Подача $S$, мм/об | Глубина резания $t$, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 2 | | 2–4 | | 4–6 | | 6–8 | | 8–10 | | 10 | |
| | | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт | $v$, м/мин | $N_э$, кВт |
| 18 с *HB* 265–285 | 1,0 | — | — | — | — | —<br>35 | —<br>5,2 | — | — | — | — | — | — |

Примечание. В числителе указаны режимы для станков с ЧПУ, в знаменателе – для универсальных станков.

**28. Поправочные коэффициенты $K_{v_1}$ на скорость резания в зависимости от марки инструментального материала**

| Глубина резания $t$, мм | Группа обрабатываемого материала | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1–16,17 (*HB* 143–207) | | 17 (*HB* 163–295), 18 | |
| | Марка инструментального материала | $K_{v_1}$ | Марка инструментального материала | $K_{v_1}$ |
| При черновом точении | | | | |
| До 1 | Т14К8 | 1,0 | ВК4, ВК6 | 1,0 |
| От 1 до 2 | Т5К10 | 0,85 | ВК8 | 0,85 |
| Св. 2 до 6 | Т5К10 | 1,0 | ВК8 | 1,0 |
| | Т14К8 | 1,1 | ВК6 | 1,1 |
| Св. 6 до 10 | Т5К12В | 1,0 | ВК8В | 1,0 |
| Св. 10 | Т5К10 | 1,1 | ВК8 | 1,2 |
| При чистовом точении | | | | |
| До 1 | Т15К6 | 1,0 | ВК3М | 10 |
| | Т14К8 | 0,8 | ВК4 | 0,9 |
| От 1 до 2 | Т5К10 | 0,7 | ВК6 | 0,85 |
| Св. 2 до 6 | Т14К8 | 1,0 | ВК4, ВК6 | 1,0 |
| | Т15К6 | 1,15 | ВК3М | 1,20 |
| | Т5К10 | 0,85 | ВК8 | 0,85 |
| Св. 6 до 8 | Т5К10 | 1,0 | ВК8 | 1,0 |
| Св. 8 | Т14К8 | 1,1 | ВК6 | 1,1 |

**29. Поправочные коэффициенты $K_{v_2}$ и $K_{v_3}$ на скорость резания при растачивании и поперечном точении**

| $d$ | $K_{v_2}$ | $\frac{d_{min}}{d_{max}}$ | $K_{v_3}$ |
|---|---|---|---|
| Растачивание | | Поперечное точение | |
| ⩾ 75 | 1,0 | 0,5 – 0,7 | 1,25 |
| < 75 | 0,84 | 0,7 – 1 | 1,05 |

**30. Поправочные коэффициенты $K_{v_4}$ на скорость резания в зависимости от принятой стойкости $T$ инструмента**

| $T$, мин | $K_{v_4}$ | $T$, мин | $K_{v_4}$ |
|---|---|---|---|
| 15 – 2 | 1,2 | 60 – 70 | 0,8 |
| 30 – 40 | 1,0 | 100 – 120 | 0,65 |
| 40 – 50 | 0,95 | | |

**Режимы резания инструментом из композита.** Режимы резания инструментом из композита выбирают исходя из оптимального сочетания скорости резания, глубины резания и подачи, обеспечивающих наименьшие затраты при необходимом качестве обработки. Глубина резания ограничивается размерами поликристаллов и не превышает 1,5 мм для композита 01 и 02, 2 мм – для композита 10 и 3 мм – для композита 05. При чистовой обработке материалов высокой твердости за переход рекомендуется снимать припуск не более 0,1 – 0,2 мм, а при обработке чугунов твердостью *HB* 150 – 260 и цветных сплавов – не более 0,4 – 0,6 мм. Рекомендуемые режимы резания в зависимости от вида обработки, марки применяемого композита, а также марки обрабатываемого материала приведены в табл. 31. Они справедливы для резцов со следующей геометрией: $\alpha \leqslant 8 \div 12°$; $\gamma - 8 \div -15°$; $\varepsilon \geqslant 120 \div 140°$; радиус при вершине резца $r \geqslant 0{,}4 \div 0{,}8$ мм. При увеличении угла в плане $\varphi$ и, следовательно, уменьшении угла при вершине $\varepsilon$, а также при увеличении глубины резания нужно уменьшить подачу.

При обработке материалов с повышенной вязкостью или, наоборот, с повышенной хрупкостью иногда приходится прибегать к созданию инструмента с $\gamma = 8°$ путем шлифования уступов или выкружек. В таких случаях необходимо увеличить радиус при вершине резца до $r = 0{,}8 - 1{,}6$ мм, обратив особое внимание на тщательность его доводки. Уменьшение радиуса до значений менее 0,3 мм нецелесообразно, так как это резко

**31. Режимы резания при точении и растачивании инструментом из композита**

| Обрабатываемый материал | Вид обработки | Марка композита | Режим резания | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $v$, м/мин | $S$, мм/об | $t$, мм |
| Стали инструментальные, легированные, конструкционные и подшипниковые, закаленные до 41,5 ⩽ ⩽ $HRC_э$ ⩽ 59 ÷ 61 | Получистовая | 05<br>10 | 50 – 100<br>40 – 80 | 0,1 – 0,2<br>0,1 – 0,15 | 1,0 – 2,0<br>0,8 – 1,5 |
| | Чистовая | 05; 01; 02<br>10; 09 | 60 – 120<br>50 – 90 | 0,04 – 0,08<br>0,04 – 0,07 | 0,4 – 1,0<br>0,3 – 0,5 |
| | Тонкая | 01; 02<br>10; 09 | 60 – 160<br>60 – 100 | 0,005 – 0,02<br>0,005 – 0,02 | 0,05 – 0,2<br>0,05 – 0,1 |
| Стали быстрорежущие, инструментальные и подшипниковые, закаленные до 59 ÷ ÷ 61 ⩽ $HRC_э$ ⩽ ⩽ 69 ÷ 71 | Чистовая | 01; 02<br>09; 10 | 60 – 120<br>40 – 70 | 0,03 – 0,07<br>0,03 – 0,07 | 0,2 – 0,8<br>0,2 – 0,4 |
| | Тонкая | 01; 02<br>09; 10 | 60 – 110<br>50 – 80 | 0,005 – 0,02<br>0,005 – 0,02 | 0,05 – 0,1<br>0,05 – 0,1 |
| Чугуны серые и высокопрочные, $HB$ 150 – 270 | Получистовая | 05<br>10; 05 | 300 – 600<br>200 – 400 | 0,1 – 0,3<br>0,1 – 0,2 | 1 – 3<br>0,8 – 1,5 |
| | Чистовая | 05; 01; 02<br>10; 09; 05<br>01; 02 | 400 – 900<br>300 – 500 | 0,02 – 0,08<br>0,02 – 0,08 | 0,2 – 0,6<br>0,2 – 0,4 |
| Чугуны отбеленные, закаленные, $HB$ 400 – 600 | Получистовая | 05; 10<br>10 | 100 – 160<br>60 – 100 | 0,1 – 0,2<br>0,1 – 0,15 | 1,0 – 2,0<br>0,8 – 1,5 |
| | Чистовая | 05; 01; 02<br>10; 09 | 100 – 200<br>60 – 100 | 0,02 – 0,08<br>0,02 – 0,06 | 0,1 – 0,5<br>0,1 – 0,3 |
| Твердые сплавы ВК15, ВК20, ВК25 (штампы и прессформы), $HRA$ 88 – 90 | Чистовая | 10 | 5 – 10<br>– | 0,04 – 0,08<br>– | 0,4 – 0,8<br>– |
| | Тонкая | 10; 01; 02 | 8 – 12<br>– | 0,005 – 0,02<br>– | 0,05 – 0,1<br>– |

Примечание. В числителе даны режимы резания при обработке с равномерным припуском, в знаменателе – с неравномерным.

повышает опасность выхода инструмента из строя из-за скола или выкрашивания вершины. Кроме того, уменьшение радиуса приводит к существенному увеличению шероховатости обработанной поверхности.

При точении заготовок с неравномерным припуском по корке сталей высокой твердости или чугунного литья наличие радиуса $r = 0{,}8 \div 1{,}0$ мм при вершине является необходимым условием надежной работы резцов из композита.

*Глава 4*

# СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ

Улучшение обрабатываемости материалов при использовании в процессе резания СОТС (смазочно-охлаждающих технологических сред) является результатом их физико-химических воздействий на обрабатываемый материал. Ко всем видам СОТС предъявляют следующие требования: они не должны снижать эксплуатационных характеристик деталей, изготовленных при их применении, и, прежде всего, коррозионной стойкости и прочности при ударных, знакопеременных и статических нагрузках; должны быть устойчивыми при эксплуатации и хранении; не должны воспламеняться при температурах, сопровождающих процесс резания; не должны оказывать вредного воздействия на слизистые оболочки и кожный покров работающих и иметь запах; не должны образовывать пену и дым, смешиваться с машинными маслами и вызывать коррозию оборудования.

Применение СОТС при обработке резанием увеличивает стойкость режущего инструмента, снижает силу резания и температуру в зоне обработки, улучшает качество поверхности, повышает усталостную прочность детали и другие ее эксплуатационные характеристики.

Проникновению СОТС в зону резания способствуют зазоры молекулярного порядка между стружкой и передней поверхностью инструмента; наличие ультрамикроскопических и микроскопических трещин в зоне стружкообразования, периодические процессы срыва стружки и образования частиц нароста, вибрации, возникающие в процессе обработки и вызывающие периодическое образование полостей на контактных поверхностях относительных перемещений инструмента и заготовки.

## ВИДЫ СОТС

Существует четыре вида СОТС: твердые, пластичные, жидкие и газообразные.

В качестве твердых смазочных материалов (ТСМ) используют различные твердые вещества:

неорганические материалы со слоистой структурой: тальк, слюду, графит, дисульфиды молибдена, вольфрама и титана, буру, нитрид бора, бромиды олова и кадмия, сульфат серебра, подиды висмута, никеля и кадмия, фталоцианин, селениды и теллуриды вольфрама;

твердые органические соединения: мыло, воск, твердые жиры;

полимерные пленки и ткани: нейлон, полиэтилен, полиамид, политетрафторэтилен, полифенилсилоксаны, термопластичные и фторированные полимеры;

металлические пленочные покрытия: медь, латунь, свинец, олово, барий, цинк;

лед и перешедшие при низких температурах в твердое состояние жидкости и газы.

Пластичные смазочные материалы (ПСМ) – густые мазеобразные продукты, занимающие по консистенции промежуточное положение между твердыми и жидкими смазочными материалами. Основными их свойствами является упруговязкопластический характер деформирования под нагрузкой. Их получают загущением минеральных и синтетических масел, содержание которых в СОЖ колеблется от 5 до 30%. Применяют в основном четыре вида загустителей: мыльные, углеводородные, неорганические и органические.

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) являются самой распространенной технологической средой, обладающей (по сравнению с твердыми и пластичными смазывающими веществами) охлаждающей, проникающей и моющей способностью.

В зависимости от физико-химических особенностей основной фазы СОЖ подразделяют на водные (водосмешиваемые), масляные и специальные (основная фаза – животные и растительные масла), синтетические масла, органические жидкости и расплавы металлов.

Водные СОЖ в зависимости от дисперсности компонентов, вводимых в основную фазу, разделяют на четыре группы: растворы электролитов, синтетические СОЖ, полусинтетические и эмульсии. В масляные СОЖ входят базовое минеральное масло (60–100% массы СОЖ) и различные присадки. По химическому составу минеральное масло представляет собой сложную смесь высокомолекулярных углеводородов, которые условно подразделяют на нафтеновые, ароматические, нафтено-ароматические и парафиновые.

В качестве смазочно-охлаждающей газообразной среды наи-

большее распространение получил атмосферный воздух. Он является также основой для создания различных аэрозолей. Для охлаждения используют также пары сжиженных газов (двуокиси углерода, азота, кислорода, воздуха), а также пары твердых и жидких веществ, образующихся при их нагреве и разложении.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ МАРОК СОТС

**Твердые и пластичные смазочные материалы.** *ВНИИНП-118* – смазочные карандаши и брикеты на основе твердых нефтепродуктов, содержащие дисульфидмолибденовый порошок. Рекомендуются для контактно-фрикционного нанесения смазочного материала на режущий инструмент.

*МЭ-22* (ТУ 32 ЦТ 559–74) – твердые дисульфидмолибденовые карандаши; смазки на инструмент наносят контактно-фрикционным методом.

*Карбонал* – пластичный смазочный материал темно-коричневого цвета, содержащий ряд поверхностно-активных присадок; хорошо смачивается щелочными моющими растворами и углеводородными растворителями; его целесообразно использовать при работе на станках, не оснащенных системой подачи СОЖ, а также в индивидуальном и мелкосерийном производстве, когда применение жидких средств не экономично.

*Аэрол, ВНИИНП-279, ВНИИНП-225, графитол, графитная смазка УССА, солидол УС, ЦИАТИМ-203* – пластичные антифрикционные материалы общего назначения, успешно применяемые при лезвийной обработке. Все продукты (кроме солидола УС и ЦИАТИМ-203) содержат твердые наполнители – дисульфидмолибденовый или графитовый.

**Водные СОЖ.** Синтетические и полусинтетические СОЖ приготовляют из концентратов, а эмульсии – из эмульсолов.

*Аквол-10М* (ТУ 38-40188-81) – концентрат на гликолевой основе; содержит анионоактивные и неионогенные эмульгаторы и незначительное количество жировых присадок. Предназначен для приготовления синтетических СОЖ с широкой областью применения.

*Аквол-11* (ТУ 38-40146–79) – концентрат для приготовления полусинтетических СОЖ. Содержит значительное количество различных эмульгаторов, органические и неорганические ингибиторы коррозии. Используют при обработке алюминиевых сплавов.

*Аквол-12* (ТУ 38-30146 – 79) – концентрат для приготовления синтетических СОЖ. Применяют при обработке медных сплавов.

*Аквол-14* (ТУ 38-40195 – 80) – концентрат на основе полиэтиленгликолей; содержит присадки, придающие СОЖ необходимый комплекс свойств. При смешивании с водой образует прозрачные, бесцветные или слегка окрашенные растворы. Применяют при обработке резанием черных металлов и сплавов.

*Карбомол П-1* (ТУ 38-40192 – 80) – сбалансированная смесь эмульгатора с минеральным маслом. Разведением в воде приготовляют полусинтетические бессульфонатные и безнитритные СОЖ, используемые при лезвийной обработке.

*Аквапол-1* представляет собой стабильный концентрат на основе полиэтиленгликолей, содержащий присадки, ингибиторы коррозии и другие добавки. Водные растворы используют при многих видах обработки различных конструкционных материалов.

*Эмульсолы Э-2 (Б) и Э-3 (В)* вырабатывают на основе смеси стандартных индустриальных масел и их дистиллятов, масляного асидола, масляных щелочных отходов с добавлением едкого натра и отходов производства диэтиленгликоля (спирта этилового, этиленгликоля, полигликоля). Эмульсол Э-2 (Б) содержит до 0,3% свободной щелочи, что не позволяет использовать его при обработке цветных металлов. Основная область применения – обработка углеродистых сталей на легких режимах.

*Эмульсолы ЭТ-2* (ТУ 38-101599 – 75) и ЭТ-2У (ТУ 38 УССР-201299 – 78) имеют в своем составе талловое масло. При разбавлении в воде образуют молочно-белые эмульсии, применяемые при обработке резанием.

*Эмульсол ЭТ-2 ГХФ* (ТУ 38-3011 – 76) отличается от эмульсола ЭТ-2 добавкой бактериального препарата – гексахлорофена.

*Эмульсол ЭГТ* (ТУ 38-101149 – 75) вырабатывается на госсиполовой смоле. Он предназначен для получения эмульсий общего назначения, которыми пользуются при обработке резанием и давлением.

*Эмульсол НГЛ-205* (ТУ 38-101547 – 80) состоит из сульфированного масла АС-6 восточных нефтей, защелоченного каустической содой с добавлением пассивирующих добавок.

*Эмульсол ЭМУС* (ТУ 38-101174 – 76) вырабатывается на ос-

нове нефтяных сульфонатов. Обладает по сравнению с эмульсолом НГЛ-205 большей стабильностью при хранении и перевозках, улучшенными смазочными и защитными свойствами.

*Эмульсол СДМУ-2* (ТУ 38-101546–80) содержит присадки высокодисперсного дисульфида молибдена и большее количество (до 20%) сульфонатов натрия, чем эмульсол НГЛ-205.

*Эмульсол РЗ-СОЖ8* (ТУ 38-101258–80) – композиция из индустриального масла, асидола масляного, таллового масла и полигликолей с добавками. Для улучшения смазочных свойств в эмульсол вводится технический йод (0,3%). Эмульсии используют при обработке специфических материалов.

*Эмульсол СП-3* (ГОСТ 5702–75*) состоит из трансформаторного масла, триэтаноламина и олеиновой кислоты. Эмульсии пригодны для использования при токарных работах, при нарезании резьб в алюминиевых сплавах.

*Эмульсол Укринол* (ТУ 38-101197–76) – композиция минерального масла И-12А, нефтяных сульфонатов (эмульгаторов), экстракта трансформаторного дистиллята, триэтаноламина, нитрита натрия и других продуктов. Композиция легко эмульгирует с образованием молочно-белых эмульсий общего назначения.

*Эмульсол Укринол-1М* – сбалансированная смесь универсальной эмульгирующей композиции ЭК-1 (25%) и минерального масла И-12А (75%). Композиция ЭК-1, в свою очередь, является смесью анионоактивных, неионогенных эмульгаторов и связок, оптимизированной с учетом гидрофильно-липофильного баланса. Эмульсии из эмульсола Укринол-1М также предназначены для широкого круга операций.

*Эмульсол Аквол-2* (ТУ 38 УССР-201220–79) специального назначения представляет собой смесь композиции ЭК-1 (40%) и минерального масла типа И-12А (35–41%). Смесь содержит также несколько высокоактивных противозадирных присадок, таких, как хлорированный парафин (10–15%), осерненное жировое масло (5-10%), полисульфид ЛЗ-301. Синергетическая смесь серных и хлорных присадок обеспечивает эффективность эмульсий из эмульсола Аквол-2 при тяжелых режимах резания труднообрабатываемых материалов.

*Эмульсол Аквол-6* (ТУ 38-40181–79) специального назначения представляет собой сбалансированную смесь: 30% масла типа И-12А, 40% эмульгатора ЭК-1 и противозадирных присадок (хлорированный парафин). Применяется при обработке на тяжелых режимах.

*Эмульсол Аквемус* (ТУ 38-201341 – 80) используют для приготовления эмульсий общего назначения на воде с высокой жесткостью.

*Эмульсол ФМИ-3* (ТУ 38 УССР-201319 – 79) предназначен для получения эмульсий, применяющихся при обработке резанием высокопрочных сталей.

*Эмульсол Карбамол Э-1* представляет собой концентрат на основе минерального масла, эмульгаторов и безнитритных ингибиторов коррозии. При смешении с водой образует молочные эмульсии. Отсутствие в эмульсоле нитрита натрия способствует повышению биостойкости эмульсий. Основная область применения – лезвийная обработка общемашиностроительных материалов.

*Эмульсол Синтал-2* – сбалансированная смесь минерального масла, эмульгаторов, ингибиторов коррозии и противозадирных присадок; при смешивании с водой образует стабильную эмульсию молочного цвета. Применение 5 – 10%-ной эмульсии эффективно при обработке подшипниковых сталей и некоторых других конструкционных материалов.

*Эмульсолы серии МХО* – обычные эмульгирующие композиции, в которые дополнительно введены полимерные присадки. Эмульсии используют при обработке некоторых конструкционных сталей.

**Масляные СОЖ.** *Масла индустриальные общего назначения* (ГОСТ 20799 – 75*) – дистиллятные, из малосернистых и сернистых нефтей кислотно-щелочной или селективной очистки. Применяются в чистом виде и как основа для разведения специальных концентратов (МР-5у, МР-99) или стандартных присадок.

*Сульфофрезол* (ГОСТ 122 – 54*) – смесь нефтяных масел (И-12А, индустриального выщелоченного, цилиндрового 2, масляного асидола), зимних и летних нигролов. Эта смесь активирована технической природной молотой серой (1,4%). Сульфофрезол применяют при обработке резанием и давлением. Обработка в среде сульфофрезола сопровождается выделением неприятного запаха. Сульфофрезол может быть токсичен для оператора.

*В-29б, В-32к и В-35* (ТУ 38-10188 – 55) – химически активные минеральные масляные СОЖ, в состав которых в качестве противозадирных и противоизносных компонентов входят хлорпарафин и присадка ДФ-11. Масла содержат также дипроксид, окисленный петролатум. Обладают специфическим резким за-

пахом. Могут оказывать токсическое воздействие на организм рабочего. Рекомендуется использовать при обработке на тяжелых режимах резания.

*В-31* (ТУ 38-10189–75) – химически активное маловязкое масло, предназначенное для использования при резании алюминиевых сплавов.

*МР-1у* (ТУ 38-101731–80) – минеральное масло, активированное комплексом присадок (природной серой, хлорпарафином, фосфорной присадкой) и загущенное полиизобутиленом.

*МР-2* (ТУ 38 УССР-201187–80)–химически активное масло, содержащее комплекс высокоактивных серных (4–6%) и хлорных (1,5–2%) присадок.

*МР-2у* (ТУ 38 УССР-201205–75) – средневязкое минеральное масло, легированное химически активными, в основном хлорными присадками.

*МР-3* (ТУ 38 УССР-201254–76) – маловязкое минеральное масло, легированное небольшим количеством растительных масел и высокоактивными противозадирными присадками, содержащими серу.

*МР-4* (ТУ 38-101481–76) – маловязкое индустриальное масло, содержащее значительное количество хлорорганических присадок (35% хлорпарафина) и различные добавки.

*МР-5у* (ТУ 38-101780–79) – концентрат для приготовления масляных СОЖ путем разбавления в индустриальных маслах общего назначения (И-5А, И-12А, И-20А, И-25А, веретенное АУ). Может применяться в неразбавленном состоянии. Представляет собой композицию высокоактивных противозадирных присадок (хлорсульфидированного жира, молотой серы) в индустриальном масле. Используется при обработке легированных сталей.

*МР-6* (ТУ 38 УССР-201290–79) – минеральное высокоактивное масло, используемое при обработке резанием высокопрочных и высоковязких материалов. Легировано хлорными и серными присадками.

*МР-7* (ТУ 38 УССР-20143–80) – осерненное минеральное масло средней вязкости. Обладает пониженной склонностью к образованию маслянного тумана и дыма.

*МР-8* – концентрат присадок неактивного типа, позволяющий приготовлять масляные СОЖ, применяемые на операциях обработки черных и цветных металлов при скорости резания 70–80 м/мин.

*МР-9* – многоцелевая масляная СОЖ неактивного типа; пригодна как рабочая среда гидросистем станка и как технологическая среда при лезвийной обработке легированных сталей со скоростью 75–80 м/мин. При малой скорости резания по эффективности соответствует сульфофрезолу и СОЖ МР-2у.

*МР-10* – активированное масло, используемое при абразивной обработке инструментальных сталей при тяжелых режимах работы. Содержит сложный конгломерат противоизносных и противозадирных присадок.

*МР-99* (ТУ 38-40178–79) – концентрат для приготовления СОЖ разбавлением в индустриальных маслах общего назначения (И-12А, И-20А, И-30А). Аналогичен концентрату МР-5у. Может использоваться в качестве СОЖ в неразбавленном виде. Содержит активные жировые и полимерные продукты. Применяется на многих операциях по обработке легированных, высокопрочных, жаростойких сталей.

*ОСМ-3* (ТУ 38 УССР-201152–75) – хлорированное трансформаторное масло, содержащее антиокислительные и противопенные присадки. Эффективно на многих операциях по обработке материалов.

*ОСМ-5* (ТУ 38 УССР-201249–76) – средневязкое минеральное масло, содержащее 10% хлорпарафина и небольшое количество полимерных загустителей. Применяется на различных операциях механической обработки.

*ЛЗ-СОЖ 1Т* (ТУ 38-10185–79) – СОЖ, состоящая из смеси растительного рапсового масла (78,5%), минеральных индустриальных масел типа И-12А и веретенного АУ, а также химически активных присадок, содержащих серу. Применяется при наружном резьбонарезании.

*ЛЗ-СОЖ 1СП* (ТУ 38-101126–79) – сложный продукт, состоящий из смеси сульфофрезола (35%), индустриального масла И-12А (10,5%), жирного растительного масла (10%), хлорпарафина ХП-470 (34%) и других активных присадок. Предназначена для применения при ответственных операциях, например при протягивании стали.

*ЛЗ-СОЖ 2СИО* (ТУ 38-101115–75) – масляная СОЖ, используемая при работе на токарных автоматах и на отдельных операциях резьбоиарезания. Представляет собой смесь минеральных масел, активированных серо- и хлорсодержащими присадками с добавками жиров ЛЗ-26СО (8%).

*Л3-СОЖ1ПО* – маловязкая смесь масел И-5А и И8-А, активированная серо- и хлорсодержащими присадками. Рекомендована для применения на операциях глубокого сверления конструкционных сталей и развертывания серых чугунов.

**Газообразные СОТС.** *Воздух* – самое доступное и распространенное средство. Может применяться под давлением до 0,5 МПа и в охлажденном состоянии.

*Жидкий воздух* – голубоватая легкоподвижная жидкость с температурой кипения –192 °С. Содержание кислорода не более 40%.Перевозят и хранят в сосудах Дьюара. Чаще используют не сам жидкий воздух, а его пары, образующиеся при вскипании.

*Жидкий азот* – жидкость без запаха, цвета, вкуса. Содержание кислорода до 4%. Поставляется в сосудах Дьюара; 1 кг жидкого азота соответствует 0,86 м$^3$ газообразного азота. Используется в жидком виде и в виде паров.

*Жидкая углекислота* (ГОСТ 8050–76*) (сжиженный углекислый газ) –бесцветная жидкость с температурой кипения –78,5 °С. Техническая жидкая углекислота содержит до 2% примесей. Перевозят и хранят в стальных баллонах, соблюдая меры предосторожности. При обработке металлов чаще используют пары жидкой углекислоты.

*Кислород* – бесцветный газ без запаха. Технический газообразный кислород поставляют по ГОСТ 5583–78* трех сортов с содержанием чистого кислорода соответственно не менее 99,7; 99,5; 99,2%. Содержание влаги в кислороде всех трех сортов не должно превышать 0,07 г/м$^3$. Хранят кислород в стальных баллонах с надписью «Кислород» под давлением 15 и 20 МПа при 20 °С.

*Кислород жидкий* – светло-синяя жидкость; выпускают в соответствии с ГОСТ 6331–78* трех сортов. Транспортируют в специальных емкостях и сосудах Дьюара. Перерасчет жидкого кислорода в газообразный осуществляется из соотношения: 1 кг жидкого кислорода равен 0,75 м$^3$ газообразного, а 1 л жидкого кислорода – 0,86 м$^3$ газообразного.

*Воздушно-жидкостные туманы* образуются в результате диспергирования в сжатом воздухе обычных водных СОЖ, чаще всего водомасляных эмульсий. Давление сжатого воздуха обычно не превышает 0,2 МПа. Допускается диспергирование в воздухе любых централизованно изготовляемых водных СОЖ. Особые меры предосторожности должны быть приняты при распыливании эмульсий, содержащих химически активные

продукты (эмульсии из эмульсолов Аквол-2, Аквол-6, РЗ-СОЖ 8). Приготовление туманов осуществляется непрерывно в процессе обработки на станке вблизи зоны резания. Характеристики туманов зависят от конструкции распыливающих устройств и режимов процесса диспергирования жидкостей.

*Воздушно-масляные туманы* образуются в результате диспергирования в сжатом воздухе масляных СОЖ. Чаще всего диспергируют средневязкие индустриальные масла общего назначения. Давление сжатого воздуха при этом не превышает 0,2 МПа. Приготовление туманов, как и в предыдущем случае, осуществляется непосредственно на станке.

*Сложные туманы* образуются при диспергировании в воздухе одновременно водосмешиваемых и масляных СОЖ с помощью специальных распыливающих устройств. Туманы, содержащие как капли масел, так и капли водных растворов, обладают ценными технологическими свойствами.

*Фреоновые аэрозольные средства* в баллонной упаковке – перспективные продукты, используемые при ремонтных и слесарных работах, проводимых на малогабаритном и прецизионном оборудовании в специальных производствах. Отечественные баллоны «Аэрографит» содержат высокодисперсный графит в смеси с цилиндровым маслом и с фреоновой композицией.

СОТС, подлежащие замене, и марки рекомендуемых СОТС представлены в табл. 1.

**1. СОТС для лезвийной обработки, подлежащие замене, и марки рекомендуемых СОТС**

| Заменяемая СОТС | Вид операции | Марки рекомендуемых СОТС |
|---|---|---|
| Сульфофрезол | Обработка на токарных станках | МР-5у; растворы МР-5у в индустриальных маслах (5–10%-ные; 10–20%-ные; 20–50%-ные); МР-7; МР-8 (концентрат и растворы в индустриальных маслах); МР-9; МР-99; растворы МР-99 в индустриальных маслах (5–10%-ные; 10–20%-ные; 20–50%-ные); ОСН-5; ЛЗ-СОЖ 2СИО |

*Продолжение табл. 1*

| Заменяемая СОТС | Вид операции | Марки рекомендуемых СОТС |
|---|---|---|
| Керосин | Обработка алюминиевых сплавов | Аквол-11 (3–5 %-ный или 5–10 %-ный); 3–10 %-ная эмульсия Карбамол Э-1 |
| Олифа, растительное масло | Нарезание наружной резьбы в заготовках из высокопрочных сталей | ЛЗ-СОЖ 1Т |
| Олеиновая кислота | Сверление и нарезание резьб малого диаметра в заготовках из коррозионностойких сталей | Карбонал; Натронал-1М; МР-4; МР-6; МР-99; фреоновое аэрозольное средство «Аэрографит» (в аэрозольном баллоне) |
| Сало техническое | Сверление отверстий малого диаметра в заготовках из конструкционных сталей, цветных сплавов | – |
| Подсолнечное масло | Развертывание отверстий малого диаметра в различных сталях | Карбонал; Натроиал-1М |
| Пчелиный воск | Сверление отверстий малого диаметра в алюминиевых сплавах | – |
| Минеральные и растительные масла | Резание высокопрочных материалов при тяжелых режимах | Эмульсия Аквол-2 (1,5–3 %-ная; 3–10 %-ная; 10–20 %-ная); эмульсия Аквол-6 (3–10 %-ная; 10–20 %-ная) |
| Касторовое масло | Нарезание резьб в глухих отверстиях | Карбонал; Натронал-1М; МР-6, ЛЗ-СОЖ 1Т; фреоновое аэрозольное средство «Аэрографит» (в аэрозольном баллоне) |

*Продолжение табл. 1*

| Заменяемая СОТС | Вид операции | Марки рекомендуемых СОТС |
|---|---|---|
| Дизельное топливо, смеси керосина с олеиновой кислотой | Резание деформируемых алюминиевых сплавов | МР-3; МР-4; ОСМ-1; ЛЗ-СОЖ 1ПО |

*Глава 5*

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОКАРНЫХ РАБОТ

**Классификация станков.** Все металлорежущие станки делятся по видам обработки на десять групп: 1) токарные; 2) сверлильные и расточные; 3) шлифовальные, полировальные и доводочные; 5) зубо- и резьбообрабатывающие; 6) фрезерные; 7) строгальные, долбежные и протяжные; 8) разрезные; 9) разные. Четвертая и нулевая группы оставлены для станков, предназначенных для новых методов обработки (ультразвуковые, электроэрозионные, лазерные).

Станки каждой группы разбиваются на типы. Типы станков токарной группы и их назначение указаны в табл. 1.

В зависимости от своей массы станки делятся на легкие (до 1 т), средние (до 10 т) и тяжелые (более 10 т). В последней группе различают крупные (до 30 т), тяжелые (до 100 т) и особо тяжелые – уникальные (более 100 т).

Металлорежущие станки подразделяются также по степени специализации на универсальные – общего назначения, в том числе широкоуниверсальные, специализированные и специальные, предназначенные для выполнения определенных операций или обработки конкретных деталей.

Технические характеристики и марки станков приведены в типажах металлорежущих станков, а также в каталогах и паспортах станков.

В зависимости от точности, обеспечиваемой при обработке, станки делятся на пять классов: Н – нормальной точности, П – повышенной, В – высокой, А – особо высокой и С – особо точные (мастер-станки). Коэффициент повышения точности, т.е. уменьшение поля допуска, от класса к классу составляет 1,6.

Станки классов точности В, А, С предназначены для работы в термоконстантных цехах с автоматически регулируемой влажностью и температурой в пределах 20–22 °С. В обычных производственных условиях используются станки нормальной Н и повышенной П точности.

Маркировка токарных станков – обозначение модели – состоит из трех или четырех цифр и букв. Например, 1К62К.

**1. Классификация станков токарной группы**

| № группы | Тип станков | Основа шифра | Назначение |
|---|---|---|---|
| | Автоматы и полуавтоматы: | | |
| 0 | специализированные | 10 | Все виды токарной обработки заготовок ограниченной длины (до 300 мм) и диаметром до 150 мм, без нарезания резьбы резцами для массового и крупносерийного производства |
| 1 | одношпиндельные | 11 | |
| 2 | многошпиндельные | 12 | |
| 3 | Токарно-револьверные | 13 | То же, для серийного производства |
| 4 | Сверлильно-отрезные | 14 | |
| 5 | Карусельные | 15 | Токарная обработка крупных деталей типа дисков и барабанов |
| 6 | Токарные и лобовые | 16 | |
| 7 | Многорезцовые | 17 | Наружная токарная обработка кроме нарезания резьбы в серийном производстве |
| 8 | Специализированные для фасованных изделий | 18 | Настроенная обработка специальных деталей |
| 9 | Разные токарного типа | 19 | Разные виды токарной обработки |

Первая цифра обозначает номер группы (токарные), вторая (6) – номер типа (универсальные токарные и лобовые), третья (2) – типоразмер – высоту центров над станиной (200 мм). Буква, стоящая после первой цифры, указывает на модернизацию или различные исполнения базовой модели. Буквы, стоящие после цифровой части, обозначают модификацию базовой модели станка; например, 1К62К – с гидросуппортом, 16К20П – токарный станок, модернизированный, с высотой центров 200 мм, повышенной точности. Марка 16К20Ф3 – обозначает ту же базовую модель, но с устройством числового программного управления – ЧПУ (буква Ф) третьего типа.

Специальные станки обозначаются одной или двумя буквами, присвоенными данному заводу, и порядковым номером модели.

## УНИВЕРСАЛЬНО-ТОКАРНЫЕ ЦЕНТРОВЫЕ СТАНКИ

Технические характеристики основных типов современных универсально-токарных станков приведены в табл. 2.

Наиболее распространенными в механических цехах серийного производства и инструментальных цехах являются широко универсальные токарные станки 16К20 и 16К30. Они снабжаются копировальными линейками для точения конусов и обеспечивают нарезание метрических, дюймовых, питчевых и модульных резьб.

Кинематическая схема станка 16К20 приведена на рис. 1.

От электродвигателя $Д_1$ движение передается клиноременной передачей на приемный вал *II* коробки скоростей и передней бабке станка.

Главное движение осуществляется через фрикционную муфту *6*, которая включает прямое и обратное вращение. За счет перемещения блоков зубчатых колес *8/9* и *13/14/15* вал *IV* получает шесть частот вращения. Через передвижной блок зубчатых колес *21/22* на шпинделе вал получает от зубчатых колес *18* и *19* вала *IV* двенадцать скоростей вращения. Еще двенадцать скоростей шпиндель получает через перебор с подвижным блоком колес (*23/24*) на валу *VI*.

Частота вращения шпинделя определяется из уравнения кинематической цепи. Подставляя в уравнение диаметры шкивов и число зубьев колес, передающих вращение, получим

$$n_{шп} = n_{эд} \cdot \frac{140}{268} \cdot \frac{51}{39} \cdot \frac{21}{55} \cdot \frac{15}{60} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} = 12{,}5 \text{ об/мин.}$$

Подача осуществляется по четырем кинематическим цепям; винторезной – по ходовому винту *61*; продольная и поперечная подачи и быстрое перемещение каретки от электродвигателя $Д_2$ – по ходовому валику *XVI*.

От шпинделя *V* вращение передается валу *VIII* через зубчатые колеса 20/32, реверсивный механиизм (колеса 30/35 или 31/34/35) и гитару со сменными колесами *a*, *b*, *c*, *d* на приемный вал *X* коробки подач. Путем переключения муфт *116*, *60*, *43* и *50* и перестановки блоков зубчатых колес осуществляются различные комбинации соединения колес *36–64*, передающих вращение выходному валу *XV* и через муфту *60* – ходовому винту *61*.

При продольном и поперечном точении вращение передает-

ся с вала *XV* на ходовой вал *XVI* через колеса *59/62*, *63/66*, муфту *67* и пару *68/64*.

Продольная подача осуществляется по рейке *95* от ходового вала *XVI*. По цепи *65/69/70/71*, через муфту *72* и червячную пару *74/73* вращение передается на вал *XVII* и на цепи *75/83/76*, на муфту *77*, зубчатые колеса *78/92*, валу *XVIII* с реечным зубчатым колесом *94*.

Подача поперечного суппорта и ее реверсирование осуществляются включением муфт *87* или *90*. В этом случае от вала *XVII* через передачи *75—86* и *88—93—98—96* или *75—86—89* и *91—93—96* вращение передается винту *97*, который и перемещает салазки этого суппорта.

Станок может быть оснащен автоматической подачей верхнего суппорта. Она осуществляется по кинематической цепи *99—108* и включается перемещением зубчатого колеса *98* до сцепления с колесом *93*, получающим вращение от ходового вала через механизм фартука.

Технические характеристики основных моделей группы тяжелых токарных станков приведены в табл. 3. Обслуживание и наладка этих станков определяются особенностями их конструкции и размерами.

Станины тяжелых станков выполняются с двумя или четырьмя плоскими направляющими. Суппорты снабжаются самостоятельными приводами и имеют возможность проходить мимо люнетов и задней бабки. Механизм подачи размещается в фартуках суппортов. Суппорты снабжаются также электрокопировальными устройствами. На передней бабке и у каждого суппорта имеются стационарный пульт управления и два переносных.

Привод главного движения осуществляется электродвигателем постоянного тока с бесступенчатым регулированием частот вращения шпинделя. Суппорты и задняя бабка также имеют привод от электродвигателей постоянного тока. Они осуществляют ускоренные перемещения пиноли и самой задней бабки по станине. Задняя бабка оборудована датчиком, контролирующим силу зажима заготовки, который включает световой сигнал и сирену в случае избыточной силы зажима.

Установка заготовок на станках производится в центрах или в кулачках передней и задней планшайбы. На станках осуществляется черновая (при сечении стружки до 120 мм$^2$) и чистовая обработка с точностью 0,02—0,03 мм, нарезание резьб и обтачивание конусов. Последняя операция выполняется с по-

**2. Технические характеристики универсально-токарных станков для мелкосерийного и единичного производства**

| Марка станка и класс точности | Размеры обрабатываемой заготовки ($D \times L$), мм | Частота вращения шпинделя, об/мин | Габаритные размеры станков*1 ($L \times B \times H$), м | $N$, кВт | Масса, т | Назначение |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16Т02П, 16Т02А | 125 × 250 | 400 – 4000; 320 – 3200 | 0,76 × 0,5 × 0,3 | 0,25 | 0,35 | Для инструментальных работ в центрах, цанге, патроне и на планшайбе |
| 16Т04А, 16Т04В | 200 × 350 (500) | 92 – 3200 | 1,4 × 0,8 × 1,3 | 0,75; 1,3 | 1,0 | |
| 16Б05П*2 | 250 × 500 | 30 – 3000 | 1,5 × 0,8 × 1,4 | 1,5 | 1,0 | То же, с нарезанием всех видов резьб |
| 16Б16А*2 | 320 × 710 | 25 – 2500 | 1 × 6 × 0,9 × 1,4 | 1,0; 1,3 | – | Все виды токарных работ с нарезанием метрических дюймовых, модульных и питчевых резьб |
| 16Б16А*3 | 320 × 1000 (1400) | 20 – 2000 | 2,2 × 1,1 × 1,5 | 3,0; 6,3 | 2,1 | |
| 16К20К*4, 16К20МГ*5 | 400 × 710 (1000; 1400; 2000) | 12,5 – 600 | 2,5 × 2,8 × 3,2; 4,2 × 1,2 × 1,5 | 10,0 | 2,9; 3,4; 4,1 | |
| 16Д20П*2 | 400 × 700 (1000; 1400; 2000) | 20 – 2500 | 2,5 × 2,8 × 1,2 | 9; 13 | 2,8; 3,0 | Для точных работ и нарезания всех видов резьб |
| Е95 | 400 × 1000 (1400) | 20 – 1600 | 3,0 × 1,2 × 1,7 | 5,9 | 2,2 | Для токарных, сверлильных и шлифовальных работ с нарезанием всех видов резьб |
| 16К25, 16К25Г*6 | 500 × 710 × 1000 (1400; 2000) | 20 – 2500 | 2,5 × 2,8 × 3,2 3,8 × 1,3 × 1,5 | 11 | 2,9 – 3,8 | Для всех видов токарных работ и нарезания всех видов резьб |
| 1М63Б*2 | | 10 – 1250 | 4,9 × 1,8 × 1,5 | 15 | 3,8; 4,7 | |
| 16К30П*2 | 630 × 1400 (2000; 2800; 4000) | 8 – 1600 | | 15; 22; | 4,5; 6,3 | Для точных работ всех видов; оборудована САУ |
| 16К40П*6 | 800 × 2000 (2800; 4000; 5000) | 6,3 – 1250 | 5,5 × 1,9 × 1,6 | 22,4 | 7,5 | Для точных токарных работ с точением конусов и нарезанием резьб |
| 16К50П | 1000 × 2800 (4000; 5000; 6000; 8000) | 2,5 – 500 | 5,8 × 2,2 × 1,9 | 22; 30 | 12,0 | |
| 1658 | 1000 × 8000 | 1,6 – 200 | 11,4 × 2,1 × 1,8 | 22 | 17,8 | Для чернового и чистового точения и нарезания всех видов резьб. С бесступенчатым регулированием скоростей шпинделя и подач |
| 1660П*2 | 1250 × 5000 (6300; 8000) | 1,4 – 315 | 12,8 × 2,3 × 2,1 | 30 | 20,3 | |
| 1А665*2, *5 1А665 01 | 1600 × 8300 (10000, 12500, 16000) | 1,28 – 160 | 14,0 × 2,8 × 2,4 | 75 | 60 | |

*1 Округлены в большую сторону.
*2 Выпускается модель с цифровой индексацией типа Ф1, Ф101, Ф102.
*3 С бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя.
*4 С гидросуппортом.
*5 С программным управлением типа Ф3-6.
*6 С выемкой в станине для обтачивания заготовки увеличенного диаметра.

Примечание. В скобках даны размеры длин для станков с удлиненной станиной.

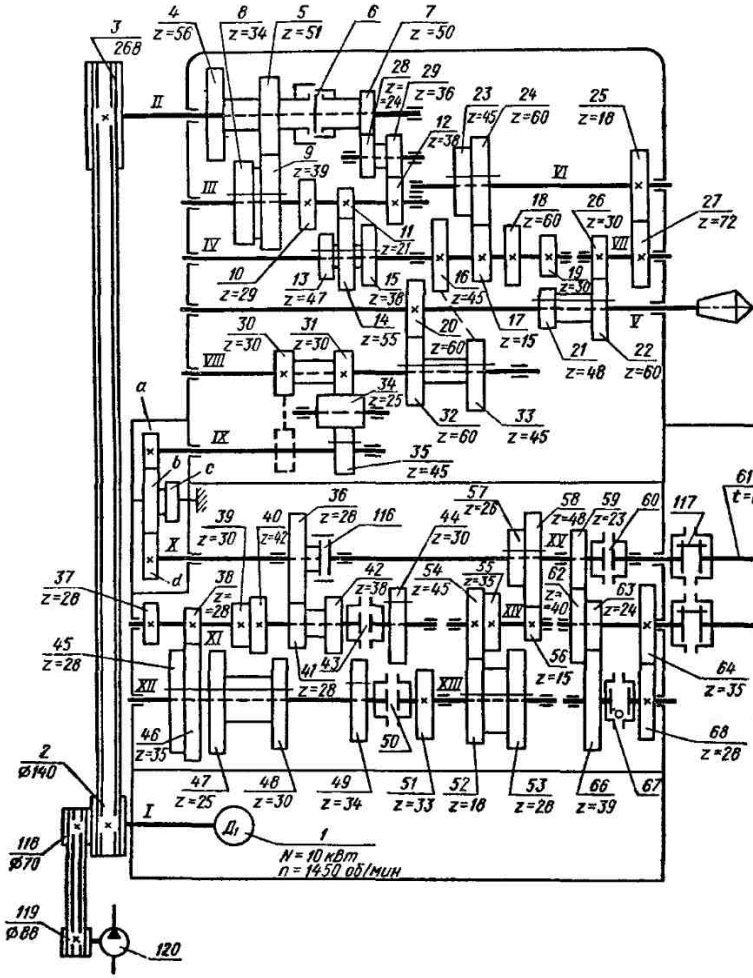
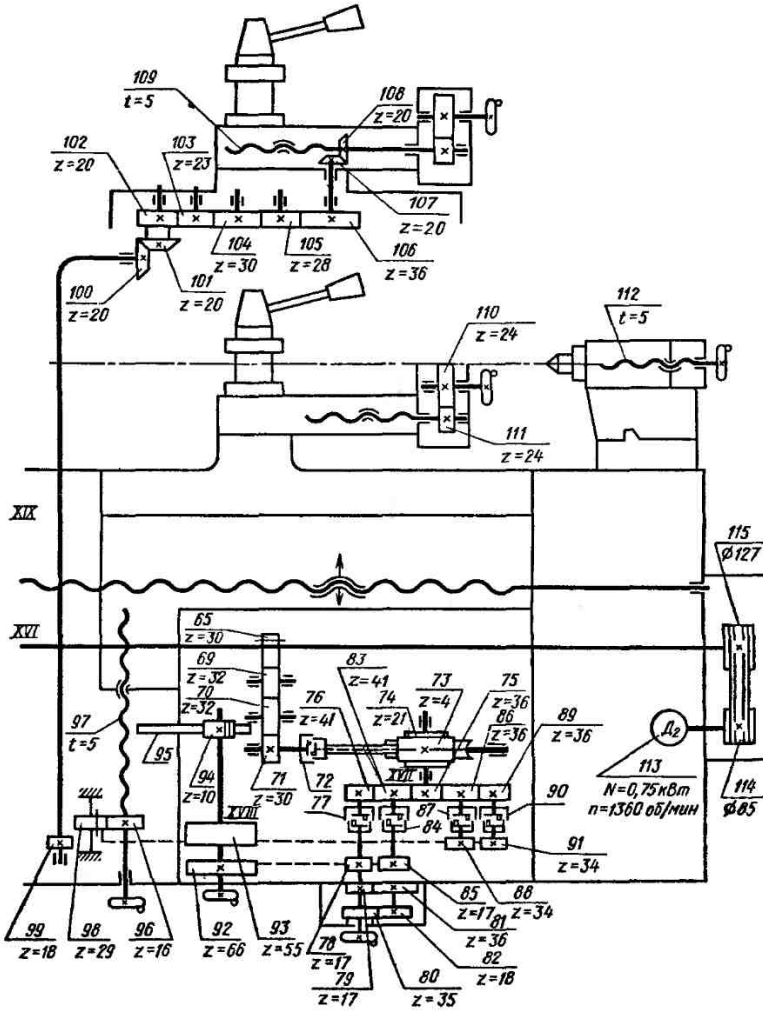



**Рис. 1. Кинематическая схема станка 16К20**


109
t=5
108
z=20
102
z=20
103
z=23
107
z=20
104
z=30
105
z=28
106
z=36
100
z=20
101
z=20
110
z=24
112
t=5
111
z=24
XIX
115
Ø127
XVI
65
z=30
69
z=32
70
z=32
83
z=41
73
z=4
75
z=36
76
z=41
74
z=21
86
z=36
89
z=36
97
t=5
95
94
z=10
71
z=30
72
77
XVII
XVIII
87
84
90
91
z=34
Д2
113
N=0,75кВт
n=1360 об/мин
114
Ø85
85
z=17
88
z=34
81
z=36
82
z=18
99
z=18
98
z=29
96
z=16
92
z=66
93
z=55
78
z=17
79
z=17
80
z=35

### 3. Технические характеристики тяжелых токарных станков

| Параметры | Модели станков | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Т | 1А670 | 1А675 | 1А680 | 1А685 | |
| | С | 1А666 | 1А671 | 1А676 | 1А681 | 1А686 |
| | Л | | 1А667 | 1А672 | 1А677 | 1А682 |
| Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной | | 2000 | 2500 | 3200 | 4000 | 5000 |
| над суппортом | | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | 4000 |
| Наибольшая масса заготовок, устанавливаемых в центрах, т | | 63 | 100 | 160 | 250 | — |
| | | 40 | 63 | 100 | 160 | 160 – 250 |
| | | — | 40 | 63 | 100 | 160 |
| Расстояние между центрами, м | | 10 | 12,5 | 16 | 20 | По согласованию с заказчиком |
| Пределы частот вращения шпинделя (регулирование бесступенчатое), об/мин | | 0,96 – 120 | 0,8 – 100 | 0,63 – 80 | 0,5 – 62 | 0,5 – 50 |
| Наибольший крутящий момент на шпинделе, кН·м | | 15 | 19 | 28 | 35 | 24 – 30 |
| Число подач суппорта | | 12 | Бесступенчатое | | | |
| Пределы продольных подач суппорта на всех ступенях, мм/об | | 0,06 – 84,7 | 0,06 – 20 | — | — | |
| | | 0,064 – 3,26 | 0,06 – 84,7 | 0,06 – 20,0 | — | |
| | | — | 0,064 – 3,26 | 0,06 – 84,7 | 0,06 – 20 | |
| Пределы продольных подач суппорта на всех ступенях, мм/мин | | | | 0,53 – 390 | 0,53 – 390 | — |
| | | | | — | 0,53 – 390 | 0,53 – 390 |
| | | | | — | — | 0,53 – 390 |
| Допускаемая нагрузка на суппорт, кН | | 125 | 125 | 125 | 125 | — |
| | | 100 | 125 | 125 | 125 | 125 |
| | | — | 100 | 125 | 125 | 125 |

*Продолжение табл. 3*

| Параметры | Модели станков | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Т | 1А670 | 1А675 | 1А680 | 1А685 | |
| | С | 1А666 | 1А671 | 1А676 | 1А681 | 1А686 |
| | Л | | 1А667 | 1А672 | 1А677 | 1А682 |
| Нарезание резьбы на длине, мм | На всей длине хода суппорта | | 1000 | 1000 | 1000 | — |
| | | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Мощность электродвигателя главного привода, кВт | 100 | | 125 | 160 | 160 | — |
| | 75 | | 100 | 125 | 160 | 160 |
| | — | | 75 | 100 | 125 | 125 |
| Габаритные размеры станков, м: длина | 18,30 | | 20,62 | 26,03 | — | — |
| | 16,80 | | 20,80 | 24,24 | 30,03 | — |
| | — | | 19,64 | 23,60 | 29,14 | 26,0 |
| ширина | 4,30 | | 4,35 | 7,75 | — | — |
| | 3,77 | | 4,30 | 5,12 | 7,24 | — |
| | — | | 4,64 | 5,06 | 7,05 | 5,96 |
| высота | 2,85 | | 3,28 | 4,10 | — | — |
| | 3,08 | | 3,15 | 4,50 | — | — |
| | — | | 3,28 | 3,66 | 5,01 | 4,54 |
| Масса станка, т | 108 | | 147 | 317 | — | — |
| | 74 | | 130 | 185 | 330 | — |
| | — | | 110 | 150 | 270 | 242 |

Примечания: 1. Обозначения стаиков: Т — тяжелые, С — средние, Л — легкие.

2. В тех случаях, когда даны три значения одного параметра, первое значение относится к тяжелым станкам, второе — к средним, третье — к легким.

воротом верхних салазок суппорта или с совмещенной продольной и поперечной подачей, а также посредством электрокопировального устройства.

По особому заказу эти станки оснащаются приспособлениями для шлифования, фрезерования, суперфиниша и полирования, а также копирования и глубокого растачивания.

## ЛОБОТОКАРНЫЕ СТАНКИ

Особенностью конструкций лоботокарных станков является наличие общей фундаментальной плиты с Т-образными пазами. На ней устанавливается шпиндельная бабка, продольная или поперечная переставные станины с суппортами, а иногда и задняя бабка. Перестановка продольной станины перпендикулярно оси шпинделя позволяет увеличивать диаметр обрабатываемой заготовки. Перемещение поперечной станины в направлении оси шпинделя позволяет увеличивать ширину (длину) обрабатываемых заготовок. Главный привод лоботокарных станков в большинстве случаев имеет бесступенчатое регулирование. Это позволяет выполнять торцовое обтачивание с постоянной скоростью резания.

Привод подачи суппортов вдоль станины и по салазкам осуществляется с помощью отдельного электродвигателя и ходового вала или через гидравлическую систему. Технические данные лоботокарных станков приведены в табл. 4.

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ТОКАРНЫЕ СТАНКИ

К таким станкам относятся: 1) вальцетокарные (19 моделей); 2) станки для обработки слитков (одиннадцать моделей); 3) для обработки железнодорожных осей и колесных пар (девять моделей); 4, 5) токарные многорезцовые полуавтоматы для обработки коленчатых валов (23 модели) и распределительных валов двигателей внутреннего сгорания (семь моделей); 6) токарно-отрезные прутковые автоматы (три модели); 7) токарно-бесцентровые станки для обтачивания гладких валов и труб вращающимися резцовыми головками (семь моделей); 8) трубо- и муфтообрабатывающие автоматы (60 моделей). К специализированным токарным станкам относятся также резьботокарные и патронно-центровые сферотокарные станки.

Многие из этих станков маркируются как специальные — буквенным индексом завода-изготовителя и номером модели.

Наиболее высокой квалификации токарей-универсалов требует работа на вальцетокарных станках. Эти станки выпускаются двух разновидностей: для чернового и чистового точения валков прокатных станов и для их калибровки, т. е. вытачивания фасонных «ручьев», формирующих профиль прокатываемого металла.

Станки второй разновидности снабжаются менее мощными электродвигателями и устройствами, обеспечивающими необ-

**4. Технические характеристики лоботокарных станков**

| Марка (модель) станка | Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Частота вращения шпинделя, об/мин | Габаритные размеры ($L \times B \times H$), м | $N$, кВт | Масса, т | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1М691*1 | 1250 при длине 320 мм | 1,6–315 | 4,2×3,7×1,8 | 22 | 15 | С поперечной станиной; для обработки торцовых поверхностей |
| 1М692 | 2000 (2300)*2 | 5–200*3 | 5,2×5,7×2,6 | 37 | 29 | Для обработки торцовых и цилиндрических поверхностей |
| 1М692Б | 2000 (2300)*2 | 1–100*4 | 5,2×5,7×2,6 | 37 | 29 | С переставной станиной и двумя суппортами |
| 1А693 | 2300 (3200)*2 | 0,8–63 | 2,2×5,7×2,9 | 30; 37 | 55 | С задней бабкой с РМЦ-3,2 м. Масса заготовки в центрах ⩽ 16 т |
| 1А695 | 5000 | 0,6–50 | – | 40 | – | |
| 1А698 | 8000 | 0,4–40 | – | 50 | | |

*1 Выпускается модель 1М691 МФ3 – с числовым программным управлением.
*2 Максимальный диаметр устанавливаемой заготовки перед продольной станиной и поперечным суппортом.
*3 Три градации частот вращения шпинделя (об/мин): $n_1 = 1{,}0 \div 2{,}5$; $n_2 = 2{,}0 \div 50$; $n_3 = 4 \div 100$.
*4 Возможна обработка торцовых, цилиндрических, конических и фасонных поверхностей. Второй суппорт с гидравлическим приводом.

Примечание. РМЦ – расстояние между центрами; $N$ – мощность.

**5. Технические характеристики вальцетокарных и калибровочных станков**

| Марка (модель)*1 станка | Размеры обрабатываемой заготовки ($D \times L$), м | Частота вращения шпинделя, об/мин | Максимальные габаритные размеры станка ($L \times B \times H$), м | $N$, кВт | Масса, т |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Вальцетокарные*2 | | | |
| 1А824 | $0{,}8 \times 2$ (4; 5) | 1,1—60 | $10{,}3 \times 2{,}6 \times 1{,}6$ | 70 | 41 |
| 1А825 | $1{,}0 \times 2$ (4; 5) | 0,4—20 | $9{,}4 \times 2{,}6 \times 1{,}8$ | 90 | 57 |
| 1А826 | $1{,}25 \times 4$ (5; 7) | 0,63—40 | — | 100 | 89 |
| 1А827 | $1{,}6 \times 4$ (5; 7) | 0,56—32 | — | 100 | 113 |
| | | Калибровочные*3 | | | |
| 1К824 | $0{,}8 \times 4{,}0$ | 0,4—20 | $9{,}4 \times 2{,}6 \times 1{,}9$ | 55 | 40 |
| 1К825 | $1{,}0 \times 2$ (4,5) | 0,46—25 | $10{,}7 \times 2{,}9 \times 2{,}0$ | 70 | 55,5 |
| 1Д825 | $1{,}0 \times 2{,}4$ | 0,46—25 | — | 55 | 40 |
| 1К826 | $1{,}25 \times 2{,}8$ (5; 6,3) | 0,27—20 | $13 \times 3{,}4 \times 2{,}5$ | 90 | 84 |
| 1Д826 | $1{,}25 \times 2{,}8$ (5; 7,1) | 0,32—20 | — | 125 | 80 |
| 1К828 | $1{,}7 \times 8$ | 0,2—40 | $16{,}7 \times 5{,}7 \times 4{,}3$ | 125 | 215 |

*1 На базе приводимых ниже моделей выпускаются модификации с ЧПУ: РТ501Ф3, 1А824Ф3, 1А825Ф3.

*2 Вальцетокарные станки для черновой и чистовой обработки чугунных и стальных валков прокатных станов в люнетах или центрах, с электрокопировальным устройством по шаблону, с двумя суппортами и бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя.

*3 Калибровочные станки анологичной конструкции для прорезки и калибровки фасонных ручьев валков, с устройством для установки контрольного валка на вертикально перемещающихся кронштейнах обоих суппортов, для совмещения с обрабатываемым валком.

Примечание. В скобках указаны возможные значения длин заготовок.

ходимую точность обработки. Как модернизированные варианты станков первой разновидности, они в своей марке содержат отличную от модели букву.

Три модели станков оснащаются системами ЧПУ.

Технические характеристики вальцетокарных станков приведены в табл. 5.

Конструктивными особенностями вальцетокарных станков являются: широкая станина и наличие двух и большего числа суппортов, которые перемещаются по направляющим вынесенной вперед постели. Сама постель может переставляться в поперечном направлении. Станки для особо тяжелых валков строят без переставной постели. Заднюю бабку и два люнета устанавливают на основной части станины.

**6. Технические характеристики патронно-центровых сферотокарных станков**

| Марка (модель) станка | Размеры обрабатываемой заготовки ($D \times L$), мм | Частота вращения шпинделя, об/мин | Габаритные размеры ($L \times B \times H$), м | $N$, кВт | Масса, т | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|
| МК-2А62 | 300 × 1200 | 12,5–1600 | 3,2 × 1,1 × × 1,5 | 7,5 | 2,8 | Радиус обрабатываемой сферы до 150 мм |
| МК-261 | 500 × 1000 | 16,5–675 | 4,5 × 2,3 × × 1,5 | 14 | 13 | Радиус обрабатываемой сферы по заказу |
| МК-199 | 750 × 1500 | 3–117 | 5,0 × 2,5 × × 1,9 | 20 | 13,7 | |

Остальные виды станков восьмого типа являются специализированными, например, колесно-токарные станки для обтачивания поверхности качения колесных пар, обтачивания и накатывания шеек осей. Некоторые станки являются специальными, например, полуавтомат для одновременной обработки всех шеек коленчатых валов.

К универсальным относятся центровые сферотокарные станки (табл. 6).

Патронно-центровой станок МК-2А62 является модификацией станка 1К62 с увеличенной высотой центров и усиленной передней бабкой. На станке выполняются все токарные операции в центрах и патроне.

Расположенный на каретке поворотный стол позволяет обрабатывать сферические поверхности с ручной и механической подачей. Два других станка специального исполнения кроме обработки чаше- и грибообразных сферических поверхностей позволяют выполнять все другие токарные операции, включая нарезание резьб.

В станках имеется механизм быстрого перемещения каретки, суппорта и поворотного стола.

## ТОКАРНО-ЗАТЫЛОВОЧНЫЕ СТАНКИ

Процесс затылования заключается в снятии «затылка», т.е. в обработке задней грани зубьев дисковых, цилиндрических и червячных одно- и многозаходных фрез, метчиков и некоторых других деталей типа кулачков. Затылование осущест-

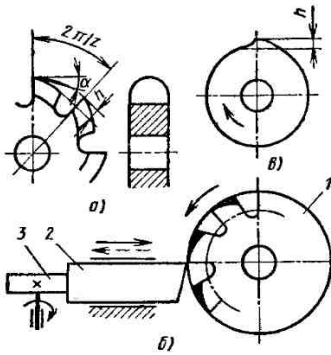



**Рис. 2. Схема затылования фрез:**
*а* – форма зуба; *б* – схема движения резца и фрезы; *в* – кулачек для перемещения салазок с резцом

вляется резцами, гребенками и шлифовальными кругами. На универсально - затыловочных станках возможно также нарезание всех видов резьб.

Схема затылования фрез показана на рис. 2. Фреза *1* закрепляется на оправке в центрах станка. Резец *2* совершает движение подачи на величину $h$ к оси центров посредством кулачка *3*, который вращается с частотой, равной числу зубьев фрезы. Достигнув высшей точки кулачка, салазки поперечного суппорта под действием пружины быстро отводятся (отскакивают) в исходное положение.

Приближенно $h = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha$, где $D$ – диаметр фрезы; $z$ – число зубьев; $\alpha$ – задний угол зуба.

Не меняя кулачка, величину перемещения резца можно регулировать при помощи специального механизма.

**Рабочие движения затыловочных станков.** На рис. 3 и 4 показаны типичные виды фрез, необходимые движения резца и кинематика станков для затылования.

*При обработке дисковых фрез* (рис. 4, *а*) настраиваются: цепь главного движения

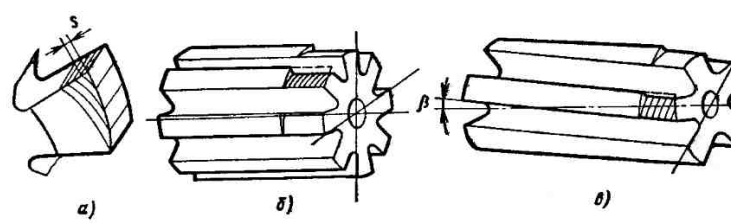



**Рис. 3. Затылование фрез:**
*а* – дисковых; *б* – цилиндрических; *в* – со спиральными стружечными канавками; β – угол спирали канавки

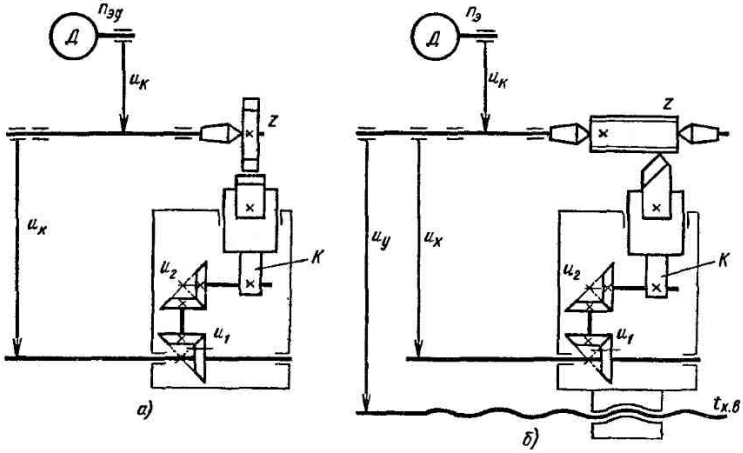



**Рис. 4. Принципиальные кинематические схемы затылования:**
*а* – дисковых фрез; *б* – цилиндрических фрез с прямолинейными стружечными канавками

$$n_{эд}u_к = n_{шп},$$

где $u_к$ – передаточное число коробки скоростей станка;
цепь затылования

$$1 \text{ об. шп.}\, u_x u_1 u_2 = z \text{ оборотов кулачка К},$$

где $u_x$ – передаточное число звена настройки затылования.

*При обработке цилиндрических фрез с прямыми стружечными канавками* (рис. 4, *б*) настраиваются цепи главного движения, затылования и продольной подачи $S$ суппорта:

$$1 \text{ об. шп.}\, u_y t_{х.в} = S,$$

где $u_y$ – передаточное число звена настройки цепи продольной подачи; $t_{х.в}$ – шаг ходового винта; $S$ – в мм.

*При обработке цилиндрических фрез со спиральными канавками* (рис. 5) кроме цепей главного движения ($u_к$), затылования ($u_x$) и продольной подачи ($u_y$) настраивается цепь дифференциала ($u_д$), обеспечивающая дополнительный поворот кулачка К в соответствии с углом подъема спирали β (см. рис. 3):

$$1 \text{ об. шп.} = z \pm \frac{zl}{T} \text{ оборотов кулачка},$$

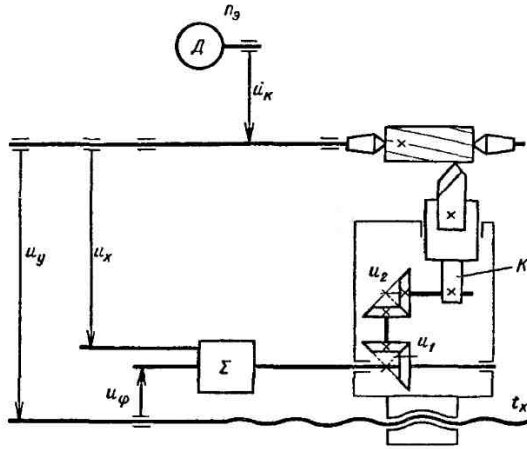



**Рис. 5. Кинематическая схема затылования цилиндрических фрез со спиральными стружечными канавками**

где $l$ – продольное перемещение резца (подача) за один оборот фрезы; $T$ – шаг спирали стружечной канавки.

В случае правой спирали необходимо замедление поворота кулачка (+), при левой – ускорение (–), для того чтобы резец своевременно подошел к вершине зуба и отскочил, пройдя всю его заднюю поверхность.

Для червячных зуборезных фрез формула настройки имеет вид

$$1 \text{ об. шп.} = z \pm \frac{zt_н}{T} \text{ оборотов кулачка,}$$

где $t_н$ – шаг винтовой нарезки фрезы.

**Технические и конструктивные данные станков для затылования.** Токарно-затыловочные станки разделяются на простые и универсальные. У первых отсутствует механическое продольное перемещение каретки; они предназначены для затылования только дисковых фрез с поперечным перемещением резца. Универсальные станки имеют продольную подачу от ходового винта или ходового вала, а также дифференциальную цепь для дополнительного поворота кулачка при затыловании фрез с наклонными стружечными канавками.

Универсальные токарно-затыловочные станки имеют две ступени частот вращения шпинделя: прямую и более высокую

**7. Технические характеристики базовых моделей токарно-затыловочных станков**

| Параметр | 1Е811 | 1Е812 | 1813 | 1Б811 |
|---|---|---|---|---|
| Высота центров × × РМЦ, мм | 250 × 530 | 360 × 630 | 500 × 1520 | 260 × 710 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин: | | | | |
| прямого хода | 2,24 – 56 | 1,9 – 47,5 | 1,36 – 23 | 2,8 – 63 |
| обратного хода | 10,6 – 67 | 9 – 56 | – | 5,6 – 126 |
| Продольная подача, мм | 0,075 – 1,2 | 0,075 – 1,2 | 0,1 – 1,0 | 0,1 – 1,0 |
| Число зубьев | 1 – 40 | 1 – 40 | 4 – 30 | 1 – 40 |
| Длина хода, мм | 20 | 20 | 45 | 18 |
| Шаг резьбы: | | | | |
| метрической, мм | 0,5 – 250 | 0,5 – 250 | 1,5 – 550 | 0,5 – 240 |
| дюймовой, ниток/дюйм | 1/28 – 1/2 | 1/28 – 1/2 | 3/16 – 22 | 3/16 – 10 |
| модульной $m$ | 0,5 – 250 | 0,5 – 250 | 2 – 180 | 0,4 – 80 |
| Шаг спирали $T$, мм | 100 – 48 000 | 100 – 48 000 | 1500 – 25 000 | 75 – 10 000 |
| Мощность электродвигателя, кВт | 4 | 4 | 7,5 | 3,0; 4,5 |
| Масса, т | 3,7 | 3,9 | 10,1 | 3,25 |
| Габаритные размеры ($L \times B \times H$), м | 2,8 × 1,6 × × 1,8 | 2,8 × 1,7 × × 1,8 | – | – |

обратного хода. Затылование производится при скоростях резания 2 – 8 м/мин, ограничиваемых допустимыми динамическими нагрузками при отскоке салазок с резцом.

Технические характеристики базовых моделей универсальных токарно-затыловочных станков приведены в табл. 7.

Кроме приведенных в таблице моделей, имеется ряд специальных станков для затылования метчиков и сверл методом шлифования.

Основные узлы универсального токарно-затыловочного станка 1Е811 показаны на рис. 6. Конструкция таких станков позволяет производить затылование радиальное, под углом к оси центров и торцовое. Смена резцовой и шлифовальной головок на суппорте производится без смены неподвижных салазок. Изменение скоростей рабочего и холостого ходов осуществляется с пульта на каретке станка. Предусмотрено гидравлическое демпфирование отскока и холостого хода.

Кинематическая схема универсального токарно-затыловочного станка 1Е811 приведена на рис. 7. Привод главного движения осуществляется от электродвигателя $D_1$, через зубчатую ременную передачу и девятискоростную автоматическую ко-

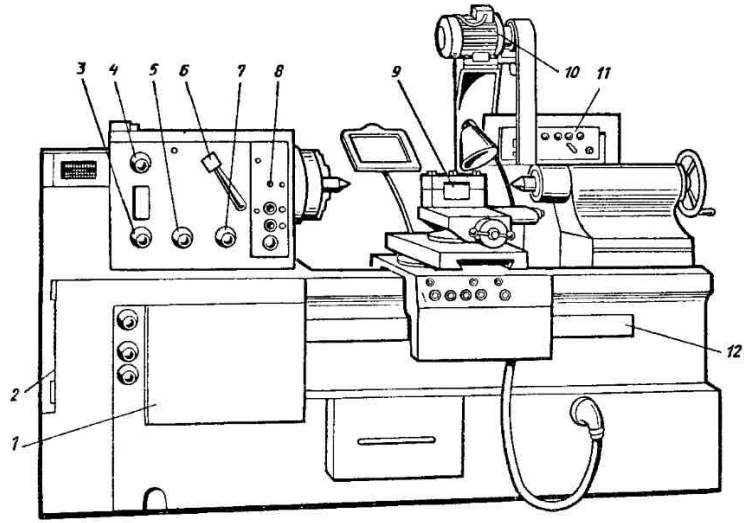



**Рис. 6. Универсальный токарно-затыловочный станок 1Е811:**
*1* – коробка подач; *2* – коробка передач; *3—6* – рукоятки управления частотой вращения шпинделя; *7* – рукоятка ручного проворота шпинделя; *8* – пульт передней бабки; *9* – резцедержатель; *10* – привод шлифовального приспособления; *11* – электропульт; *12* – ходовой винт

робку скоростей АКС на приемный вал *I* коробки скоростей шпиндельной бабки. Частота вращения шпинделя настраивается передвижными блоками зубчатых колес, электромагнитными муфтами ($ЭМ_1$ и $ЭМ_2$) и двумя зубчатыми муфтами ($ЗМ_1$, $ЗМ_3$). При этом переключением рукоятки на пульте обеспечивается пятнадцать частот вращения прямого хода и девять частот вращения обратного хода шпинделя.

Для прямого хода включается муфта $ЭМ_1$ и блок зубчатых колес *21/84* или *52/52* на валу *I* ($u_{бл_1}$ или $u_{бл_2}$), а для обратного хода – муфта $ЭМ_2$. Ручной поворот шпинделя производится посредством червячной пары $K_3$ (*3/42*) при включении зубчатой муфты $ЗМ_1$ [рукоятка *7* (см. рис. 6) находится в положении ручного поворота].

*Уравнения баланса кинематической цепи* прямого (1) и обратного (2) вращения шпинделя следующие:

$$n_{шп.\,пр} = n_{Д_1} \cdot \frac{26}{29} \cdot u_{АКС} \frac{22}{34} \cdot u_{бл} \cdot \frac{42}{65} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{24}{96}; \qquad (1)$$

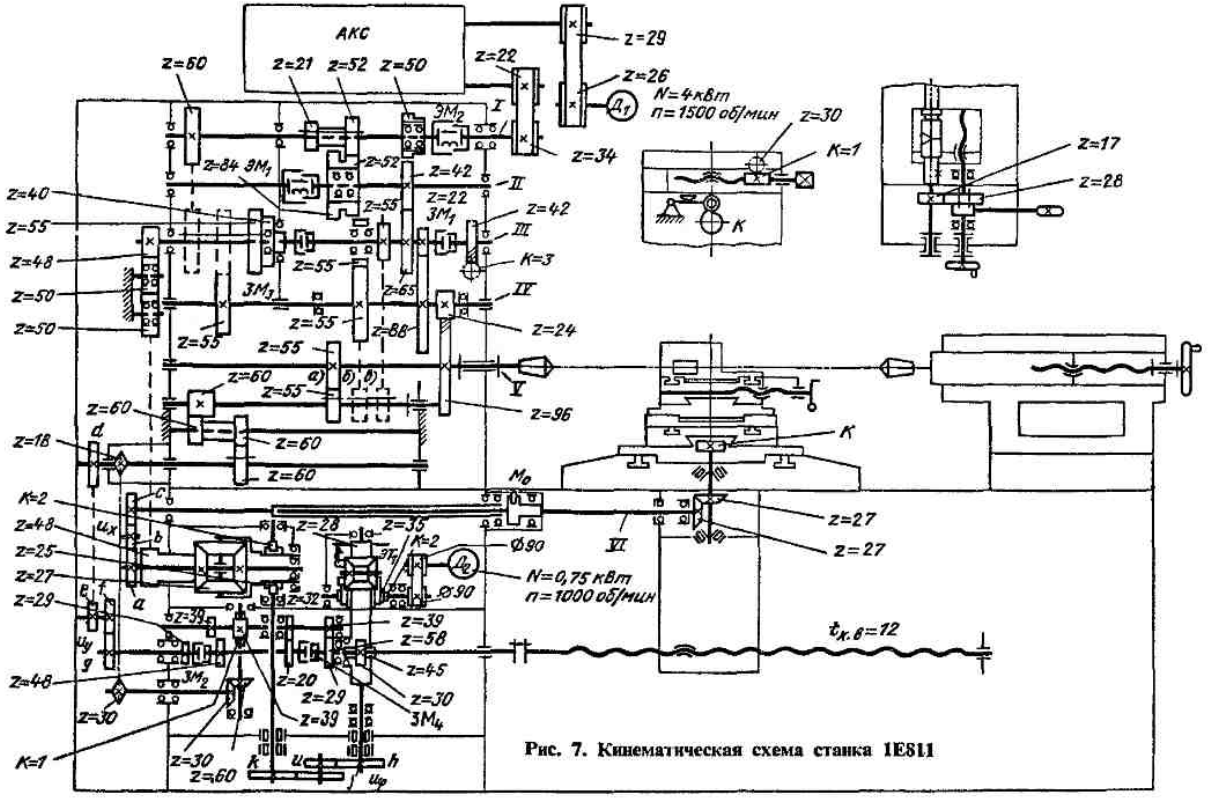



**Рис. 7. Кинематическая схема станка 1Е811**

$$n_{\text{шп. об}} = n_{Д_1} \cdot \frac{26}{29} \cdot u_{АКС} \frac{22}{34} \cdot \frac{50}{65} \cdot \frac{22}{88} \cdot \frac{24}{96}. \qquad (2)$$

При затылковании вращения от шпинделя кулачку передается от вала *III* или *IV* через зубчатые колеса *50/48* (см. пунктир на рис. 7) на корпусе дифференциала ($u_д = 1$), гитару $u_x$ сменных зубчатых колес на вал *VI* и через коническую передачу *27/27* на вал кулачка. Полый вал гитары соединяется с валом *VI* посредством однозубой муфты $M_o$ (см. рис. 7), обеспечивающей отключение кулачка при обратном ходе станка.

Уравнения баланса кинематической цепи затылования следующие:

1. При включенной муфте $ЗМ_3$ и не введенных в зацепление колесах *55/55* на валах *III* и *V*:

$$1 \text{ об. заг.} \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{88}{22} \cdot \frac{48}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{48} \cdot u_д \cdot u_x \cdot \frac{27}{27} =$$

$$= z \text{ оборотов кулачка,}$$

где $u_x$ – передаточное число гитары затылования; $u_д$ – передаточное число конического дифференциала ($u_д = 1$).

2. Зубчатая муфта $ЗМ_3$ выключена и зубчатые колеса $z = 55$ на валу *IV* и $z = 55$ на валу *III* введены в зацепление:

$$1 \text{ об. заг.} \cdot \frac{96}{24} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{48}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{48} \cdot u_д \cdot u_x \cdot \frac{27}{27} = z \text{ об. к.}$$

Формулы настройки гитар приведены в Приложении II.

Наладка и подготовка универсальных токарно-затыловочных станков к работе должна производиться в соответствии с технологической картой.

Основные этапы подготовки и наладки следующие:

изучение чертежа и технологической карты, подбор необходимых режущих и измерительных инструментов, зажимных и установочных приспособлений;

расчет настроек кинематических цепей, числа зубьев сменных колес гитар затылования, подачи и дифференциала, проверка колес на сцепляемость;

подбор и установка сменных зубчатых колес на гитарах, установка приспособлений, заготовки и инструмента;

установка кулачка или настройка устройства для получения хода резца на заданную величину спада затылка фрезы;

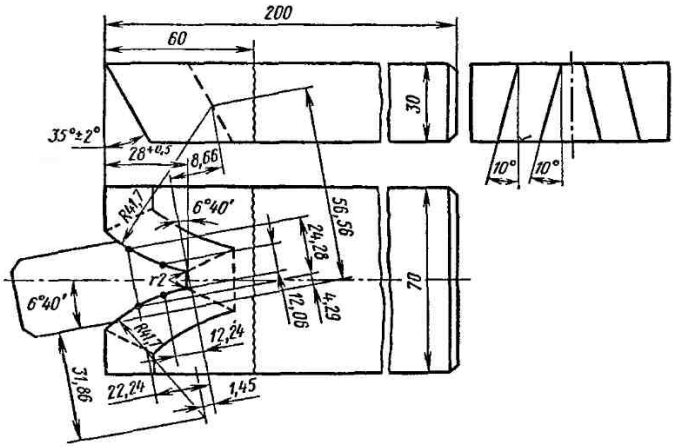



**Рис 8. Резец для затылования дисковых модульных фрез**

настройка рукояток станка и пульта управления на заданный режим работы;

окончательное регулирование режущего инструмента, положения кулачка, жестких упоров суппорта и каретки;

опробование наладки на холостом ходу и в работе;

установка защитных устройств.

**Затылование дисковых фрез.** Для дисковых фасонных фрез затылование обычно является финишной операцией. Затылованная поверхность согласно ГОСТ 9305–69 должна иметь шероховатость $Ra \leqslant 2{,}5$ мкм.

Точность профиля проверяется с помощью шаблона по величине просвета. При радиусе профиля $R = 1{,}5 \div 2{,}5$ мм просвет $\leqslant 0{,}05$ мм, при $R = 3 \div 6$ мм – просвет $\leqslant 0{,}08$ мм, при $R = 18 \div 25$ просвет $\leqslant 0{,}15$ мм.

Для повышения производительности осуществляют предварительное (при больших скоростях и глубинах резания) и окончательное затылование (при малых скоростях резания). Обработку выполняют черновым и чистовым фасонными резцами (рис. 8).

Сокращению времени обработки способствует последовательная обработка нескольких фрез, установленных на одной оправке.

Порядок наладки станка для затылования дисковых фрез следующий:

настроить цепи главного движения и затылования соответствующей установкой рукояток управления и сменных зубчатых колес на гитаре затылования;

отключить винторезную цепь рукояткой трензеля, поставив ее в нулевое положение, а при отсутствии трензеля расцепить зубчатые колеса гитары;

закрепить каретку от продольных смещений, зажав болт для крепления каретки (справа на ее передней планке), исключив возможность ее сдвига относительно направляющих станины;

установить затыловочный резец в резцедержателе строго по центру обрабатываемой детали с помощью шаблона и цилиндрической оправки, закрепленной в центрах передней и задней бабок;

наладить величину хода затылования установкой кулачка с соответствующим подъемом рабочей кривой или бесступенчато (вращением винта специального устройства);

установить одну или несколько дисковых фрез на специальную оправку; закрепить оправку в центрах станка;

установить момент отскока режущего инструмента, поворачивая шпиндель с заготовкой относительно неподвижного режущего инструмента или используя механизм коррекции отбоя. Отскок резца должен происходить сразу же за спинкой затылуемого зуба, после того как будет срезана с него стружка. Момент отскока устанавливается по самой глубокой точке профиля. При коррекции момента отскока резца необходимо переключатель на фартуке станка установить в позицию «Коррекция отбоя» и нажать кнопку управления электродвигателем. Данную настройку следует осуществлять при включенной гитаре дифференциала, даже если дифференциальная цепь отключена;

отрегулировать силу пружин таким образом, чтобы отскок происходил достаточно интенсивно. С увеличением числа затыловочных движений в минуту необходимо силу пружин увеличивать, не допуская сильных ударов.

Основные виды брака при затылковании дисковых фрез приведены в табл. 8.

**Затылование червячных модульных фрез.** Токарное затылование червячных фрез класса С с нешлифованным профилем и червячное затылование фрез классов АА, А и В со шлифованным профилем производится:

при $m \leqslant 4$ – одним фасонным резцом, охватывающим весь

**8. Виды брака при затылковании и способы его устранения**

| Брак | Причина | Способ устранения |
|---|---|---|
| Не выдержан профиль зуба фрезы | Неправильно установлен резец | Установить резец строго по шаблону |
| | Неверно изготовлен резец | Заменить резец |
| Задиры поверхности | Резец установлен ниже центра | Установить резец по центру |
| Скалывание стружки с затылка | Большая глубина резания | Уменьшить поперечную подачу |
| Завал режущей кромки зуба фрезы | Запаздывание отскока резца | Отключить цепь затылования, установить правильно момент отскока резца |
| Затылок зуба фрезы обработан не полностью | Преждевременный отскок резца | |
| На затылованной поверхности имеется дробление | Зазор на опорах шпинделя | Отрегулировать подшипники |
| | Зазоры направляющих суппорта | Подтянуть планки и клинья суппорта |
| | Большой вылет резца | Уменьшить вылет резца |
| | Слабое закрепление резца | Закрепить резец |
| Поломка зуба затылуемой фрезы | Слишком велико запаздывание отскока резца | Установить правильно момент отскока резца |

профиль впадины и наружный диаметр (рис. 9, *а*), или резцом, охватывающим весь профиль зуба (рис. 9, *б*);

при $m \leqslant 6$ – фасонным резцом, охватывающим весь профиль впадины, и затем резцом с прямолинейным лезвием по наружному диаметру;

при $m > 6$ – комплектом резцов (рис. 10) для раздельного затылования правой и левой сторон впадины, дна впадины и затем резцом для затылования наружного диаметра фрезы.

Наиболее производительно затылование мелкомодульных фрез фасонными резцами полного профиля впадины (см. рис. 9, *а*). Однако при этом затруднено образование стружки у дна впадины, что вызывает повышенное изнашивание таких резцов.

Резцы устанавливаются по шаблонам с минимальным вылетом. Режущие кромки должны располагаться в горизонтальной плоскости.

Скорость резания и частота вращения шпинделя ограничиваются числом двойных ходов отбойной плиты, обеспечиваю-

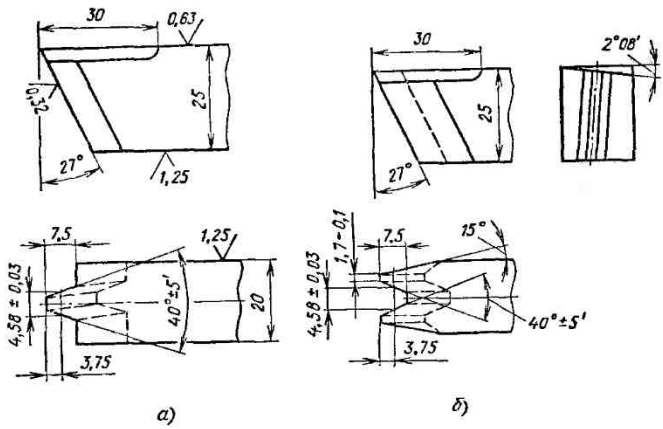



**Рис. 9. Резцы для затылования фрез с модулем $m \leqslant 4$:**
*а* — охватывающий весь профиль впадины и наружный диаметр; *б* — охватывающий весь профиль зуба

щих ее отскок в пределах стружечной канавки. Глубина резания в начале затылования — до 0,3 мм, в конце — до 0,02 мм.

Установка заготовки фрезы производится на жесткой оправке (рис. 11), исключающей проворачивание при обработке с ударами.

Для затылования многозаходных червячных фрез необходимо повернуть заготовку на $1/n$ оборота при переходе к затылованию витка следующего захода ($n$ — число заходов). Для этого у некоторых станков имеется специальная делительная планшайба, снабженная набором делительных дисков для различного числа заходов.

При затыловании червячных фрез основные виды брака те же, что и при затыловании дисковых фрез. Возможно также появление брака, связанного с искажением шага винтовой линии из-за неправильной настройки винторезной цепи.

**Затылование шлифованием.** При затыловании шлифованием вместо токарного суппорта на станок устанавливают шлифовальный. На всех отечественных затыловочных станках применяют суппорты с электродвигателем, установленным на отдельном кронштейне. При этом вибрации от дисбаланса ротора электродвигателя гасятся ременной передачей.

Шлифование профиля червячно-модульных фрез разделяется на черновое (затылование по наружному диаметру и затылование профиля с двух сторон) и чистовое по диаметру; по

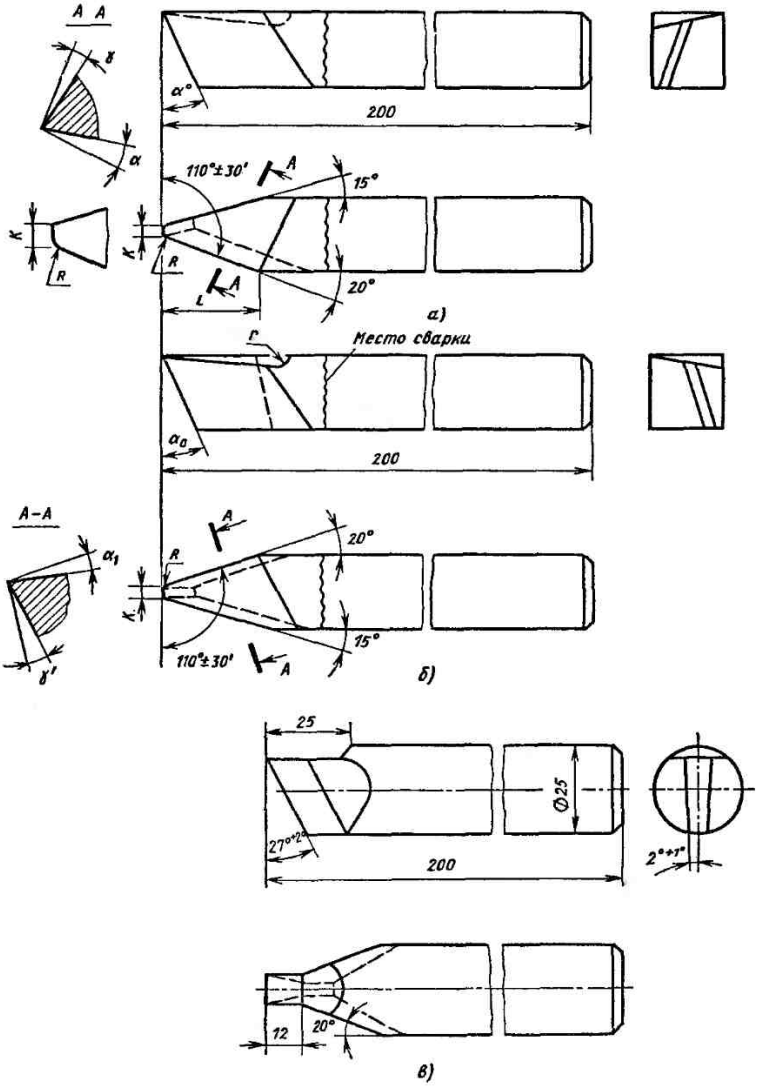



**Рис. 10. Комплект резцов для затылования червячно-модульных фрез с $m > 6$:**
*а* – правый резец; *б* – левый резец; *в* – резец для затылования дна впадины

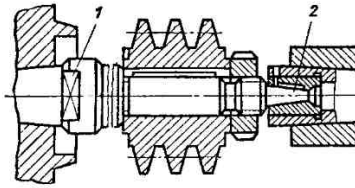



**Рис. 11. Установка заготовки фрезы при затылковании:**
*1* – оправка с лысками; *2* – бронзовая втулка

правой и левой боковым сторонам профиля; по радиусу зуба с правой и левой стороны.

Величина шлифовального участка зуба у фрез классов АА, А и В с модулями $m \leqslant 4$ должна составлять по наружному диаметру не менее 1/2 длины поверхности зуба; у фрез с модулем $m > 4$ – не менее 1/3 длины поверхности зуба.

Затылование осуществляется кругами СМ1, СМ2 на керамической связке зернистостью 40–80.

Точность затылования шлифованием зависит от установки шлифовального круга относительно шлифуемого профиля и его правки с использованием имеющихся для этой цели приспособлений. Для обеспечения высокой точности операции ее целесообразно выполнять на специально закрепленных за этой операцией станках[1].

Настройка кинематических цепей станка производится как и при затылковании резцами.

На рис. 12 приведены три случая шлифования профиля червячно-модульных фрез. В случае *а* шлифование осуществляется чашечным кругом. В случаях *б* и *в* шлифовальные круги заправляют соответственно профилю шлифуемых фрез.

При работе дисковыми шлифовальными кругами происходит искажение профиля зубьев фрезы, которые зависят от угла

[1] Методом шлифования осуществляется также затылование метчиков и сверл на специальных станках СЦ-060, СЦ-018 и др.

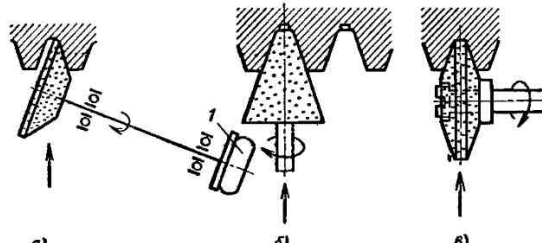



**Рис. 12. Варианты затылования шлифованием червячной модульной фрезы:**
*1* – шкив

подъема винтовой линии. При угле подъема до 4—5° и $m \leqslant 2{,}5$ этой погрешностью можно пренебречь.

Затылование фрез с $m = 2{,}5 \div 15$ рекомендуется выполнять чашечными кругами с углом профиля 35—37° и с диаметром 70—50 мм, а фрез с $m > 15$ — пальцевыми. При этом черновая подача должна быть до 0,1 мм, а чистовая — до 0,005 мм. При шлифовании затылка по верху необходимо обеспечить отсут-

**9. Виды брака при затылковании шлифованием червячно-модульных фрез**

| Вид брака | Причина | Способ устранения |
|---|---|---|
| Боковая поверхность профиля зуба шлифуется не полностью | Неправильно заправлен шлифовальный круг | Исправить кривизну шлифовального круга |
| Седлообразность на затылованной вершине зуба | Неправильно подобран шлифовальный круг | Заменить шлифовальный круг кругом меньшего диаметра |
| Отклонение направления зуба фрезы относительно ее оси превышает допустимое | Ось оправки, на которой закреплена червячная фреза, непараллельна перемещению суппорта при продольной подаче | Выставить на соосность переднюю и заднюю бабки |
| | Угол поворота шлифовального суппорта не соответствует углу наклона винтовой линии червячной фрезы | Установить точно шлифовальный суппорт |
| Накопленная ошибка шага червячно-модульной фрезы больше допуска | Неверно подобраны сменные колеса гитары винторезной цепи | Настроить гитару винторезной цепи с большей точностью и заменить сменные зубчатые колеса |
| Отклонение профиля червячно-модульной фрезы от прямолинейности превышает допустимое | Износились зубчатые колеса гитары винторезной цепи | Заменить сменные зубчатые колеса на новые |
| | Шлифовальный круг подобран неверно | Заменить шлифовальный круг на круг меньшего диаметра |
| | Шлифовальный круг засаливается | Заменить шлифовальный круг на менее твердый и на крупнозернистый. Чаще править шлифовальный круг |
| | Применен дисковый шлифовальный круг | Заменить дисковый шлифовальный круг на чашечный (лучше на пальцевый) |

ствие на задней кромке зуба выступа в виде «седла», которое образуется при большом диаметре круга.

Брак при затылковании шлифованием обусловлен как самим процессом шлифования, так и заправкой круга и настройкой станка.

При шлифовании возникают следующие виды брака: прижоги затылованной поверхности вследствие чрезмерно большой глубины резания и подачи, неудовлетворительная шероховатость, риски и дробление поверхности. Причинами некачественной поверхности могут быть крупная зернистость и несбалансированность круга, зазоры в соединениях станка, а также неравномерные припуски и твердость после термообработки фрезы.

Волнистость затылуемой поверхности обычно является следствием биения шлифовального шпинделя, несбалансированности электродвигателя, неправильной сшивки и натяжения приводного ремня шпиндельного приспособления.

Виды брака, связанные с заправкой круга и настройкой станка, приведены в табл. 9.

**Затылование резьбовых фрез.** Согласно ГОСТ 1336–77* эти фрезы имеют два класса точности: Е и Н. Для них соответственно допускается биение профиля резьбы 0,03 и 0,04 мм и шероховатость поверхности (*Ra*) 0,32 и 0,63 мкм.

Предварительная кольцевая нарезка с одновременным затылованием осуществляется гребенкой или резцом. После термообработки чистовое затылование выполняется многониточным или однониточным абразивным кругом.

При затылковании резцом или однониточным кругом после обработки одного витка инструмент перемещается на величину шага резьбы. Точность шага обеспечивается применением специального приспособления, настраиваемого по концевым меркам.

## ТОКАРНЫЕ ГИДРОКОПИРОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Такие станки предназначены для обработки в центрах штучных заготовок ступенчатого и криволинейного профиля в условиях серийного производства. Поперечная подача суппортов, прижим заднего центра, а в ряде случаев и продольная подача осуществляются посредством гидропривода. Продольная обработка производится по копиру одним резцом на высоких режимах резания.

**10. Технические характеристики базовых моделей токарных гидрокопировальных полуавтоматов**

| Параметр | 1708 | 1713 | 1716Ц*1 | 1Б732 |
|---|---|---|---|---|
| Диаметр заготовки, мм, устанавливаемой над: | | | | |
| станиной | 320 | 400 | 400 | 590 |
| суппортом | 180 | 250 | 200 | 320 |
| Длина заготовки мм, до | 500 | 710 | 750 | 1000; 1400, 2000 |
| Диапазон частоты вращения шпинделя, об/мин | 160 – 1600 | 125 – 1250 | 100 – 2000 | 56 – 710*2 |
| Продольная подача копировального суппорта, мм/об | 0,05 – 1,6 | 0,08 – 0,3 | – | 20 – 45 мм/мин |
| Подача поперечного суппорта, мм/мин | 10 – 630 | 13 – 405 | – | 10 – 240 |
| Мощность электродвигателя главного движения, кВт | 17 | 22 | 17 | 22; 30; 40; 56 |
| Габаритные размеры станка, м | 2,4 × 1,6 × × 2,0 | 2,4 × 1,5 × × 2,0 | 3,0 × 1,5 × × 2,2 | 4,7 × 1,8 × × 2,6 |
| Масса, кг | 3500 | 4800 | 4850 | 10т; 11,5т, 12,5т |

*1 С цикловой настройкой штекерной панели.
*2 Возможен диапазон 56 – 900 об/мин.

Гидрокопировальные станки выпускают двух видов: многорезцовые копировальные с механической продольной подачей каретки (мод. 1708, 1713, 1716Ц) и копировальные, у которых все движения подач осуществляются от гидропривода (мод. 1712, 1722, 1Б732). Станки первой группы допускают многорезцовую обработку с двумя независимыми копировальными однорезцовыми суппортами или блоками резцов и более универсальны в наладке. Применение их особенно целесообразно при обработке длинных нежестких валов и чистовой обработке шеек ступенчатых валов.

У станков второй группы каретка вертикального копировального суппорта перемещается от гидроцилиндра. Подача двух поперечных суппортов производится от копиров, перемещаемых посредством гидроцилиндра. Установочные перемеще-

ния каретки, вертикального и поперечного суппортов и задней бабки выполняются вручную.

Технические данные наиболее распространенных гидрокопировальных токарных полуавтоматов приведены в табл. 10.

**Наладка токарно-гидрокопировальных станков.** Станки могут быть настроены на следующие рабочие движения: одновременная работа двух суппортов; последовательная работа копировального и поперечного суппортов; обработка одним копировальным суппортом.

Элементы цикла работы копировального суппорта: быстрый продольный и поперечный его подвод; рабочая подача (первая и вторая) с быстрым прохождением необрабатываемых поверхностей; быстрый поперечный и продольный отвод суппортов (последовательно или одновременно).

Управление переключением частот вращения шпинделя, рабочих подач и холостых (вспомогательных) ходов осуществляется посредством упоров, воздействующих на конечные выключатели. Схема расстановки кулачков и конечных выключателей для каждой модели станка приводится в руководстве к станку.

Необходимый профиль детали получают путем установки копира.

Обработка валиков может проводиться в один, два или несколько переходов. Однопереходная обработка применяется при чистовом обтачивании. Схема двухпереходной обработки показана на рис. 13. Первый переход выполняется по траектории *1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6* при щупе, приподнятом посредством специального упора. (Таких переходов может быть и несколько, при обтачивании гладких валов). Следующий переход производится уже по копиру – траектория резца: *6 – 7 – 8; 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19.*

Используя поворотный копиродержатель с четырьмя гнездами, осуществляют многопереходную копировальную обработку или последовательную обработку различных заготовок с необходимой подналадкой упоров.

Копиры изготовляют из сталей 45, 40Х, 65Г с твердостью после закалки до $HRC_э$ 46,5 – 51,5 и шероховатостью рабочих участков не ниже $Ra = 0{,}63$ мин. Профиль копира должен соответствовать профилю детали. Допуск по высоте равен $\pm 0{,}01$ мм, по длине – $\pm 0{,}1$ мм. Для подхода резца в начале обработки у копира справа должен быть участок длиной 25 – 30 мм, слева, для выхода щупа, участок длиной ~ 100 мм

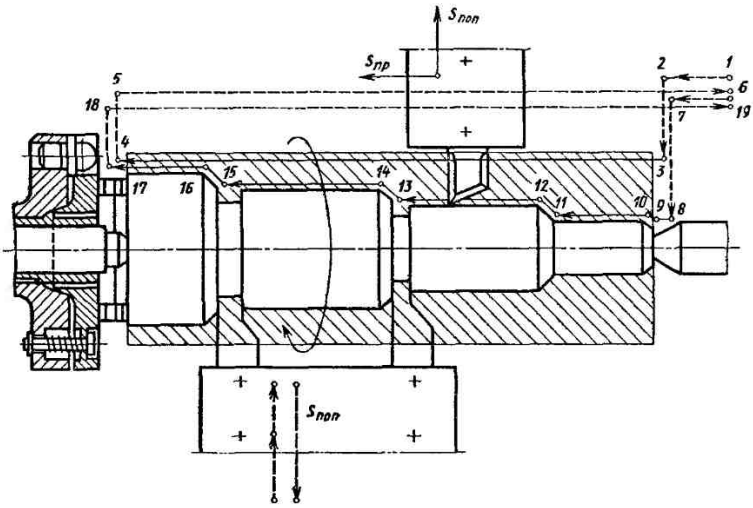



**Рис. 13. Схема двухпереходного обтачивания валика на токарно-копировальном полуавтомате:**
*1 – 19* – точки траектории резца

**11. Виды брака и способы его устранения при работе на копировальных полуавтоматах**

| Вид брака | Причина | Способ устранения |
|---|---|---|
| Дробленая поверхность | Неравномерно перемещается копировальный суппорт: | |
| | из-за сильной затяжки направляющих; | Обеспечить затяжку направляющих с зазором 0,03 – 0,04 мм; |
| | из-за заклинивания золотника автоматического регулятора | разобрать, промыть и отрегулировать регулятор гидросистемы |
| Резец копировального суппорта не обрабатывает углубления на детали | Заклинивает золотник копировальной головки | Разобрать и промыть головку и при необходимости притереть золотник |
| Снижение точности обработки от копира | Изношен наконечник или сам копир | Заменить их |

*Продолжение табл. 11*

| Вид брака | Причина | Способ устранения |
|---|---|---|
| Искажение угла наклона поверхности детали | Течь в трубопроводе подвода масла в гидроцилиндр продольного перемещения | Устранить течь |
| Наклонные поверхности при копировальной обработке торцов | Изношен автоматический регулятор гидросистем | Заменить гидропанель копировального суппорта |
| Сильно греется передняя опора шпинделя и пиноли задней бабки | Завышено давление поджима пиноли | Установить правильное давление |
| | Неправильно отрегулированы зазоры в подшипниках шпинделя | Отрегулировать зазоры |
| Отсутствие подачи: продольной копировального суппорта | Засорен дроссель подачи | Промыть и отрегулировать дроссель |
| | Не срабатывают автоматический регулятор реле давления | Отрегулировать регулятор и реле |
| | Неисправность коиечного выключателя | Устранить дефект или заменить выключатель |
| поперечной подачи | Засорен дроссель, течь в трубопроводе | Разобрать и промыть, устранить течь |
| Не перемещается панель задней бабки | Разрегулировано давление поджима пиноли | Отрегулировать давление |
| | Задир на пиноли или заклинивание от перегрева | Устранить задир или причины перегрева |
| | Обрыв или течь в трубопроводе | Устраиить течь |
| Недостаточное давление в гидросистеме или его отсутствие при работающем насосе | Засорился или разрегулирован золотиик предохранительного клапана в гидропанелях | Прочистить и при необходимости притереть золотник |
| | Засорился или разрегулироваи обратный клапан в гидропанелях | Разобрать, промыть и отрегулировать поджим клапана пружиной. |

на диаметре последней ступени. Остальные размеры определяются конструкцией станка (минимальное расстояние от торца копировального суппорта до линии центров, от торца щупа до опорной поверхности кроиштейна копиродержателя и др.).

При устранении брака и неисправностей в работе гидрокопировальных станков следует руководствоваться табл. 11.

## ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТАНКАМИ

В токарных станках применяется два типа систем ЧПУ 1) позиционные прямоугольные (рис. 14, *а*), при которых резец, двигаясь прямолинейно, обходит последовательно контур заготовки по двум осям координат с установленной длиной прохода; для этого продольная и поперечная подача включается поочередно; 2) контурные (рис. 14,*б*), обеспечивающие непрерывное управление движениями рабочих органов в соответствии с необходимыми изменениями траектории и скорости перемещения инструмента для получения заданного профиля. Движение инструмента осуществляется при одновременном включении продольной ($S_{пр}$) и поперечной ($S_{поп}$) подач (рис. 15).

При обработке заготовок сложного профиля применяется несколько резцов, установленных в поворотной головке и включающихся в работу автоматически по заданной программе (рис. 16). Цифрами *I – IV* обозначены номера резцов и соответственно позиции инструментальной головки. Точки *ИТ* – координаты включения инструментов в работу.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ СТАНКОВ С ЧПУ

**Обозначение и технические характеристики.** Токарные станки, оснащенные системами ЧПУ, обозначаются маркой соответствующей модели обычного станка с добавлением буквы и цифры, определяющих тип системы ЧПУ: Ф1 – цифровая индикация с предварительным набором координат; Ф2 – система

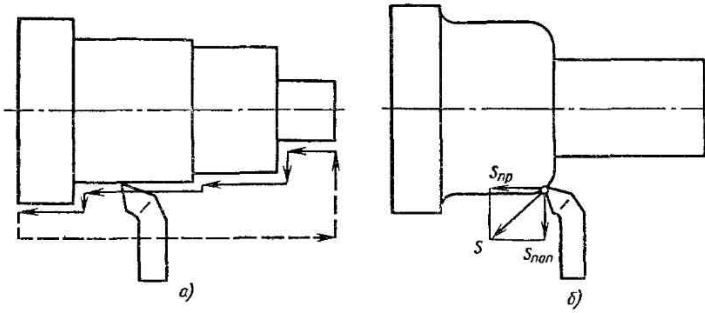



**Рис. 14. Схема токарной обработки с прямоугольной *(а)* и контурной *(б)* системами**

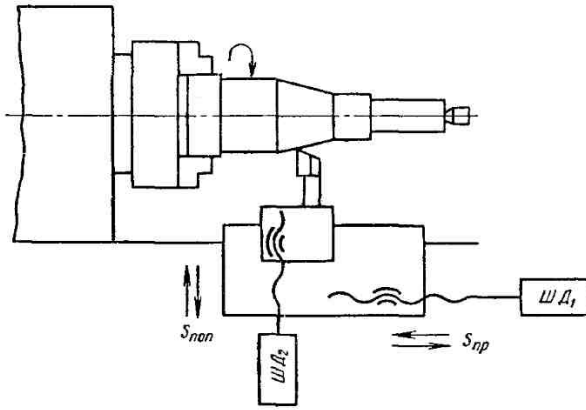



**Рис. 15. Принципиальная схема управления токарным станком с системой ЧПУ**

ЧПУ позиционного типа; Ф3 – контурного типа; Ф4 – универсальная система ЧПУ.

К обозначению модели станка с ЧПУ добавляются индексы С1, С2, С3, С4, С5, характеризующие различные модели систем ЧПУ и технологические возможности станков.

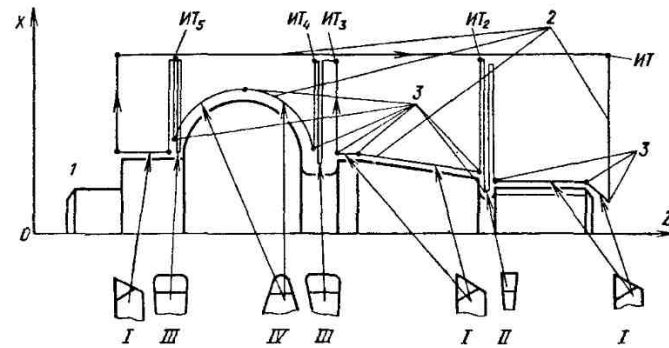



**Рис. 16. Позиции и траектории инструментов при обработке фасонной заготовки на токарном станке с ЧПУ:**
*1* – базовый торец; *2* – расчетная траектория движения инструментов; *3* – опорные точки при расчете траектории

Станки модификаций С4 и С5 имеют более высокий диапазон подач, обеспечивают полуавтоматическую обработку заготовок со сложными наружными и внутренними поверхностями, а также нарезание резьб.

Токарные станки с ЧПУ выпускаются в патронно-центровом и патронном (без задней бабки) исполнении с одной и двумя поворотными резцовыми головками.

Технические данные наиболее распространенных патронно-центровых токарных станков с ЧПУ приводятся в табл. 12.

Общая компоновка токарного станка 16К20Ф3С5 с ЧПУ показана на рис. 17.

**12. Технические характеристики патронно-пентровых станков с ЧПУ**

| Характеристика станков | 16Б16Ф3 | 16К20Ф3С5 | 1П752МФ3 | 1Б732Ф3 | 16К30Ф3 |
|---|---|---|---|---|---|
| Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: | | | | | |
| над станиной | 320 | 400 | 500 | 590 | 630 |
| » суппортом | 160 | 220 | 315 | 320 | 315 |
| Наибольшая длина заготовки, мм | 710 | 1000 | — | 1400 | 1400 |
| Наибольшая подача суппорта: | | | | | |
| по оси $X$ | 195 | 250 | 350 | 210 | 320 |
| » » $Z$ | 700 | 900 | 1100 | 1350 | 1200 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин | 45 – 1800 | 12,5 – 2000 | 6,3 – 1250 | 25 – 1250 | 6,3 – 1250 |
| Число ступеней: | | | | | |
| общее | 17 | 22 | 25 | 28 | 28 |
| по программе | 9 | 9 | 12 | 28 | 12 |
| Дискретность отсчета, мм: | | | | | |
| по оси $X$ | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,005 |
| » » $Z$ | 0,01 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Число инструментов | 6 | 6 | 8 | 6 | 4 |
| Точность размеров, мм по диаметру и оси $Z$ | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,015 | 0,015 |
| Мощность, кВт | 3,8; 6,3 | 10,0 | 22,0 | 40,0 | 17,6 |
| Габаритные размеры, м | 3,0 × × 2,4 × 1,9 | 3,4 × × 1,7 × 1,7 | 3,7 × × 1,8 × 2,5 | 4,0 × × 1,0 × 2,7 | 6,0 × × 3,5 × 2,2 |
| Масса, кг | 2470 | 5000 | 9500 | 11 500 | 7000 |

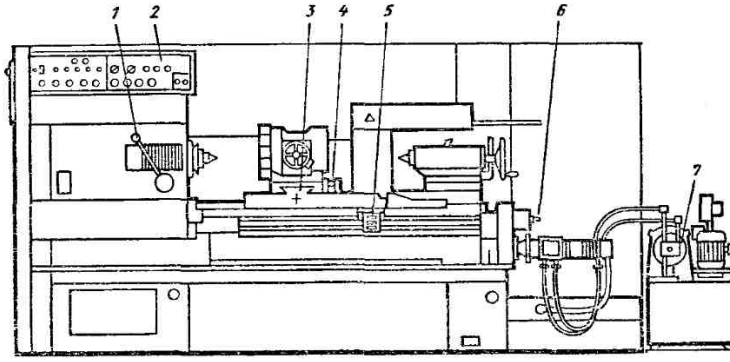



**Рис. 17. Органы управления станком 16К20ФЗС5:**
*1* – рукоятка переключения диапазонов частот вращения шпинделя; *2* – пульт управления; *3* – гнездо для съемной рукоятки перемещения поперечного суппорта; *4* и *5* – блоки конечных выключателей поперечного и продольного суппортов; *6* – хвостовик для рукоятки продольного перемещения суппорта; *7* – блок гидропривода

Шаговые двигатели (рис. 18) предназначены для импульсного перемещения рабочих органов станка. Ротор и статор двигателя имеют по три секции: *I, II, III*. Полюсы ротора сдвинуты относительно друг друга по окружности на 1/3 полюсного расстояния *s*. Когда полюсы секции *I* ротора находятся напротив полюсов статора, то полюсы секций *II* и *III* сдвинуты относительно полюсов статора соответственно на 1/3 и 2/3 полюсного расстояния *s*.

Путем последовательной подачи импульсов на обмотки трех секций осуществляется шаговое вращение ротора.

Гидроусилители служат для увеличения малых крутящих моментов шаговых двигателей (рис. 19). Гидроусилитель соединяется с ходовым винтом суппортов посредством зубчатой пары или непосредственно.

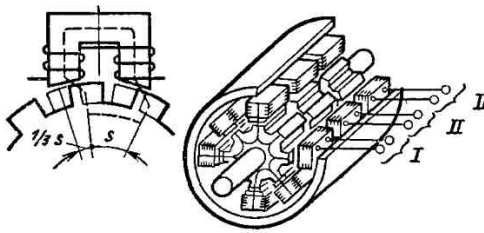



**Рис. 18. Шаговый двигатель**

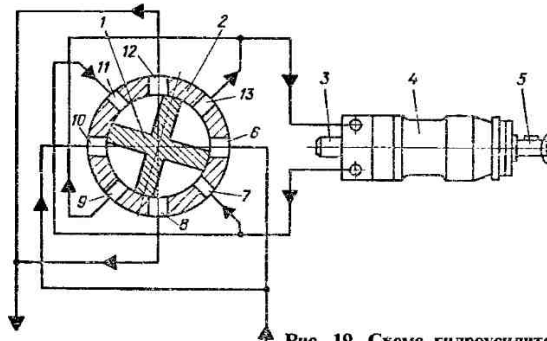



**Рис. 19. Схема гидроусилителя**

Выходной вал *5* гидромотора *4* соединяется с исполнительным механизмом. Втулка *2* золотника соединена с валом *5*, а пробка *1* – с входным валом *3*, получающим вращение от шагового двигателя.

Масло от насоса поступает в золотник через отверстия *6* и *10*, которые перекрываются при нейтральном положении пробки *1*. При смещении пробки от нейтрального положения масло из золотника через отверстия *13* и *9* поступает в гидромотор, а через отверстия *7* и *8* и *11* и *12* – на слив.

Вместе с валом *5* вращается по часовой стрелке и втулка *2* золотника, до тех пор, пока она не займет нейтрального положения относительно пробки *1*.

Станок 16К20Ф3 (рис. 20) имеет привод главного движения от электродвигателя $Д_1$ через клиноременную передачу *126/182* и автоматизированную коробку скоростей АКС30-16-51 с шестью электромагнитными муфтами $ЭМ_1 - ЭМ_6$. Их переключение обеспечивает девять частот вращения шпинделя на выходном валу *III*. Отсюда через вторую клиноременную передачу *200/280* вращение передается на приемный вал шпиндельной бабки. За счет передвижного блока $Z_{16} - Z_{17}$ на шпинделе он получает два диапазона частот вращения: $n = 35 \div 560$ и $n = 100 \div 1600$, в том числе двенадцать различных и шесть повторяющихся в обоих диапазонах.

Продольная подача осуществляется от шагового электрогидравлического привода $ЭГ_1$ через редукторную зубчатую пару *30/125* и ходовой винт с шариковой гайкой. Для поперечной подачи имеется аналогичный привод ($ЭГ_2$ и пара *24/100*).

Поворот шестипозиционной резцовой головки осуществляется посредством электродвигателя $Д_2$, зубчатой пары *20/62*

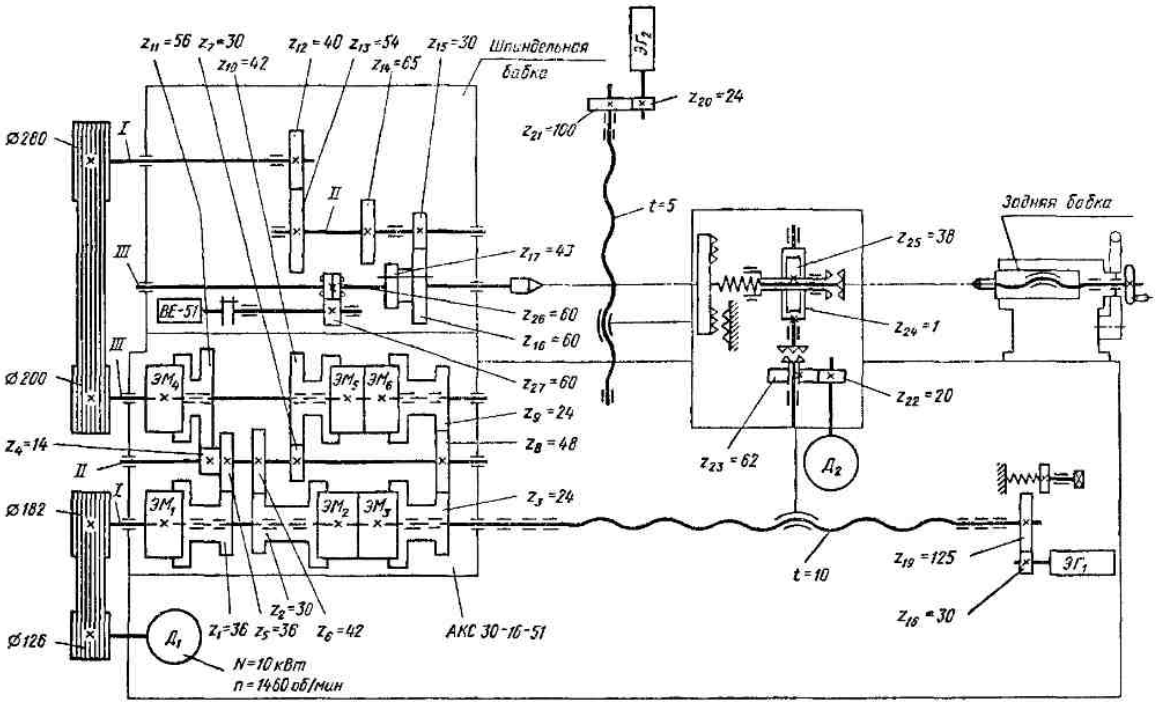



**Рис. 20. Кинематическая схема станка 16К20ФЗ**

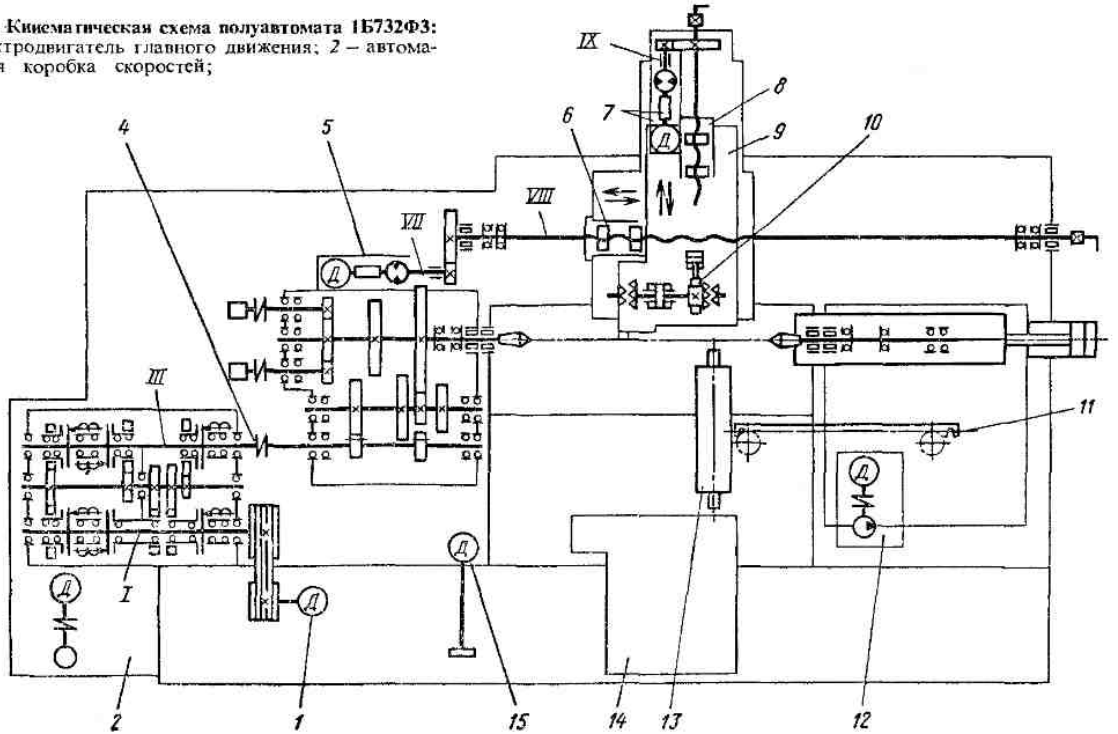



**Рис. 21. Кинематическая схема полуавтомата 1Б732Ф3:**
*1* – электродвигатель главного движения; *2* – автоматическая коробка скоростей; *4* – втулочно-пальцевая муфта; *5* и *7* – гидроусилители; *6* и *8* – винтовые шариковые пары; *9* – суппорт; *10* и *11* – рейки; *12* – станция смазки; *13* – люнет; *14* – транспортер стружки; *15* – электронасос

и червячной *1/38*. Для нарезания резьбы вращение от шпинделя через беззазорную зубчатую пару 60/60 передается на специальный датчик ВЕ-51.

Токарно-центровой полуавтомат 1Б732Ф3 (рис. 21) имеет станину наклонно-коробчатого типа, как у обычных гидрокопировальных станков. Отдельно устанавливаются устройство ЧПУ, гидростанция и электрошкаф.

Привод шпинделя осуществляется от электродвигателя $Д_1$ ($N = 40$ кВт), через автоматическую коробку скоростей (АКС). Втулочно-пальцевая муфта связывает выходной вал АКС *III* с валом шпиндельной бабки. Задняя бабка перемещается посредством реечной передачи *II* вдоль станины. Пиноль поджимается гидроцилиндром.

Шаговый двигатель с гидроусилителем *5* посредством ходового винта и винтовой шариковой пары *6* перемещает каретку продольного суппорта. Другой шаговый двигатель с гидроусилителем *7* через винтовую шариковую пару *8* передает движение поперечному суппорту *9*, на котором установлена шестипозиционная резцовая головка. Ее поворот осуществляется посредством гидроцилиндра, шток которого перемещает рейку *10*, связанную с зубчатым колесом и муфтой на оси резцовой головки.

Станки с ЧПУ требуют особых условий эксплуатации и размещения в цехах. Станки классов нормальной (Н) и повышенной (П) точности могут быть размещены в обычных производственных помещениях, а более высокой точности – в термоконстантных цехах. При этом нормальной температурой эксплуатации считается 20 °С с колебаниями: $\pm 10$ °С – для станков класса Н $\pm 5$ °С – для станков класса П $\pm 2$ °С – для станков класса В и $\pm 1$ °С – для станков класса А.

Повышенные требования предъявляются к инструментальной оснастке.

Настройка на размер должна производиться с точностью до 3–5 мкм и выше при помощи специальных устройств вне станка. Резцовые блоки должны иметь точные базовые поверхности для установки в резцовые головки.Окончательно положение инструмента корректируется при пробной обработке.

*Глава 6*

# ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА К ТОКАРНЫМ СТАНКАМ

К вспомогательным устройствам токарных станков относятся приспособления или технологическая оснастка для закрепления заготовок. Они должны обеспечивать полное соответствие посадочных мест, элементов креплений, присоединительных размеров используемого токарного станка и режущего инструмента; высокую точность, достаточную жесткость и быстродействие при установке, наладке и закреплении режущего инструмента; возможность полной компенсации погрешностей взаимного расположения инструмента и обрабатываемой заготовки при плавающем или качающемся закреплении инструмента; высокую износоустойчивость и компенсацию изнашивания.

При необходимости в состав вспомогательных устройств должны входить элементы и приспособления, повышающие надежность работы режущего инструмента, например приспособления для дробления стружки, подачи СОЖ в зону резания, перегрузочно-предохранительные устройства и др.

## УГЛЫ УКЛОНА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОНУСОВ

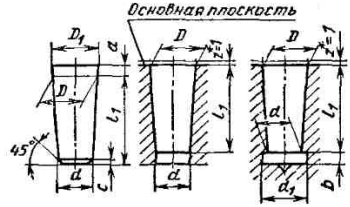
В табл. 1–5 приведены размеры внутренних и наружных инструментальных конусов.

## ЦАНГОВЫЕ ЗАЖИМЫ

Цанговые зажимы – разрезные пружинные гильзы – применяются для точного центрирования и надежного зажима режущих инструментов с цилиндрическим хвостовиком, а также для установки и закрепления пруткового материала или тонкостенных заготовок путем центрирования их по наружной или внутренней цилиндрической поверхности.

Конструктивное оформление цанговых устройств и цанг весьма разнообразно и зависит от назначения, типа станка и формы закрепляемой поверхности заготовки. Основные конструктивные элементы цанги следующие (рис. 1): *1* – рабочая часть – губка, служащая зажимным элементом – включает

**1. Укороченные инструментальные конусы Морзе (СТ СЭВ 148–75)**




Размеры, мм

| Обозначение конуса | Конус Морзе | Конусность | $D$ | $D_1$ | $d$ | $d_1$ | $l_1$ | $a$ | $b$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B10<br>B12 | 1 | 1:20,047 | 10,094<br>12,065 | 10,3<br>12,2 | 9,4<br>11,1 | 9,8<br>11,5 | 14,5<br>18,5 | 3,5 | 3,5 | 1 |
| B16<br>B18 | 2 | 1:20 | 15,733<br>17,78 | 16<br>18 | 14,5<br>16,2 | 15<br>16,8 | 24<br>32 | 5 | 4 | 1,5 |
| B22<br>B24 | 3 | 1:19,922 | 21,793<br>23,825 | 22<br>24,1 | 19,8<br>21,3 | 20,5<br>22 | 40,5<br>50,5 | | 4,5 | 2 |

Примечания: 1. $z$ – максимально допустимое отклонение положения основной плоскости, в которой находится диаметр $D$, от ее теоретического положения.

2. Размеры $D_1$ и $d$ – теоретические; определяются соответственно по диаметру $D$ и номинальным размерам $a$ и $l_1$.

клиновое передаточно-усилительное звено; *II* – упругая часть – состоит из лепестков и переходного участка; *III* – присоединительная часть – включает направляющий поясок и резьбовую часть.

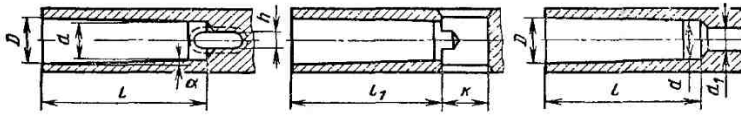
Существует несколько типов цанговых зажимных устройств:

в которых цанга вталкивается в центрирующий корпус (рис 2, *а*); недостаток этих устройств – возможность осевого перемещения цанги;

с постоянным положением цанги в момент зажима (рис. 2, *б*); закрепление инструмента осуществляется при помощи перемещающегося стакана, сжимающего лепестки цанги; смещение цанги в осевом направлении ограничивается колпаком;

в которых цанга втягивается с помощью натяжной тяги

## 2. Внутренние конусы Морзе токарных станков и переходных втулок

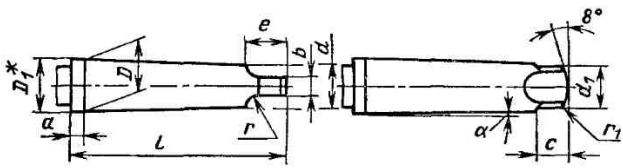



Размеры, мм

| Конус Морзе | $D$ | $d$ | $l$ | $l_1$ | $k$ | $h$ | $d_1$ | α |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 9,045 | 6,7 | 52 | 49 | 15 | 3,9 | — | 1°29′27″ |
| 1 | 12,065 | 9,7 | 56 | 52 | 19 | 5,2 | 7,0 | 1°25′43″ |
| 2 | 17,780 | 14,9 | 67 | 62 | 22 | 6,3 | 11,5 | 1°25′50″ |
| 3 | 23,825 | 20,2 | 84 | 78 | 27 | 7,9 | 14,0 | 1°26′16″ |
| 4 | 31,267 | 26,5 | 107 | 98 | 32 | 11,9 | 18,0 | 1°29′15″ |
| 5 | 44,399 | 38,2 | 135 | 125 | 38 | 15,9 | 23,0 | 1°30′26″ |
| 6 | 63,348 | 54,6 | 188 | 177 | 47 | 19,0 | 27,0 | 1°29′36″ |

Примечание. Размер $d_1$ — рекомендуемый.

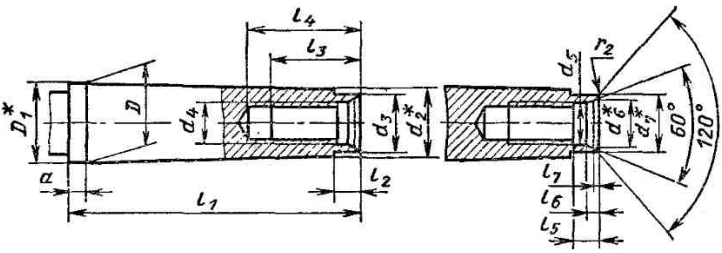
## 3. Наружные конусы Морзе с лапкой




Размеры, мм

| Конус Морзе | $D$ | $D_1^*$ | α | $d$ | $d_1$ | $l$ | $a$ | $b$ | $e$ | $c$ | $r$ | $r_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 9,045 | 9,2 | 1°29′27″ | 6,1 | 6,0 | 59,5 | 3,0 | 3,9 | 10,5 | 6,5 | 4 | 1,0 |
| 1 | 12,065 | 12,2 | 1°25′43″ | 9,0 | 8,7 | 65,5 | 3,5 | 5,2 | 13,5 | 8,5 | 5 | 1,2 |
| 2 | 17,780 | 18,0 | 1°25′50″ | 14,0 | 13,5 | 80,0 | 5,0 | 6,3 | 16,0 | 10,0 | 6 | 1,6 |
| 3 | 23,825 | 24,1 | 1°26′16″ | 19,1 | 18,5 | 99,0 | 5,0 | 7,9 | 20,0 | 13,0 | 7 | 2,0 |
| 4 | 31,267 | 31,6 | 1°29′15″ | 25,2 | 24,5 | 124,0 | 6,5 | 11,9 | 24,0 | 16,0 | 8 | 2,5 |
| 5 | 44,399 | 44,7 | 1°30′26″ | 36,5 | 35,7 | 156,0 | 6,5 | 15,9 | 29,0 | 19,0 | 10 | 3,0 |
| 6 | 63,348 | 63,8 | 1°29′36″ | 52,4 | 51,0 | 218,0 | 8,0 | 19,0 | 40,0 | 27,0 | 13 | 4,0 |

## 4. Наружные конусы Морзе с резьбовым отверстием




Размеры, мм

| Конус Морзе | $d^*_2$ | $d_3$ | $d_4$ | $d_5$ | $d^*_6$ | $d^*_7$ | $l_1$ | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $l_5$ | $l_6$ | $l_7$ | $r_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 6,4 | – | – | – | – | – | 53 | 4 | – | – | – | – | | |
| 1 | 9,4 | 9,0 | M6 | 6,4 | 8,0 | 8,5 | 57 | 5 | 6 | 24 | 3,5 | 1,53 | – | 0,2 |
| 2 | 14,6 | 14,0 | M10 | 10,5 | 12,5 | 13,2 | 69 | | 24 | 32 | 4,5 | 1,90 | | |
| 3 | 19,8 | 19,0 | M12 | 13,0 | 15,0 | 17,0 | 86 | 7 | 28 | 37 | 6,0 | 2,30 | 0,6 | 0,6 |
| 4 | 25,9 | 25,0 | M16 | 17,0 | 20,0 | 22,0 | 109 | 9 | 32 | 42 | 8,0 | 3,20 | | 1,0 |
| 5 | 37,6 | 35,7 | M20 | 21,0 | 26,0 | 30,0 | 136 | 10 | 40 | 53 | 10,0 | 5,50 | 1,1 | 2,5 |
| 6 | 53,9 | 51,0 | M24 | 25,0 | 31,0 | 36,0 | 190 | 16 | 50 | 65 | 11,0 | 6,60 | 1,4 | 4,0 |

Примечания. 1. Значения $D$ и $D^*_1$ – см. в табл. 3.
2. Размеры $D^*_1$, $d^*_2$, $d^*_6$, $d^*_7$, $a$ – для справок.

## 5. Углы уклона конусов с нормальной конусностью

| Конусность | Угол уклона конуса | | Конусность | Угол уклона конуса | |
|---|---|---|---|---|---|
| | расчетный | приближенный | | расчетный | приближенный |
| 1:200 | 0°8′36″ | 1/8° | 1:7 | 4°5′8″ | 4° |
| 1:100 | 0°17′11″ | 1/4° | 1:5 | 5°42′38″ | 53/4° |
| 1:50 | 0°34′23″ | 1/2° | 7:24 | 8°17′50″ | – |
| 1:30 | 0°57′17″ | 1° | 1:3 | 9°27′44″ | 91/2° |
| 1:20 | 1°25′56″ | 11/2° | 1:1,866 | 15° | – |
| 1:15 | 1°54′33″ | 2° | 1:1,207 | 22°30″ | – |
| 1:12 | 2°23′39″ | 21/2° | 1:0,866 | 30° | – |
| 1:10 | 2°51′45″ | 23/4° | 1:0,652 | 37°30′ | – |
| 1:8 | 3°34′35″ | 31/2° | 1:0,500 | 45° | – |

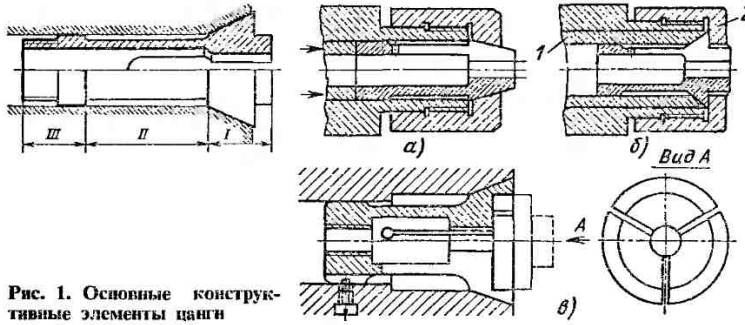



**Рис. 1. Основные конструктивные элементы цанги**

**Рис. 2. Конструкции цанговых устройств:**
*а* – цанга выталкивается в центрирующий корпус; *б* – положение цанги постоянно в момент зажима: *1* – стакан; *2* – колпак; *в* – цанга втягивается в конусное отверстие втулки

в точно центрованное конусное отверстие втулки, установленной в шпинделе станка (рис. 2, *в*); при этом разрезная часть цанги стягивается и закрепляет заготовку; недостаток таких устройств – осевое перемещение цанги вместе с заготовкой в направлении от упора, вызывающее погрешности размеров по длине обрабатываемой заготовки.

Выбор материала для изготовления цанг и способ их термической обработки должны обеспечить достаточно высокое сопротивление изнашиванию рабочей поверхности цанги и упругие пружинные свойства лепестков. Цанги небольших размеров с тонкими стенками изготовляют из сталей углеродистых У7А – У12А или из легированных 4ХС, 9ХС, 18ХГТ,65Г; крупные цанги часто изготовляют из цементируемых сталей 12ХН3А или 15ХА. Рабочую часть цанги, подвергающуюся истиранию, закаливают в зависимости от марки стали до $HRC_э$ 56 – 61, а пружинную часть – до $HRC_э$ 36,5 – 41,5.

*Цанговый патрон с несмещающейся цангой* позволяет осуществлять закрепление заготовок без остановки шпинделя токарного станка и предотвращать перемещение цанги в осевом направлении, а следовательно, и обрабатываемой заготовки. Патрон (рис. 3, *а*) состоит из корпуса с конусом Морзе, посредством которого он фиксируется в шпинделе токарного станка, цанги *6*, накидной гайки фланца *2*, резьбового кольца, планки, двух упорных подшипников, рукоятки, втулки и распорной скобы с винтом. Планка закреплена на фланце винтами.

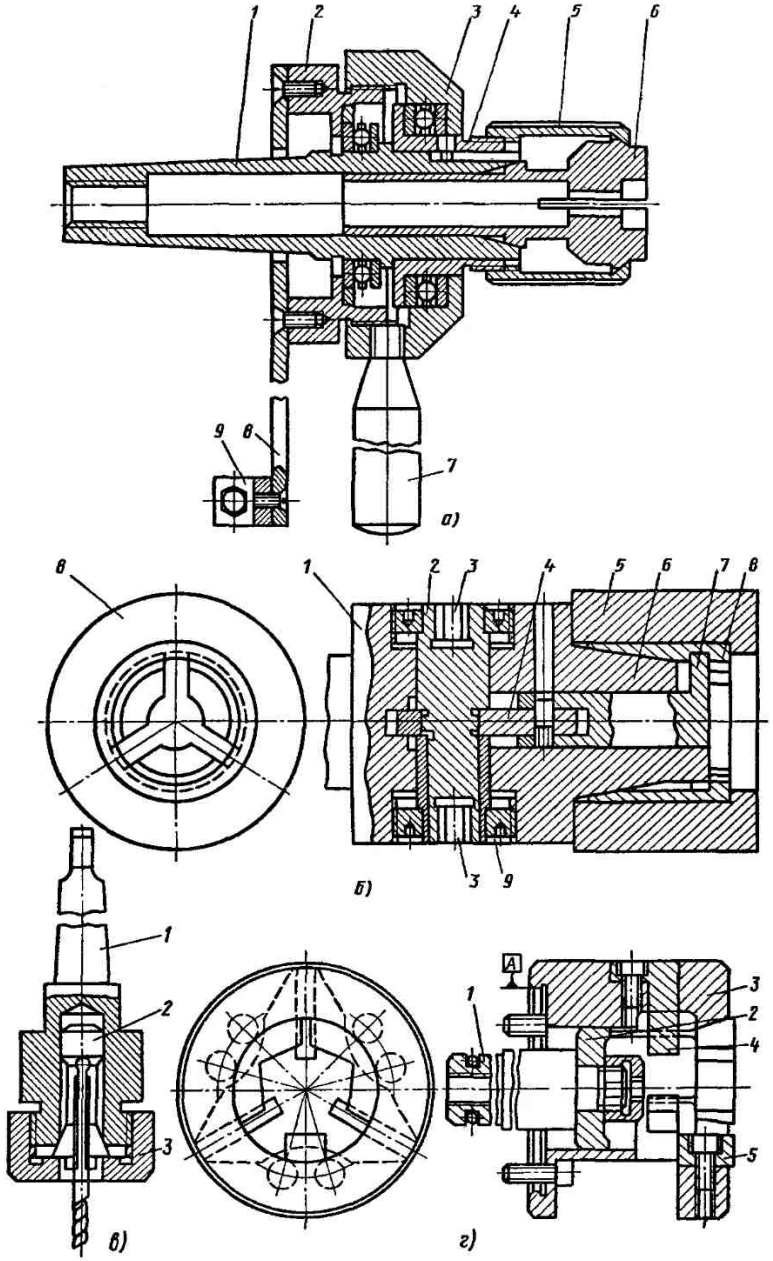

1
2
3
4
5
6
9
8
7
а)
8
1
2
3
4
5
6
7
8
3
9
б)
1
2
3
в)
А
1
3
2
4
5
г)

**Рис. 3. Цанговый патрон:**
*а* – с несмещающейся цангой: *1* – корпус; *2* – фланец; *3* – накидная гайка; *4* – втулка; *5* – резьбовое кольцо; *б* – цанга; *7* – рукоятка; *8* – планка; *9* – скоба; *б* – для закрепления заготовок типа втулок: *1* – корпус; *2* – валик; *3* – гнезда под ключ; *4* – тяга; *5* – обрабатываемая заготовка; *б* – конус; *7* – шток с выступами; *8* – цанга; *9* – втулка; *в* – сверлильный: *1* – корпус; *2* – цанга; *3* – гайка; *г* – для закрепления заготовок сложной нецилиндрической формы: *1* – тяга; *2* – цанга; *3* – корпус; *4* – упор; *5* – неподвижный кулачок

←

Особенность конструкции патрона заключается в том, что цанга имеет два конусных участка. Один такой участок устанавливается в конусное отверстие корпуса, другой, расположенный на разрезной части, служит для сжатия цанги резьбовым кольцом. При вращении шпинделя корпус с цангой и заготовкой также вращаются, а фланец с накидной гайкой остаются неподвижными.

В патроне можно использовать как термообработанные цанги, так и цанги, не подвергнутые термообработке. Последние можно растачивать под диаметр обрабатываемой заготовки. Наличие в корпусе резьбового отверстия позволяет устанавливать упоры, что расширяет технологические возможности патрона.

Цанговый патрон для закрепления на токарном станке заготовок типа втулок с базированием на отверстие состоит из корпуса (рис. 3,*б*) с коническим хвостовиком. В цилиндрической части корпуса размещен механизм зажима детали и конус. В радиальном сквозном отверстии корпуса установлен валик с двумя шестигранными отверстиями, эксцентричным пояском и двумя цилиндрическими центрирующими шейками. На эксцентричный поясок надета тяга, соединенная винтом со штоком, на торце которого имеются три выступа, связывающие тягу со сменной цангой *8*. Цанга имеет три продольных паза и кольцевую канавку. Чтобы надеть цангу, необходимо совместить канавки с выступами штока, дослать ее до упора выступов в торец кольцевой канавки и повернуть примерно на 30° в любую сторону. Но перед этим валик надо поворачивать до тех пор, пока шток не займет крайнее правое положение.

Заготовку надевают на цангу и поворачивают валик до отказа с определенной силой. Эксцентричный поясок, расположенный на валике *2*, переместит тягу, шток и связанную с ним цангу влево; произойдет зажим заготовки. С целью обеспечения сборки на валик с одной стороны надета втулка.

*Цанговые сверлильные патроны* обычно используют для закрепления сверл с цилиндрическим хвостовиком малого диаметра (рис. 3, *в*). Цанга расположена в отверстии корпуса и конусом сопряжена с конусной фаской отверстия. При завинчивании гайки торец ее смещает цангу, которая под действием конусной фаски отверстия корпуса сжимается и закрепляет инструмент, вставленный в цангу. При отвинчивании гайки цанга, упруго деформируясь, разжимается и освобождает инструмент. Для надежности работы патрона угол конуса цанги делают несколько большим (на 1 – 1,5°) угла конуса отверстия в корпусе.

Цанговые патроны надежно закрепляют инструмент и хорошо его центрируют при условии, если диаметр хвостовика инструмента соответствует отверстию цанги. Поэтому для крепления в цанговом патроне инструментов с разными диаметрами хвостовиков к патрону придается набор цанг, обычно с интервалом диаметров 0,1 мм.

Быстрый зажим деталей сложной нецилиндрической формы и их хорошее центрирование при обточке, расточке и подрезке на высокопроизводительных полуавтоматах достигается применением цангового патрона (рис. 3, *г*). На станок патрон устанавливается по базовому отверстию *А* и закрепляется шестью винтами. Заготовка в патроне базируется по диаметру на неподвижном кулачке, а по торцу – до упора и зажимается двухлепестковой цангой *2*, которая перемещается в конусе корпуса *3*. Движение цанги передается через тягу от пневмоцилиндра станка. Благодаря особому профилю лепестков цанги достигается хорошее центрирование и зажим заготовки. Сменный опорный кулачок позволяет обеспечить настройку патрона на размер *Н* в диапазоне 20 – 30 мм, а сменный упор – настройку патрона для зажима заготовки на длину в диапазоне 12 мм.

## СВЕРЛИЛЬНЫЕ ПАТРОНЫ

Самоцентрирующие сверлильные патроны являются более универсальным и быстродействующим вспомогательным инструментом по сравнению с цанговым зажимом; они позволяют производить жесткое закрепление инструмента с широким диапазоном размеров. Такая универсальность обеспечивается подвижностью закрепляющих элементов патрона, которые с помощью специального механизма могут перемещаться одновременно и на одинаковое расстояние. Имеется

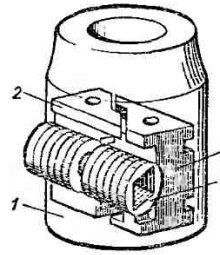



**Рис. 4. Сверлильный двухкулачковый патрон**

несколько конструктивных разновидностей самоцентрирующих патронов.

Двух- и трехкулачковые сверлильные патроны, в которых инструмент закрепляют при помощи ключа, получили широкое распространение. В двухкулачковом патроне (рис. 4) призматические кулачки *2* и *3*, смонтированные в корпусе *1*, перемещаются с помощью винта *4* с правой и левой резьбой. Винт имеет квадратное отверстие под ключ; резьбовые витки винта входят в резьбовые углубления кулачков. При вращении винта кулачки расходятся или сближаются, что позволяет закрепить или освободить инструмент.

*Сверлильный трехкулачковый патрон* (рис. 5) состоит из корпуса *2*, втулки *3*, кулачков *6* и разрезного кольца *4*. В верхней части кулачков нарезана резьба, сопрягающаяся с резьбой на кольце *4*. Кольцо запрессовано во втулке *3*, которую при закреплении сверла вначале вращают вручную, а затем ключом *5*. На конце ключа *5* имеется зубчатое колесо, которое входит в зацепление с зубьями на торце втулки. При повороте ключа поворачивается втулка вместе с кольцом. Кольцо навинчивается на кулачки, размещенные в трех наклонных пазах. Оси пазов сходятся в одной точке; при перемещении кулачков концы их сближаются, центрируют и зажимают сверло. Чтобы освободить сверло, втулку следует повернуть в обратном направле-

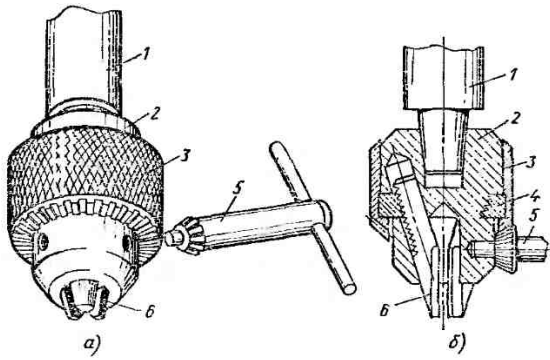



**Рис. 5. Общий вид *(а)* и схема *(б)* сверлильного трехкулачкового патрона**

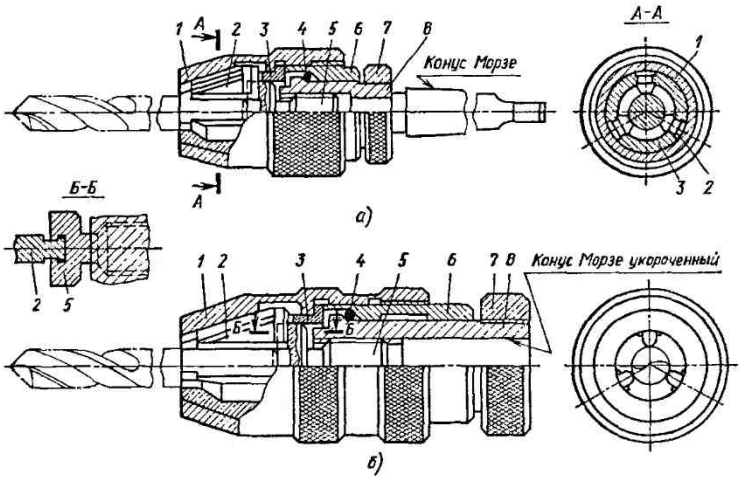



**Рис. 6. Бесключевые сверлильные трехкулачковые патроны с конусом Морзе *(а)* и с внутренним укороченным конусом Морзе *(б)*:**
*1* – корпус; *2* – кулачки; *3* – обойма; *4* – шарики; *5* – винт; *6* и *8* – втулки; *7* – кольцо

нии. Для установки в пиноли задней бабки станка патроны снабжены коническими хвостовиками *1*.

Основные размеры трехкулачковых патронов с ключом приведены в ГОСТ 8522–79. Согласно этому стандарту патроны подразделяются на шесть типоразмеров и позволяют закреплять инструмент с диаметром хвостовиков 0,5–16,0 мм.

*Сверлильные трехкулачковые бесключевые патроны* предназначены для закрепления сверл и других инструментов с диаметром хвостовика 2–12 мм. Патроны, позволяющие крепить инструмент рукой (без ключа), хорошо центрируют инструмент и надежно его удерживают при работе. Патрон может иметь хвостовик с конусом Морзе (рис. 6, *а*) или может быть выполнен с внутренним укороченным конусом Морзе (рис. 6, *б*).

Корпус *1* патрона имеет на наружной поверхности сетчатую накатку. Внутрь корпуса вставлена и втулкой закреплена обойма *3*, в трех пазах которой под углом 120° размещены кулачки *2*. Своими Т-образными торцами кулачки *2* вставлены в Т-образные радиальные пазы головки винта *5*. Винт связан с втулкой *8* левой резьбой. При вращении рукой корпуса *1* по часовой стрелке вместе с ним вращается обойма *3* с кулачками, находящимися в пазах обоймы. Кулачки своими торцами пере-

дают вращение на винт *5*, который вывинчивается из втулки *8* и смещает кулачки в осевом направлении. Скользя по внутренней конической поверхности корпуса, кулачки сближаются и закрепляют инструмент.

При работе винт *5* под действием крутящего момента от сил резания стремится вывернуться из втулки *8*, что увеличивает силы, закрепляющие инструмент, а следовательно, и надежность его крепления. Чтобы уменьшить силы трения при закреплении или раскреплении инструмента, между буртами втулок *8* и *6* размещены шарики.

Для смены инструмента корпус поворачивается против часовой стрелки, при этом винт *5* ввинчивается во втулку *8* и Т-образными пазами головки тянет кулачки. Скользя заплечиками по пазам обоймы *3*, кулачки размыкаются и освобождают инструмент. Кольцо *7*, запрессованное на конце втулки *8*, позволяет удерживать патрон при закреплении и раскреплении инструмента, а также предохраняет патрон от повреждений.

Патроны сверлильные трехкулачковые бесключевые (ГОСТ 15935 – 79*) подразделяются на шесть типоразмеров, позволяющих осуществлять крепление инструмента с диаметром хвостовика 0,2 – 16,0 мм. Патроны имеют укороченный конус Морзе под хвостовик.

*Трехкулачковый самоцентрирующий сверлильно-фрезерный патрон* «Спутник» (рис. 7) состоит из корпуса *1*, в головке которого имеются три сквозных наклонных к оси патрона отверстия, расположенных относительно друг друга под углом 120° по окружности. На части наружной цилиндрической поверхности корпуса нарезана левая трапецеидальная резьба. Внутри корпуса имеется сквозное отверстие, в котором со стороны

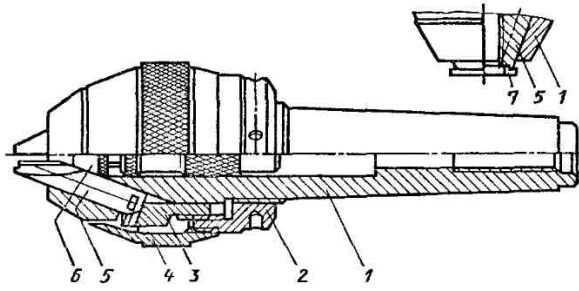



**Рис. 7. Сверлильно-фрезерный патрон «Спутник»**

хвостовика по оси патрона нарезана резьба, а со стороны головки установлен регулировочный упор *6*, позволяющий точно фиксировать инструмент по оси. В случае необходимости упор можно извлечь из патрона и использовать сквозное отверстие для закрепления удлиненного двустороннего инструмента или пруткового материала.

При закреплении инструмент вводят внутрь патрона до касания регулировочного упора *6* и вращают гайку *2* по часовой стрелке. Гайка *2*, имеющая три резьбы разного шага, профиля и направления, одной из них (левой трапецеидальной) навертывается на корпус *1* патрона, а другой (правой метрической) свертывается со втулки *3*, от чего последняя получает осевое перемещение по наружной цилиндрической поверхности корпуса. Втулка *3* помимо наружной резьбы имеет на торце наклонные, сквозные, расположенные относительно друг друга под углом 120° Т-образные пазы, которыми при закреплении создается осевое перемещение кулачков *5* в сквозных наклонных к оси патрона отверстиях корпуса *1*. Жесткое закрепление инструмента и его освобождение осуществляют накидным ключом. Этим же ключом может производиться извлечение самого патрона из пиноли задней бабки, переходной втулки или шпинделя станка. Для этого между торцами патронов и гайки *2* устанавливают разрезную шайбу и, устраняя зазор вращением гайки против часовой стрелки вначале вручную, а затем ключом, производят съем патрона. Кожух *4* навертывают на третью наружную резьбу гайки *2* с целью предохранения патрона от засорения и ограничения расхождения кулачков *5*.

В кулачках патрона «Спутник» имеются специальные заточки, в которые можно установить кольцо *7* для расшлифовки рабочих поверхностей кулачков в случае преждевременной потери точности центрирования.

*Патрон «Восход»* (рис. 8) состоит из пустотелого корпуса *1*, на головке которого имеются левая метрическая резьба и три сквозных, наклонных к оси патрона цилиндрических отверстия, расположенных относительно друг друга под углом 120°. Внутри корпуса со стороны головки размещен регулировочный упор *6*, а со стороны хвостовика нарезана резьба, в которую ввернут винт *7*, выполняющий роль лапки. На наружной цилиндрической поверхности корпуса *1* установлена втулка *4*, имеющая на торце наклонные, сквозные, расположенные относительно друг друга под углом 120° Т-образные пазы. При на-

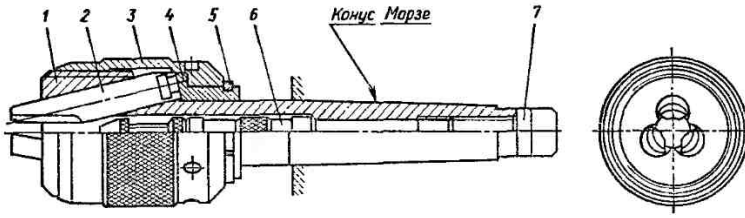



**Рис. 8. Кулачковый патрон «Восход»**

вертывании на головку корпуса *1* кожуха *3* пазы упираются в торец кулачков *2*, сообщая им перемещение в наклонных к оси патрона отверстиях корпуса *1*. Чтобы освободить закрепленный инструмент, необходимо накидным ключом повернуть кожух *3* против часовой стрелки до упора в запорное кольцо *5*, которое потянет втулку *4* назад и разведет кулачки *2*.

При закреплении пруткового материала необходимо вывернуть винт и извлечь из корпуса регулируемый упор. Быстросменные патроны позволяют быстро заменять инструмент или промежуточный элемент с закрепленным в нем инструментом.

Для закрепления переходных втулок с инструментом применяется патрон «Мечта» (рис. 9) В корпус патрона переходная втулка вводится так, чтобы наклонная выточка на втулке оказалась со стороны толкателя *5*, расположенного в наклонном отверстии корпуса патрона. При вращении гайки *4* по часовой стрелке толкатель *5* попадает в наклонную выточку втулки *2* и перемещает ее вдоль оси, затягивая инструмент в корпус патрона. Окончательное закрепление осуществляется ключом.

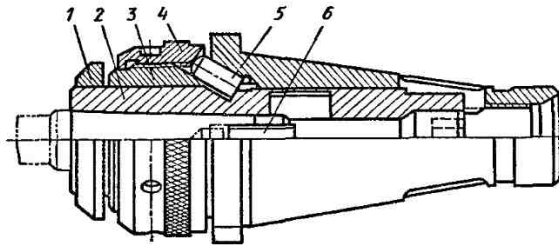



**Рис. 9. Универсальный патрон «Мечта»:**
*1* – кольцо; *2* – переходная втулка; *3* – корпус; *4* – гайка; *5* – толкатель; *6* – винт

Извлекается инструмент из патрона при вращении гайки в обратную сторону. Гайка своим торцом давит на кольцо или бурт переходной втулки, сталкивая ее с мертвой точки. При этом раздается звуковой щелчок, сигнализирующий о приближении момента самопроизвольного выпадания инструмента из корпуса патрона.

В комплект патрона «Мечта» входит приспособление для безударного закрепления и извлечения инструмента из переходных втулок (рис. 10).

*Быстросменные патроны с ведущей шпилькой* (рис. 11, *в*) состоят из корпуса, выполненного заодно с хвостовиком. В цилиндрическом отверстии корпуса размещается сменная втулка *6* с гнездом под инструмент. Крутящий момент от корпуса патрона переходной втулке передается через два шарика *4*, находящихся в поперечных гнездах корпуса. Для замены втулки *6* с инструментом следует переместить обойму *3* до упора в пружинное кольцо *2*, заложенное в канавку корпуса. В таком положении (рис. 11, *б*) шарики под действием втулки *6* с инструментом переместятся в радиальном направлении до упора в край обоймы *3* и выйдут из углублений втулки. Втулка извлекается из патрона. Перемещение обоймы *3* в другую сторону ограничивается вторым пружинным кольпом *5*.

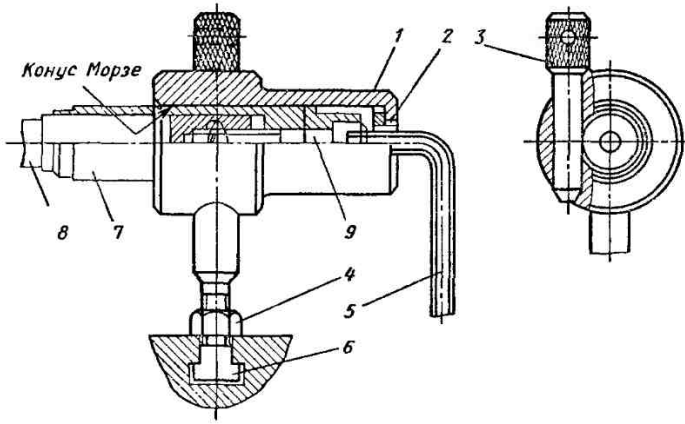



**Рис. 10. Приспособление для безударного закрепления и извлечения инструмента:** *1* – корпус; *2* – втулка; *3* – фиксатор; *4* – гайка; *5* – ключ; *6* – сухарь; *7* – втулка; *8* – инструмент; *9* – винт

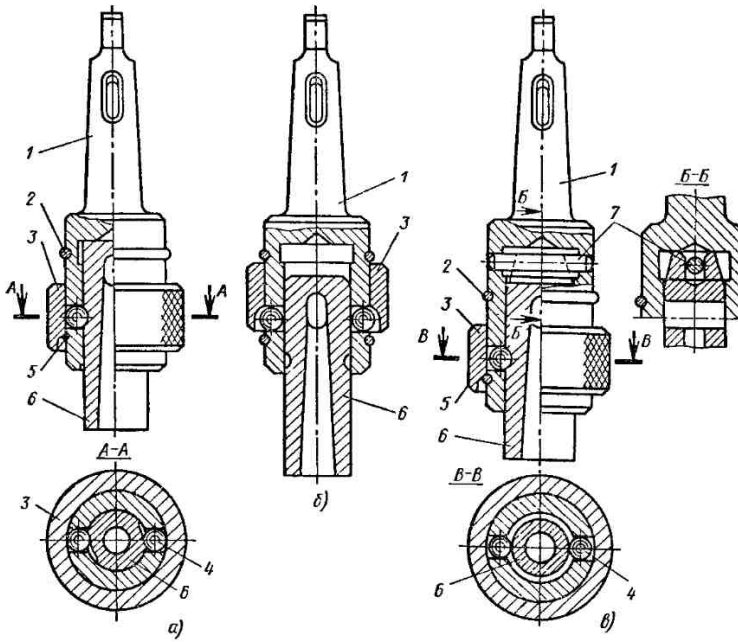


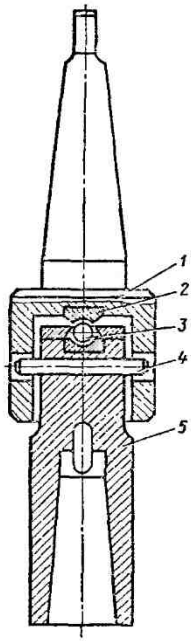

**Рис. 11. Быстросменные патроны:**
*а* – с ведущими шариками; *б* – без инструмента; *в* – с ведущей шпилькой; *1* – корпус с хвостовиком; *2*, *5* – пружинные кольца; *3* – обойма; *4* – шарики; *6* – втулка; *7* – шпилька

Быстросменные патроны с ведущей шпилькой (рис. 11, *в*) позволяют передавать крутящие моменты значительно большие, чем патроны с ведущим шариком. Шпилька в патронах служит поводком для сменных втулок, в которых имеется соответствующий открытый паз на конце. Шарики в патроне лишь удерживают втулку от выпадания, а крутящий момент не передают, поэтому на втулках делается кольцевая канавка, а не углубление.

К каждому быстросменному патрону придается комплект сменных втулок (вставок) с гнездами под различный инструмент.

## ПАТРОНЫ ДЛЯ РАЗВЕРТОК И МЕТЧИКОВ

Жесткое закрепление осевого инструмента (зенкеров и разверток) не всегда обеспечивает получение точных размеров отверстий. Одна из причин такого явления – несоосность обра-



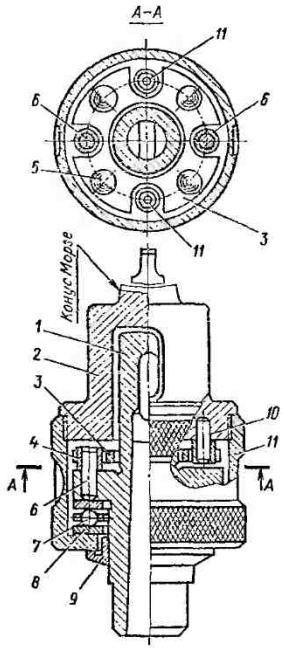




**Рис. 12. Качающийся патрон**

**Рис. 13. Плавающий патрон:**
*1* – корпус; *2* – хвостовик; *3* – поводковое кольцо; *4* – втулка; *5*, *7* – шарики; *6*, *10* – штифты; *8* – кольцо; *9* – предохранительная втулка; *11* – гайка

батываемого отверстия и жестко закрепленного инструмента.

Самоустанавливающиеся патроны обеспечивают возможность перемещения инструмента при работе с целью достижения соосности инструмента и обрабатываемого отверстия. Для этой цели имеются три вида патронов: качающиеся, позволяющие инструменту устанавливаться под некоторым углом к оси шпинделя; плавающие, которые обеспечивают перемещение инструмента в направлении, перпендикулярном к его оси, и самоустановку в отверстии; качающиеся и плавающие, которые обеспечивают инструменту и угловые смещения и перемещения в направлении, перпендикулярном к оси шпинделя станка.

Качающийся патрон для разверток (рис. 12) состоит из корпуса *1*, в отверстии которого на штифте *4* с некоторым зазо-

ром установлена втулка *5* с коническим отверстием под хвостовик развертки. Шарик *3* и подпятник *2* образуют осевую опору втулки *5*. При работе втулка может качаться в пределах имеющегося зазора, обеспечивая поворот развертки на некоторый угол относительно оси шпинделя и, следовательно, некоторое смещение оси развертки относительно оси обрабатываемого отверстия. Патрон прост по конструкции, но при его использовании развертка работает с перекосом, что ухудшает качество поверхности обрабатываемого отверстия.

Плавающие патроны обеспечивают свободное совмещение оси инструмента с осью обрабатываемого отверстия без перекоса инструмента. Плавающий патрон с коническим хвостовиком (рис. 13) состоит из корпуса *1* с коническим отверстием под хвостовик инструмента. Во фланце корпуса запрессованы два штифта *6*, на которые надеты втулки *4*. Такие же два штифта *10* запрессованы в двух диаметрально противоположных отверстиях торца хвостовика *2*; на штифтах *10* также находятся втулки. Между фланцем корпуса и торцом хвостовика расположено поводковое кольцо *3*, в четырех гнездах которого размещены шарики *5*, передающие осевую силу инструмента через фланец хвостовика. В поводковом кольце имеются четыре паза, в которые входят втулки штифтов *6* и *10*. Таким образом, при работе патрона крутящий момент от хвостовика *2* к корпусу *1* передается через штифты *10*, поводковое кольцо *3* и штифты *6*.

Поджим фланца корпуса к торцу хвостовика осуществляется гайкой *11*, соединенной с хвостовиком резьбой. Между гайкой и фланцем корпуса для уменьшения трения установлены шарики *7*, находящиеся в сепараторе между двумя кольцами *8*. Втулка *9* на корпусе предохраняет патрон от загрязнений. Конструкция патрона исключает перекос инструмента при работе и допускает смещение («плавание») до 1,5 мм корпуса *1* с инструментом в плоскости, перпендикулярной к оси вращения.

От способа крепления метчика на станке во многом зависит качество нарезаемой резьбы. Конструкцию патрона для закрепления метчика выбирают, исходя из условий работы, применяемого оборудования, вида заготовки, способа нарезания резьбы. Разновидности патронов для жесткого крепления метчиков представлены на рис. 14.

Определенные трудности возникают при нарезании резьб в глухих отверстиях или в заготовках из труднообрабаты-

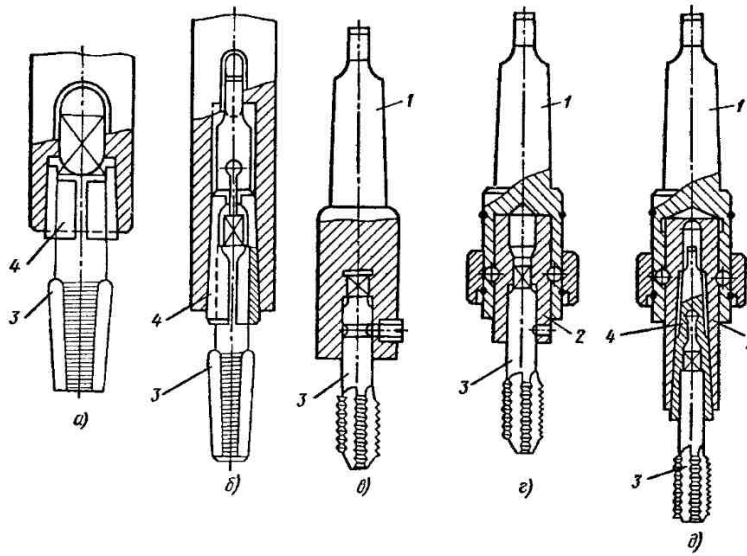



**Рис. 14. Типы жесткого крепления метчиков в патроне:**
*а, б* – с помощью разрезных втулок; *в* – непосредственно в патроне; *г, д* – в быстросменном патроне; *1* – хвостовик; *2* – втулка переходная; *3* – метчик; *4* – втулка разрезная

ваемых материалов, когда существует реальная опасность перегрузки и поломки метчика из-за его упора в дно нарезаемого отверстия, затупления или защемления стружкой и т. п. В этих случаях обычно применяют предохранительные самовыключающиеся патроны, настроенные на определенный крутящий момент. Такие патроны автоматически выключаются, если момент сил сопротивления превышает заданный крутящий момент.

Жесткое крепление метчиков выполняют обычно в тех случаях, когда с одного установа сверлят отверстие и затем нарезают в нем резьбу.

*Предохранительные патроны* автоматически ограничивают крутящий момент, возникающий в процессе резания, предохраняя метчик от поломки. Обычно предохранительные патроны настраивают на передачу момента, превышающего момент резания на 5%. Настройку выполняют с помощью динамометрических устройств. Крутящий момент резания определяется по формулам или по таблицам.

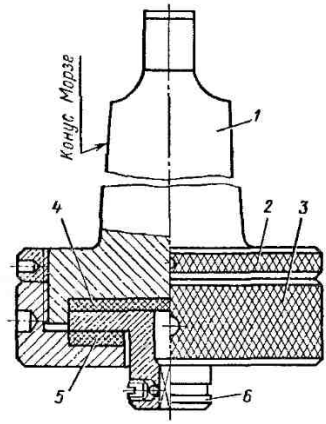



Рис. 15. Предохранительный фрикционный патрон

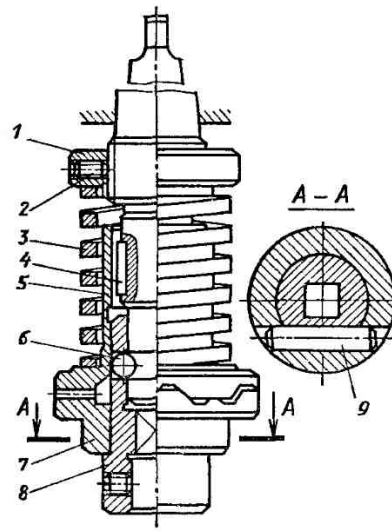



**Рис. 16. Пружинно-кулачковый предохранительный патрон:**
*1* – гайка; *2* – винт; *3* – пружина; *4* – шпонка; *5* – верхняя полумуфта; *6* – шарики; *7* – нижняя полумуфта; *8* – втулка; *9* – штифт

Предохранительный фрикционный патрон (рис. 15) состоит из корпуса *1*, в котором между двумя фрикционными дисками *4* и *5* при помощи гайки *3* крепится фланец втулки *6*. Контргайкой *2* фиксируется положение нажимной гайки *3*. Втулка берется соответственно диаметру метчика, который устанавливается в гнезде втулки и крепится винтом. Превышение момента резания на метчике приведет к проворачиванию втулки *6*. При замене втулки требуется настройка патрона на нужный крутящий момент.

*Пружинно-кулачковый предохранительный патрон* (рис. 16) предназначен для нарезания резьб в глухих отверстиях. Патрон имеет хвостовик, на нижней части которого расположена втулка с гнездом для установки метчика, стопорящегося винтом. Три шарика *6*, находясь в гнездах втулки, входят в кольцевую канавку хвостовика и фиксируют положение втулки в осевом направлении. Штифтом на втулке закреплена нижняя полумуфта *7*, которая своими кулачками сцеплена с верхней полумуфтой *5*. На верхнюю полумуфту, установленную в средней части

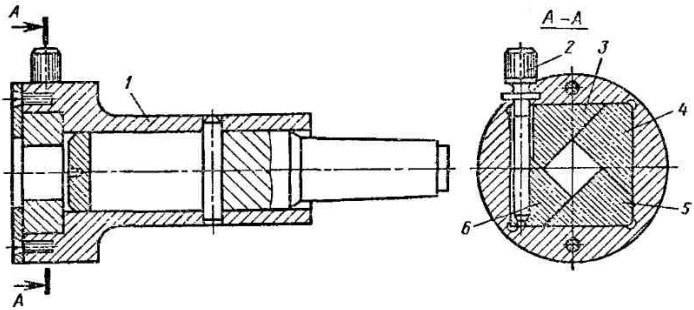



**Рис. 17. Самоцентрирующий патрон**

хвостовика на шпонке, действует сила, обусловленная натяжением пружины, которое создается гайкой *1*.

В процессе работы, когда возникает момент резания, превышающий установленный на муфте, метчик перестает вращаться, так как вращение от хвостовика на метчик передаваться не будет; торцовые кулачки верхней полумуфты будут проскальзывать по кулачкам нижней полумуфты, которая вместе со втулкой и метчиком останется неподвижной, что и предотвратит поломку метчика.

*Самоцентрирующий патрон* предназначен для закрепления метчиков со стороной квадрата державки до 12 мм. Регулируют отверстие по размеру и закрепляют метчик следующим образом. В квадратном отверстии корпуса *1* патрона (рис. 17) смонтированы четыре кулачка *3*–*6* и винт *2*, ввинченный в резьбовое отверстие одного из кулачков. Винт при вращении остается на месте, а кулачок *3* перемещается внутри квадрата корпуса вверх по винту. При перемещении кулачок *3* смещается вправо, и все кулачки симметрично сходятся к центру патрона. Таким образом, при закреплении метчика происходит самоцентрирование. Патрон закрепляют в пиноли задней бабки. При сборке винт вместе с кулачком вставляют в торец корпуса. При использовании описанного патрона обеспечивается возможность закрепления метчиков различных диаметров.

Поломка метчиков при нарезании резьбы как в глухих, так и сквозных отверстиях исключается при применении резьбонарезного патрона (рис. 18), который обеспечивает компенсацию шага резьбы, регулирование крутящего момента и реверсирование. Патрон состоит из корпуса со сменной втулкой. На

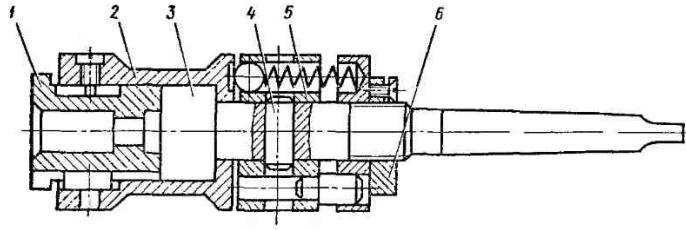



**Рис. 18. Резьбонарезной патрон:**
*1* – сменная втулка; *2* – корпус; *3* – оправка; *4* – штифт; *5* – направляющая втулка; *6* – натяжная гайка

оправке посредством штифта закреплена направляющая с подпружиненными шариками и натяжной гайкой.

*Плашкодержатель с автоматическим выключением подачи* (рис. 19) состоит из хвостовика, на левом конце которого посажен корпус, а на правом – втулка с запрессованными в ней пальцами *2*. Во втулку *3* завинчиваются винты *4*, концы которых заходят в отверстия муфты *5*. Внутри муфты *5* размещен упорный регулировочный винт *6*. Плашку закрепляют винтом в гнезде корпуса *1*. Сам плашкодержатель закрепляют в пиноли задней бабки станка.

В процессе нарезания резьбы конец заготовки выходит из плашки и своим торцом упирается в торец винта, заставляя его перемещаться внутри хвостовика. На винте *6* навинчена муфта *5*, сжимая пружину, она перемещается в том же направлении, что и винт *6*. В результате перемещения муфты *5* движе-

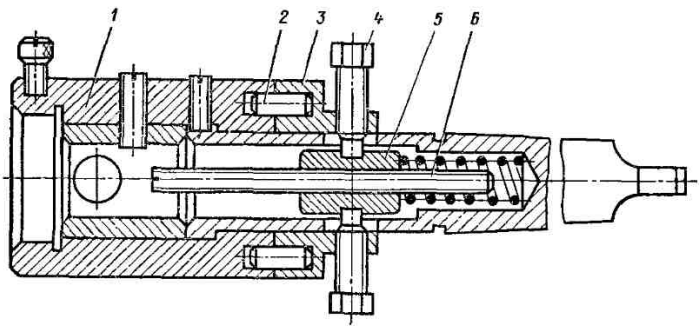



**Рис. 19. Плашкодержатель с автоматическим выключением**

ние через винты передается втулке, которая перемещается по наружной поверхности хвостовика до тех пор, пока пальцы *2* не выйдут из отверстий корпуса *1*. В этот момент корпус вместе с плашкой начинает вращаться. Затем переключают фрикцион на обратный ход, и плашка отводится. Регулируя винт, можно нарезать резьбу на заготовках разной длины.

Автоматическое прекращение подачи при нарезании резьбы на заданную длину плашками обеспечивается самовыключающимся плашкодержателем, показанным на рис. 20. Плашкодержатель с плашкой, расположенный в отверстии корпуса, после схода кулачков начинает вращаться вместе с заготовкой, и плашка уже не нарезает резьбу. Длина нарезания устанавливается разводом кулачков путем поворачивания маховичка пиноли задней бабки. Применение такого плашкодержателя исключает перекос плашки и повышает безопасность при резьбонарезании.

При применении плашкодержателя с винтовым пазом нет необходимости прилагать усилия к задней бабке для захвата заготовки плашкой. Такой плашкодержатель (рис. 21) состоит из корпуса *4*, снабженного винтовым пазом, подвижной втулки *2* со штифтом *3* и плашки *1*, закрепляемой винтом. В процессе работы втулка со штифтом *3*, взаимодействующим с винтовым пазом корпуса, перемещается в осевом направлении, в результате чего осуществляется самозатягивание плашки.

Приспособление для сверления глубоких отверстий, развертывания и нарезания резьбы плашками и метчиками (рис. 22) состоит из корпуса, который коническим хвостовиком устанавливается в пиноль задней бабки токарного станка. В отверстии корпуса *5* перемещается шток *2*, на одной стороне которого установлены сверлильный патрон *1* или головка *9*,

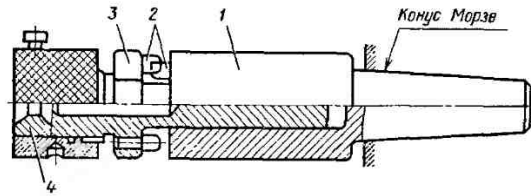



**Рис. 20. Самовыключающийся плашкодержатель:**
*1 – корпус; 2 – кулачки; 3 – плашкодержатель; 4 – плашка*

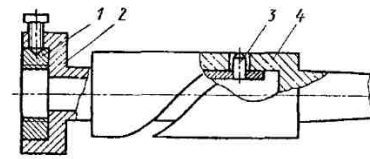



**Рис. 21. Плашкодержатель с винтовым пазом**

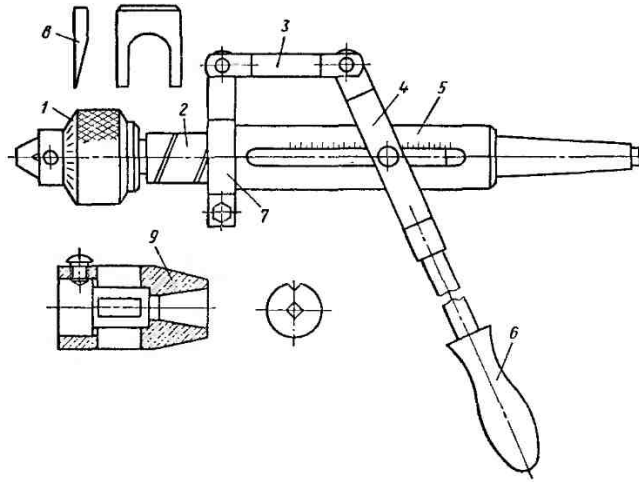



**Рис. 22. Приспособление для сверления глубоких отверстий и нарезания резьбы**

для крепления плашек, метчиков или разверток. Для снятия со штока патрона или головки имеется съемник *8*. Шток перемещается в осевом направлении при помощи рычага *6*, рамки *4*, тяги *3* и кронштейна *7*. Применение данного приспособления позволяет сократить вспомогательное время. При работе с метчиками или плашками исключается их увод, так как установка осуществляется строго по оси и без перекосов, что обеспечивает высокое качество резьбы.

## РЕЗЬБОНАРЕЗНЫЕ ГОЛОВКИ

По сравнению с монолитными резьбонарезными инструментами головки не требуют реверсирования (вывертывания), что наполовину сокращает время нарезания резьбы. Головки позволяют регулировать средний диаметр резьбы и допу-

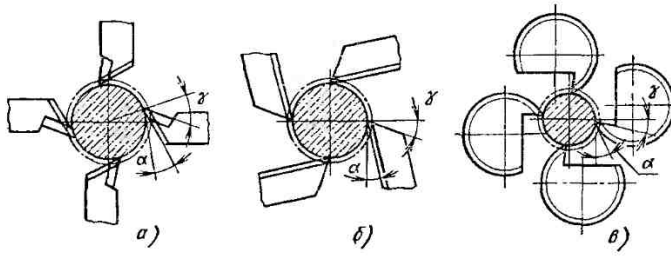



**Рис. 23. Резьбонарезные гребенки:**
*а* – радиальная; *б* – тангенциальная; *в* – круглая

скают установку в одном корпусе различных гребенок, что делает инструмент универсальным. По конструкции резьбонарезные головки делятся на вращающиеся, невращающиеся и универсальные. В них применяются радиальные, тангенциальные и круглые гребенки (рис. 23).

При нарезании наружной резьбы большое распространение получили головки с круглыми гребенками, так как они просты по конструкции, позволяют работать с бóльшим числом переточек и обладают большей стойкостью, чем радиальные и тангенциальные гребенки.

В приведенной на рис. 24 конструкции невращающейся винторезной головки нарезание наружной резьбы выполняют круглыми резьбонарезными гребенками с кольцевой нарезкой, которые выточкой устанавливаются на кулачках равномерно по окружности на равном расстоянии от центра и крепятся винтами.

Опорная поверхность кулачков обеспечивает угол наклона φ витков резьбонарезных гребенок *2*, а также смещение витков соседних гребенок на $1/z$ шага резьбы, где $z$ – число гребенок. Пружинами через штифты кулачки *4* прижимаются к обойме, которая посредством рукоятки может перемещаться вдоль корпуса *6*. Наладку резьбонарезных гребенок на размер производят или по годной готовой детали, или по проходному рабочему резьбовому калибру, которые устанавливают в рабочую зону. Вместе с кольцом *9* посредством штифта поворачивается корпус с кулачками, которые, перемещаясь по скошенным поверхностям *Г* обоймы, удаляются или приближаются к оси головки. Остановку процесса обработки резьбы, а также возврат резьбонарезных гребенок в исходное положение осуществляют поворотом рукоятки *12*.

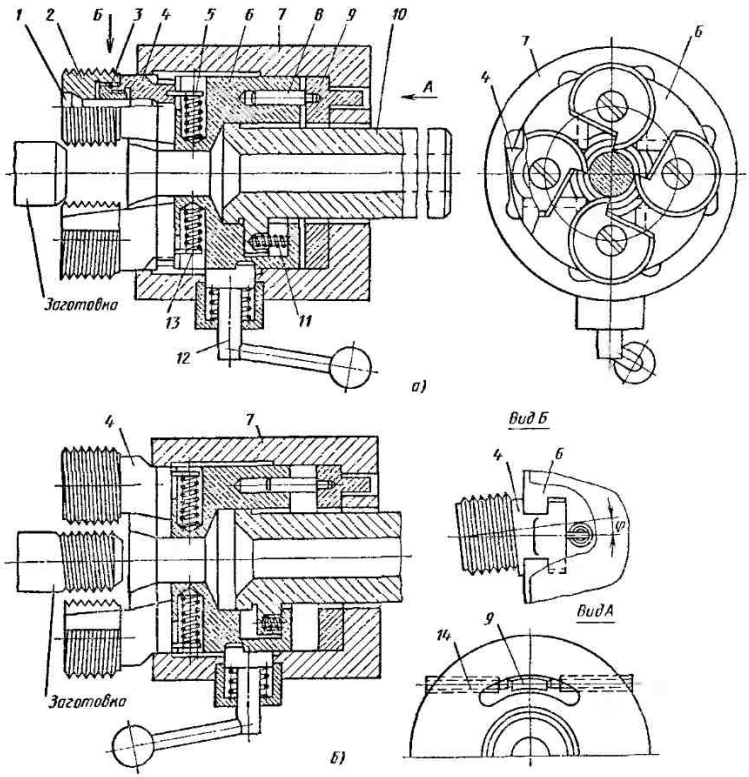



**Рис. 24. Невращающаяся винторезная головка для нарезания наружной резьбы в рабочем *(а)* положении и с открытыми гребенками *(б)*:**
*1* – крепежный винт; *2* – гребенки; *3* – фиксатор; *4* – кулачки; *5* – пружины; *6* – корпус; *7* – обойма; *8* – штифт; *9* – кольцо для изменения размера резьбы; *10* – хвостовик; *11* – пружина; *12* – рукоятка; *13* – штифты; *14* – винты

Внутреннюю резьбу чаще всего нарезают резьбонарезными головками с призматическими гребенками, режущие кромки которых равноудалены от оси корпуса и имеют заходной конус. Число гребенок в комплекте зависит от размера головки. Гребенки смещены относительно друг друга на угол, равный углу подъема винтовой линии нарезаемой резьбы.

Гребенки *2* (рис. 25) расположены в радиальных пазах корпуса резьбонарезной невращающейся головки, торец которого закрыт фланцем *1*. Гребенки могут перемещаться по конице-

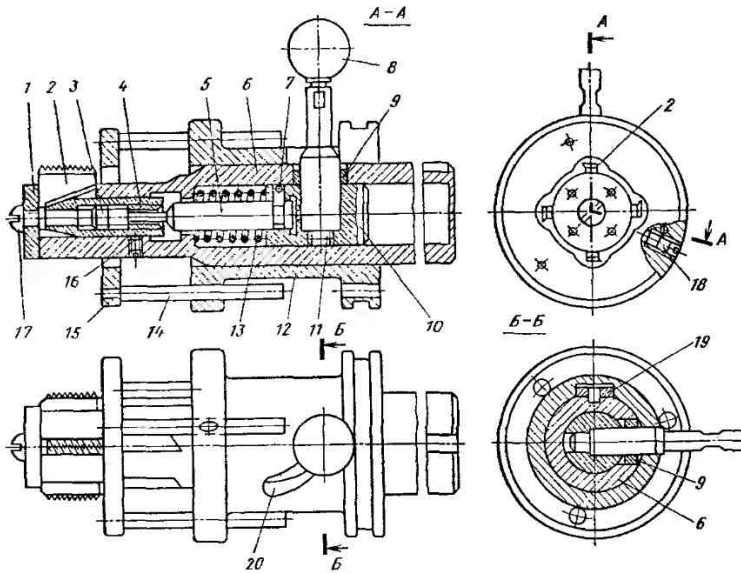



**Рис. 25. Невращающаяся головка для нарезания внутренней резьбы:**
*1* – фланец; *2* – гребенка; *3* – шлицевая часть тяги для наладки на размер; *4* – втулка; *5* – тяга; *6* – корпус; *7* – стопор; *8* – наконечник рукоятки; *9* – муфта; *10* – сердечник; *11* – рукоятка; *12* – корпус; *13* – пружина; *14* – стержень; *15* – кольцо для автоматического отключения; *16* и *18* – стопоры; *17* – стопор фланца; *19* – шпонка; *20* – фигурный паз муфты

ской части втулки *4*, в результате чего изменяется расстояние от оси головки до рабочей части гребенки. Втулка *4*, связанная с тягой, перемещается внутри корпуса *6* (вдоль оси) с сердечником *10* под действием пружины или от рукоятки *11* с шаровым наконечником *8*. Тяга *5* соединена с втулкой резьбой, а с сердечником – проточкой, в которую входит стопор *7*. Корпус *6* имеет паз, по которому перемещается рукоятка *11*.

Наладку на размер резьбонарезных гребенок осуществляют при снятых фланце *1* и стопоре *17*. В освободившееся отверстие на шлицы вставляют торцовый ключ, которым поворачивают тягу *5* внутри втулки *4*. Последняя удерживается от вращения стопором *16*, который входит в осевой паз. Вращая тягу *5*, можно выдвигать или убирать внутрь корпуса *6* коническую часть втулки *4*. При этом гребенки *2* или выдвигаются, увеличивая наружный диаметр резьбы, или сдвигаются к оси головки, уменьшая диаметр резьбы.

*Глава 7*

# ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Для закрепления заготовок на металлорежущих станках применяют различные типы приспособлений: механические, пневматические, гидравлические, электрические, вакуумные, магнитные.

В зависимости от вида производства станочные приспособления подразделяются на специальные, специализированные, универсальные, разборные, неразборные, одноместные, многоместные, групповые, немеханизированные, механизированные, автоматизированные и др.

## КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Согласно ГОСТ 14.305–73 переналаживаемые станочные приспособления подразделяются на несколько систем, совокупность которых представляет единый комплекс приспособлений, применяемых во всех типах производства.

*Система стандартных универсальных безналадочных приспособлений (УБП)* характеризуется применением универсальных регулируемых приспособлений, не требующих использования сменных установочных и зажимных наладок. Переналадка таких приспособлений осуществляется регулированием подвижных элементов. Система УБП включает комплексы универсальных приспособлений, входящих в комплект оснастки, которая поставляется предприятиям-потребителям вместе со станком. Приспособления системы УБП предназначены для базирования и закрепления широкой номенклатуры заготовок различной формы в условиях единичного и мелкосерийного производства.

*Система стандартных универсальных наладочных приспособлений* (*УНП*) характеризуется разделением элементов приспособлений на базовые и сменные. Базовые элементы – постоянная часть приспособлений; их изготовляют заранее по соответствующим стандартам. Сменные установочные и зажимные элементы наладки применяются как универсальные, которые изготовляют заранее, так и специальные, изготовляемые заводом-потребителем по мере необходимости. Пере-

наладка таких приспособлений для установки и закрепления различных заготовок осуществляется путем замены сменных наладок. При смене объекта производства базовая постоянная часть приспособления используется многократно. Проектированию и изготовлению подлежат лишь наиболее простые и недорогие сменные части – специальные наладки.

УНП содержит комплексы токарных и других приспособлений с универсальными базовыми поверхностями, предназначенными для базирования сменных наладок. Приспособления системы УНП предназначены для базирования и закрепления заготовок различной формы в условиях единичного серийного многономенклатурного производства. Применение такой системы особенно целесообразно при групповой обработке.

*Система стандартных специализированных наладочных приспособлений (СНП)* состоит (аналогично системе УНП) из базового элемента и комплекса сменных наладок, но отличается более высокой степенью механизации, а также применением многоместных приспособлений, и, следовательно, обеспечивает более высокую производительность в условиях специализированного серийного производства.

*Систему универсально-сборных приспособлений (УСП)* собирают из стандартных элементов с высокой степенью точности. Фиксация элементов и узлов осуществляется системой шпонка – паз. УСП – специальные приспособления кратковременного пользования – состоят из элементов и узлов многократного применения с пазами шириной 8, 12 и 16 мм. Высокая точность элементов УСП обеспечивает сборку приспособлений без последующей механической доработки. После использования компоновок их разбирают на составные части, многократно используемые в различных сочетаниях в новых компоновках.

*Система неразборных специальных приспособлений (НСП)* состоит из непереналаживаемых элементов и узлов, которые нельзя повторно использовать в других компоновках. Конструкции приспособлений такой системы предназначены для одной определенной операции и должны быть максимально упрощены.

## ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК

Правильность установки обрабатываемых заготовок в приспособлении достигается применением специальных установочных элементов. Однако под действием сил резания в про-

цессе обработки правильность положения заготовки может быть нарушена. Для устранения влияния этого фактора, т.е. того, чтобы заготовка сохраняла неизменность положения относительно режущего инструмента в течение всего времени выполнения данной операции, ее необходимо надежно закрепить. Это достигается согласованием движений обрабатываемой заготовки и инструмента с помощью специальных направляющих элементов, упоров, ограничителей, индикаторов и т. п.

Выбором схемы закрепления заготовки и одновременно способа ее базирования добиваются определенного относительного расположения опорных элементов, заготовки и точки приложения, а также направления силы зажима. При этом руководствуются следующими соображениями:

для уменьшения силы зажима при закреплении заготовки необходимо выбирать такой способ ее базирования, при котором сила резания была бы направлена на какой-либо из опорных элементов, расположенных на линии действия этой силы или вблизи ее;

для облегчения контакта заготовки с опорными элементами и устранения возможного ее сдвига при закреплении силу зажима следует направлять перпендикулярно к поверхности опорного элемента; в отдельных случаях силу зажима можно направлять так, чтобы заготовка одновременно прижималась к поверхности двух опорных элементов;

в целях устранения деформации заготовки при закреплении точку приложения силы зажима надо выбирать так, чтобы линия ее действия пересекала опорную поверхность опорного элемента; лишь при закреплении особо жестких заготовок можно допустить, чтобы линия действия силы зажима проходила между опорными элементами;

для уменьшения смятия поверхностей заготовки при закреплении необходимо уменьшить давление в местах контакта зажимного устройства с заготовкой путем рассредоточения силы зажима; это достигается применением в зажимных устройствах контактных элементов соответствующей конструкции, которые позволяют распределять силу зажима поровну между двумя или тремя точками, а иногда даже рассредоточивать ее по некоторой поверхности;

для уменьшения вибраций и деформаций заготовки под действием силы резания следует повышать жесткость системы заготовка – приспособление увеличением числа мест зажима заготовки и приближения их к обрабатываемой поверхности.

## ТОКАРНЫЕ ПАТРОНЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Токарные патроны общего назначения относятся к универсальным безналадочным приспособлениям, значительная часть которых стандартизована; патроны централизованно изготовляют следующих классов точности: нормального (Н), повышенного (П), высокого (В) и особо высокого (А).

Четырехкулачковые патроны применяют для закрепления заготовок с неравномерным припуском, а также при изготовлении эксцентриков, при обработке отверстий со смещенными осями и др. Корпуса четырехкулачковых патронов могут быть использованы в качестве планшайб для установки заготовок по обработанным базам.

Трехкулачковые самоцентрирующие патроны предназначены для установки и закрепления заготовок типа тел вращения: фланцев, дисков, колец, втулок, стаканов, валов и т. д. По конструкции эти патроны подразделяются на спирально-реечные, клиновые, рычажные, комбинированные. Патроны обычно оснащаются двумя комплектами цельных кулачков — прямыми и обратными, а также комплектом сборных кулачков. Наладки сборных кулачков могут быть закаленными или не подвергнутыми термообработке. Форму губок накладных сборных кулачков можно менять в зависимости от вида обработки и формы заготовки.

*Спирально-реечный* самоцентрирующий патрон по ГОСТ 2675—80* централизованно изготовляют трех типов: с цилиндрическим центрирующим пояском, устанавливаемый на шпиндель станка через переходной фланец; с креплением непосредственно на фланцевые концы шпинделей под поворотную шайбу; с креплением непосредственно на фланцевые концы шпинделей по ГОСТ 12595—72*, в двух исполнениях, т. е. с цельными и сборными кулачками, десяти типоразмеров (80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500 и 630 мм). К недостаткам патронов следует отнести значительное изнашивание поверхностей спирали и рейки, в связи с чем точность центрирования закрепляемой заготовки уменьшается.

*Патроны самоцентрирующие клиновые быстропереналаживаемые* (рис. 1) предназначены для центрирования и закрепления заготовок на токарных и токарно-револьверных станках в условиях серийного производства. Зажим и разжим заготовки в патроне выполняется эксцентриковым устройством от механического привода, установленного на заднем конце шпинделя

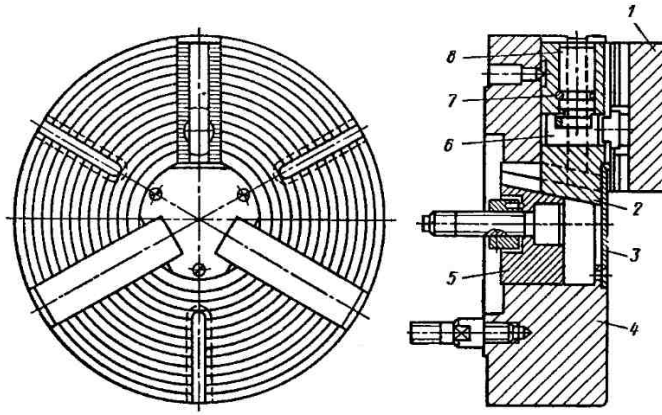



**Рис. 1. Патрон быстропереналаживаемый:**
*1* – незакаленный кулачок; *2* – основной кулачок; *3* – крышка; *4* – корпус; *5* – шток; *6* – прижим; *7* – штифт; *8* – эксцентрик

станка. После перестановки каждого кулачка *1* на требуемый диаметр их растачивают. Отсутствие винтов для крепления кулачков позволяет располагать зажимные поверхности ближе к переднему торцу корпуса, что уменьшает вылет заготовки, повышая жесткость ее крепления.

*Двухкулачковые самоцентрирующие переналаживаемые патроны* (ГОСТ 14903 – 69*) служат для установки небольших заготовок сложной формы (детали арматуры и др.). Перемещение основных кулачков этого патрона (рис. 2) осуществляется посредством винта *3*, один конец которого имеет правую резьбу, а другой – левую. Соответствующие резьбы имеются и в кулачках. В средней части винта патрона сделана шейка с заплечиками, входящими в направляющую *5*, прикрепленную к корпусу патрона. Поэтому винт при вращении осевого перемещения не имеет, а перемещаются с одинаковой скоростью основные кулачки с прикрепленными к ним накладными кулачками.

*Комбинированный патрон К300* предназначен для патронных и центровых работ при обработке поковок, отливок, штампованных заготовок и проката (рис. 3). Патрон – универсально-наладочный. Он состоит из постоянной базовой части и сменных наладок-вставок. При наладке патрона для работы с применением сменной вставки обрабатываемые заготовки

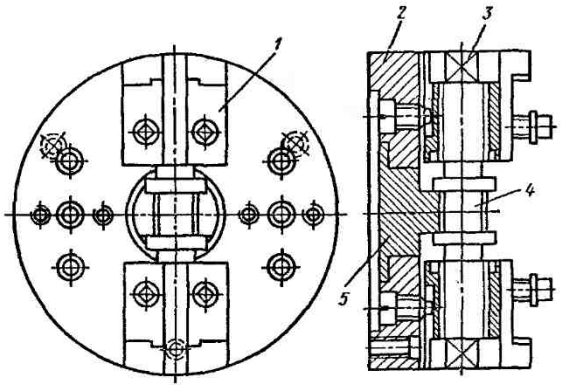



**Рис. 2. Патрон двухкулачковый переналаживаемый:**
*1* – основные кулачки; *2* – корпус; *3* – винт; *4* – шейка с заплечиками; *5* – направляющая

центрируются и закрепляются вспомогательными кулачками, устанавливаемыми и закрепляемыми в пазах основных кулачков *2*. Сила зажима кулачками передается от привода тягой *5* через втулки и клинорычажный механизм. Наладка патрона на центровые работы осуществляется сменой вставки *8*, в кото-

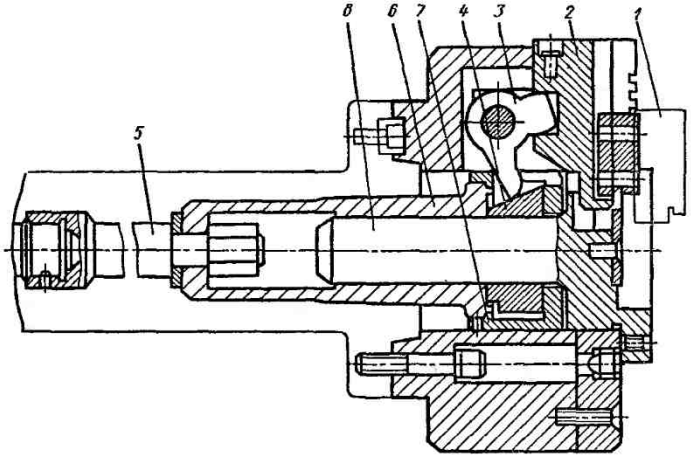



**Рис. 3. Комбинированный патрон:**
*1, 2* – вспомогательные и основные кулачки; *3* – двуплечий рычаг; *4* – втулка коническая; *5* – тяга; *6, 7* – втулки; *8* – сменная вставка

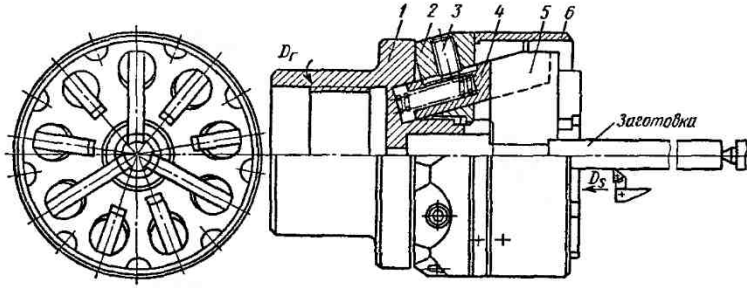



**Рис. 4. Самозажимной патрон:**
*1* – планшайба; *2* – корпус; *3* – стопорный винт; *4* – хвостовик кулачка; *5* – кулачок; *6* – кожух

рой установлен подпружиненный центр. Заготовка устанавливается в центрах патрона и пиноли задней бабки станка. Крутящий момент передается заготовке вспомогательными самоустанавливающимися кулачками, что обеспечивается плаванием в радиальном направлении втулки с клиновыми пазами из-за наличия широкой выточки в наружной цилиндрической поверхности хвостовика вставки.

При обработке заготовок в диапазоне диаметров 30–120 мм с поджимом пинолью задней бабки целесообразно применять *самозажимной патрон* с плавающими кулачками (рис. 4).

В корпусе патрона под углом 15° к оси расположены девять цилиндрических отверстий. В эти отверстия вставляются цилиндрические хвостовики, привинченные к зажимным кулачкам под углом 15°. Зажимные кулачки размещены в профрезерованных через центры отверстий радиальных пазах на рабочем торце корпуса.

Первые три кулачка служат для зажима заготовок диаметром 30–60 мм, вторые – 60–90 мм, третьи – 90–120 мм. Ход кулачков 13 мм. Заготовка устанавливается одним концом в кулачки патрона, а второй ее конец поджимается пентром задней бабки. Под нагрузкой хвостовики кулачков перемещаются в наклонных отверстиях, кулачки сближаются и зажимают заготовку. При отводе пиноли задней бабки пружины отжимают кулачки, и заготовка освобождается.

В случае необходимости растачивания рабочих поверхностей кулачков их зажимают стопорными винтами.

## КУЛАЧКИ К САМОЦЕНТРИРУЮЩИМ ТОКАРНЫМ ПАТРОНАМ

Токарные патроны оснащаются двумя комплектами прямых и обратных цельных кулачков или комплектом сборных кулачков.

Для быстрой и удобной фиксации заготовки в патроне с высокой степенью центрирования и надежностью закрепления без следов от зажима кулачков, а также быстрой переналадки на обработку различных заготовок разработаны сборные кулачки различных конструкций.

На рис. 5, *а* показана форма поверхностей сопряжения накладного *1* и основного *2* кулачков, стягиваемых после переустановки винтами *3* через Т-образный сухарь *4*. На рис. 5, *б* сменные накладные кулачки сопрягаются с основными шпоночными выступами и пазами. Форма губок кулачков зависит от формы закрепляемых заготовок и может быть самой разнообразной. Для повышения точности центрирования обычно применяют сырые накладные кулачки, которые растачивают на месте.

Расширение технологических возможностей сборных стандартных кулачков возможно за счет применения специальных наладок *2* и *3* (*рис. 6*) и расточки в основании кулачка резьбовых отверстий на глубину 4 – 5 мм с целью создания дополнительной опоры для цилиндрического выступа универсальных наладок в радиальном направлении. Фиксация наладок вокруг

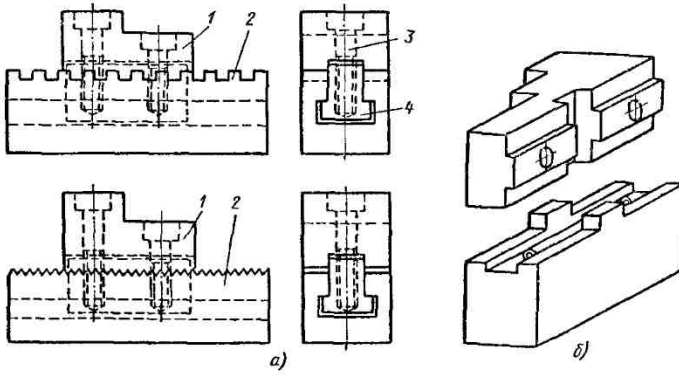



**Рис. 5. Сменные накладные кулачки**

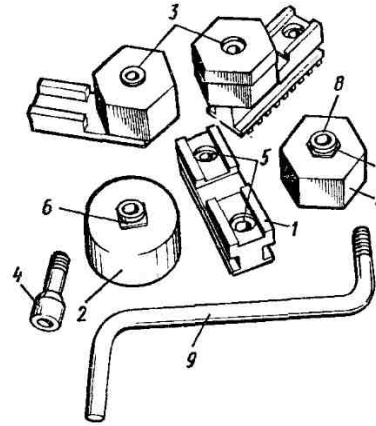



**Рис. 6. Универсальные кулачки:**
*1* – основание стандартного кулачка; *2*, *3* – специальные наладки; *4* – винт; *5* – резьбовые отверстия; *6*, *7*, *8* – квадратный, шестигранный и цилиндрический выступы; *9* – торцовый шестигранный ключ

своей оси в пазах основания кулачка осуществляется с помощью квадратного или шестигранного выступа, являющегося продолжением цилиндрического выступа. В зависимости от диаметра закрепляемой заготовки наладки устанавливаются и закрепляются в нижнем или верхнем резьбовом отверстии. Незначительная доработка стандартных сборных кулачков превращает их в универсальные (см. рис. 6), которые позволяют заменить до десяти – двадцати комплектов наладок.

Сборные универсальные кулачки высокой точности (рис. 7) предназначены для предварительной и окончательной обработки различных заготовок. Они состоят из термически обработанного основания кулачка (рейки) *1*, в котором запрессованы четыре цилиндрических пальца, между пальцами имеются три отверстия с резьбой. Такая конструкция кулачков позволяет с помощью Г-образного ключа *3* быстро, точно и удобно фиксировать и закреплять наладки *2* различной конфигурации: шестигранные, цилиндрические, прямоугольные, специальные. Основание точных сборных универсальных кулачков можно заново изготовить, а можно реконструировать прямые или обратные стандартные кулачки. Основание может служить базой для закрепления самых различных прижимных устройств и приспособлений.

Расширение технологических возможностей наладок осуществляется перестановкой их на три пары выступов – фиксаторов на основании кулачка в зависимости от диаметра закрепляемой заготовки (малого, среднего, большого). Применяя три комплекта таких наладок, токарь располагает 36 вариантами закрепления заготовки, из них он всегда может выбрать самый оптимальный.

Приспособления для расточки кулачков используются для

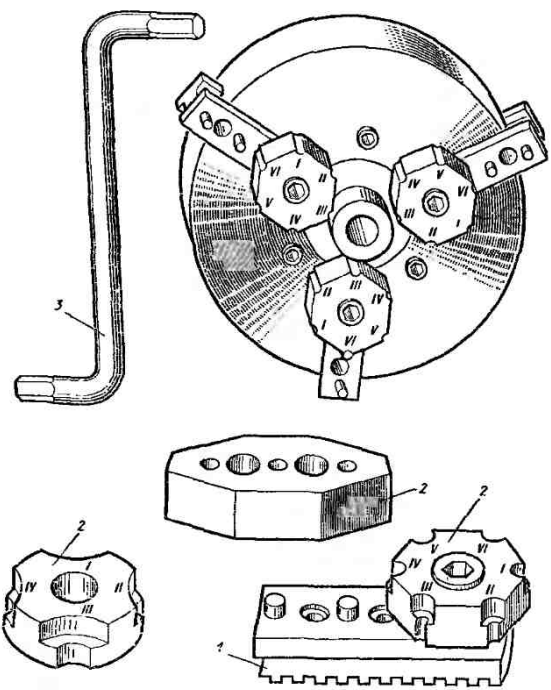



**Рис. 7. Сборные универсальные кулачки высокой точности:**
*1* – основание кулачка; *2* – различные наладки; *3* – ключ; *I—VI* – различные положения наладок

восстановления кулачков и их доработки. Рабочие поверхности кулачков самоцентрирующих патронов со временем изнашиваются, что приводит к увеличению допустимого биения в патроне и браку при обработке. Кроме того, часто у токаря возникает необходимость в расточке кулачков на строго определенную глубину и диаметр, с тем чтобы закрепить точно, удобно и надежно заготовку.

Хомут для расточки кулачков самоцентрирующих патронов (рис. 8) состоит из трех планок *1*, которые с помощью винтов *2* и пружин *3* объединены в одну конструкцию. Внутренние плоскости планок расположены под углом 120°, что обеспечивает самоцентрирование приспособления по кулачкам токарного патрона.

Хомут в растянутом состоянии накладывают на разведенные кулачки и закрепляют на них винтами *2*. С помощью

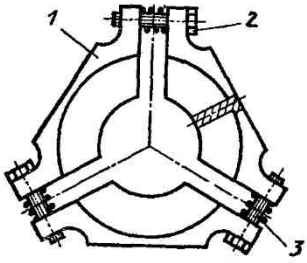



Рис. 8. Хомут для расточки кулачков самоцентрирующих патронов

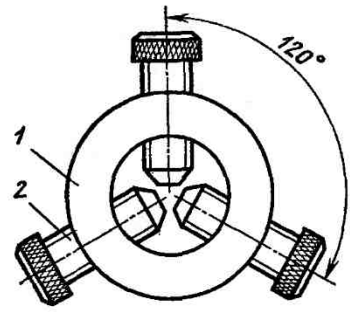



Рис. 9. Приспособление для расточки кулачков

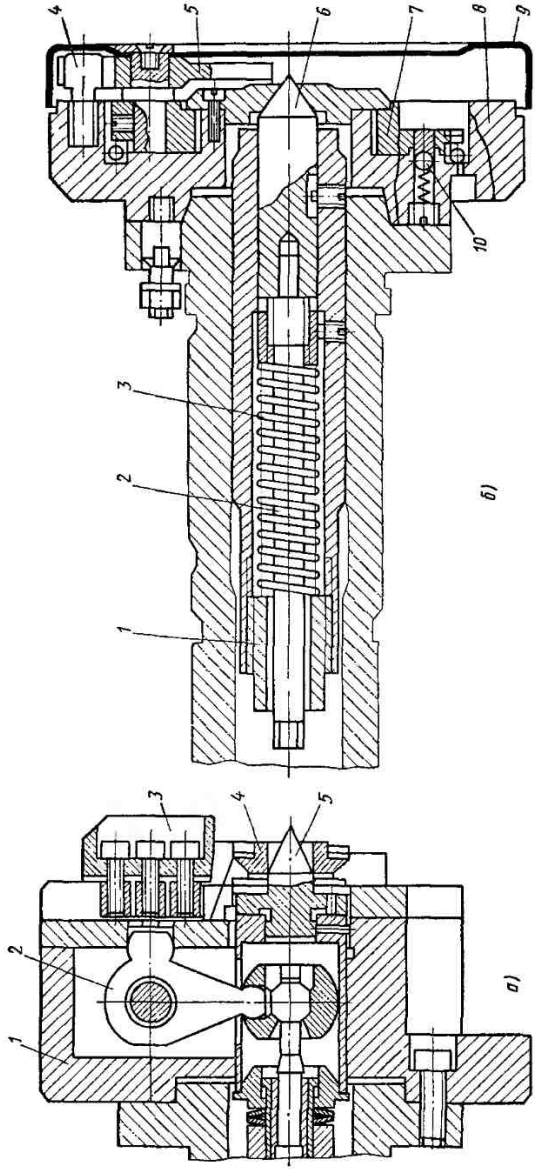
ключа патрона зажимают или разжимают кулачки для создания определенного натяга и затем производят расточку или обточку.

Приспособление для расточки кулачков (рис. 9) состоит из кольца *1* с тремя резьбовыми отверстиями, расположенными под углом 120° по окружности, и регулировочных винтов *2*.

## ТОКАРНЫЕ ПОВОДКОВЫЕ ПАТРОНЫ

*Трехкулачковый* поводковый *патрон* с плавающим центром (рис. 10, *а*) состоит из корпуса с тремя двуплечими рычагами *2* и плавающего центра 5. Он применяется при закреплении заготовок, имеющих значительные отклонения формы поверхности, и обеспечивает повышение точности обработки за счет равномерного распределения силы зажима между кулачками. Наличие упора обеспечивает базирование заготовки по торцу.

Патрон поводковый, представленный на рис. 10, *б*, предназначен для закрепления заготовок типа валов. В отверстии конусного хвостовика *3* установлены плавающий центр *6* и пружина, расположенная между резьбовыми втулками. В задний торец центра установлена штанга. Корпус *8* патрона имеет проточку под диск *7*, в котором закреплены через 120° три подвижных пальца *4*. На них закрепляются сменные эксцентриковые кулачки с зубчатыми поверхностями и поворотный кожух 9. Диск, поворачиваясь, увлекает за собой кулачки, которые пазами охватывают неподвижные пальцы *4* и, перемещаясь вместе с диском, поворачиваются относительно пальцев,


4
5
6
7
8
9
10
3
2
1
б)
3
4
5
2
1
а)

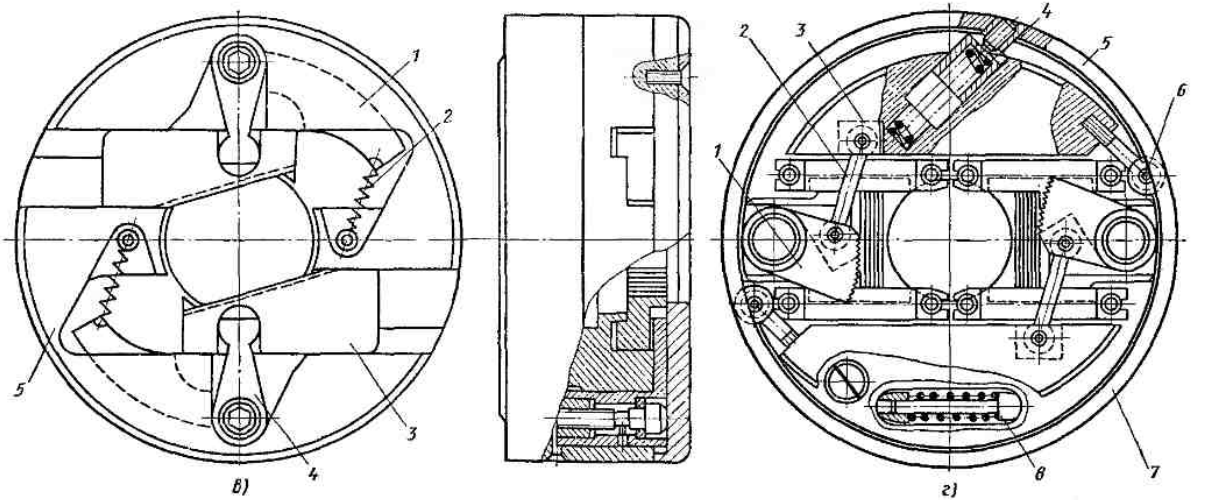



**Рис. 10. Поводковый патрон:**
*а* – трехкулачковый: *1* – корпус; *2* – двуплечий рычаг; *3* – кулачок; *4* – упор; *5* – плавающий центр; *б* – с креплением заготовки эксцентриком: *1* – резьбовые втулки; *2* – штанга; *3* – хвостовик; *4* – пальцы; *5* – эксцентриковый кулачок; *6* – плавающий центр; *7* – диск; *8* – корпус патрона; *9* – кожух; *10* – фиксатор; *в* – с креплением рифлеными клиньями: *1* – противовес; *2* – пружина; *3* – рифленные клинья; *4* – рычаги; *5* – корпус; *г* – самозажимной: *1* – кулачок; *2* – шатун; *3* – груз; *4* – пружина; *5* – плавающая планшайба; *6* – ось; *7* – корпус; *8* – паз корпуса

в результате чего кулачки равномерно захватывают заготовку, передавая ей крутящий момент. Раскрытие кулачков осуществляется поворотом кожуха против часовой стрелки и фиксируется подпружиненными фиксаторами. С патроном поставляются три комплекта сменных кулачков, на торцах которых маркируется диапазон диаметров заготовок.

Поводковый патрон, представленный на рис. 10, *в*, предназначен для крепления валов при их обточке в центрах. Заготовку размещают между жестким центром, закрепленным в шпинделе станка, и вращающимся центром, установленным в пиноли задней бабки.

При вращении шпинделя противовесы, закрепленные на рычагах, расходятся, перемещая сферические головки рычагов, размещенных в фигурных пазах клиньев; заготовка закрепляется.

При увеличении силы резания клинья автоматически усиливают зажим заготовки, надежно удерживая ее от проворота. После остановки станка пружины через противовесы и рычаги возвращают клинья в исходное положение. Применение таких патронов особенно эффективно при автоматизации процессов установки и снятии заготовки.

Самозажимной поводковый патрон (рис. 10, *г*). Заготовку вала размещают между жестким центром, закрепленным в шпинделе, и вращающимся центром, установленным в пиноли задней бабки. При включении станка центробежные силы заставляют грузы преодолеть сопротивление пружин *4* и повернуться вокруг оси *6* в направлении от оси центров, увлекая за собой кулачки, связанные с грузами шатунами *2*. Кулачки зажимают заготовку. При остановке станка действие центробежных сил прекращается, и пружины, находящиеся в пазах корпуса, возвращают грузы и кулачки в исходное положение. Плавающая планшайба, перемещаясь внутри корпуса, компенсирует несоосность необработанной заготовки относительно ее центров. При использовании патрона значительно сокращается вспомогательное время при обработке.

## ЦЕНТРЫ ПОВОДКОВЫЕ ЗУБЧАТЫЕ

*Вращающийся торцовый центр* (рис. 11) предназначен для получистовой и чистовой обработки валиков на проход. При поджатии обрабатываемого вала вращающимся центром плавающий центр *2*, сжимая пружину *3*, входит внутрь корпуса *4*, и торец вала упирается в зубья поводка *1*. Поворотом махови-

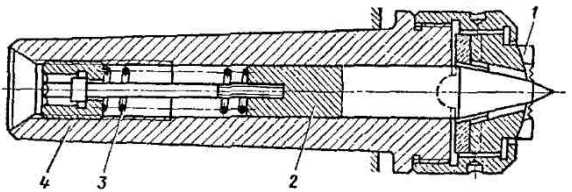



**Рис. 11. Вращающийся торцовый центр**

ка задней бабки достигается врезание зубьев поводка *1* в торец вала. При этом обеспечивается передача вращения и предотвращается поворачивание вала в процессе обработки. Благодаря шарнирному соединению поводок самоустанавливается.

Для ускоренного зажима заготовок деталей типа валов при обработке с установкой в центрах применяется поводковый центр (рис. 12, *а*). Торцы поводка и втулки, навинченной на корпус, имеют скошенные кулачки. Втулка для предотвращения самоотвинчивания фиксируется контргайкой. Для центрирования заготовки используется плавающий центр. При поджиме заготовки центром задней бабки левый торец заготовки упирается в зубцы поводка. При резании зажим осуществляется вследствие того, что кулачки втулки при вращении отжимают поводок на заготовку и зубцы поводка плотно прижимаются к ее торцу. Чем больше крутящий момент при резании, тем надежнее крепление заготовки. Аналогичный способ закрепления заготовки характерен для виброгасящего поводкового центра (рис. 12, *б*). Гашение вибраций осуществляется с помощью резиновой поводковой шайбы, шарнирно закрепленной на чашке, которая навинчивается на резьбу, нарезанную на цилиндрической части корпуса поводкового центра. На торцовой поверхности резиновой шайбы закреплены два пирамидообразных закаленных штыря. Некоторый перекос шайбы и равномерное зажатие заготовки с неподрезанным торцом обеспечиваются восемью шариками, расположенными по окружности. В момент установки заготовки в центрах чашка с поводковой шайбой находится в крайнем левом положении, затем она вывертывается и вручную осуществляется предварительный поджим штырей поводковой шайбы к торцу заготовки. Во время обработки штыри вдавливаются в заготовку, и происходит ее надежное закрепление.

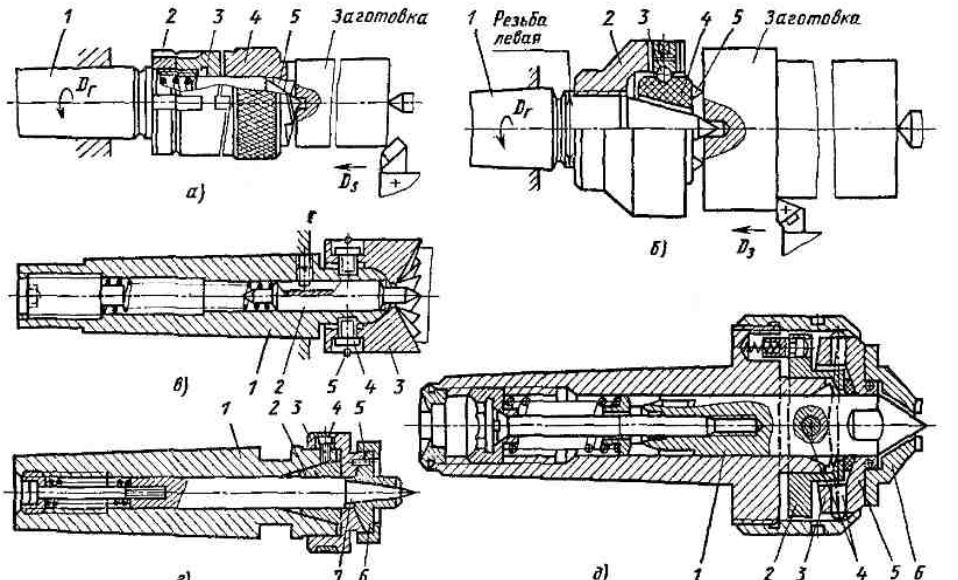



**Рис. 12. Поводковый центр:**
*а* – для ускоренного зажима заготовок: *1* – корпус; *2* – контргайка; *3* – втулка; *4* – поводок; *5* – плавающий центр; *б* – виброгасящий: *1* – хвостовик с центром; *2* – чашка; *3* – шарик; *4* – резиновая шайба; *5* – штырь-поводок; *в* – для обработки валиков диаметром 10–60 мм: *1* – корпус; *2* – плавающий центр; *3* – зубчатый поводок; *4* – винт; *5* – кольцо; *г* – для обработки валиков диаметром до 35 мм: *1* – корпус; *2* – цанга; *3* – втулка; *4* – винт; *5* – штифт; *6* – самоустанавливающийся поводок; *7* – подпружиненный центр; *д* – для чистового обтачивания: *1* – плавающий центр; *2* – стакан; *3* – люлька; *4* – ролик; *5* – водило; *6* – самоустанавливающийся поводок

Поводковый центр, представленный на рис. 12, *в*, предназначен для обработки валиков диаметром 10–60 мм на токарных станках. Зубчатый поводок *3* шарнирно установлен на корпусе патрона. Крутящий момент передается поводку двумя винтами *4*. Кольцо предохраняет винты от самоотвинчивания. Плавающий центр *2* предназначен для центрирования заготовки.

Поводковый центр, представленный на рис. 12, *г*, предназначен для обработки валов диаметром до 35 мм. Самоустанавливающийся поводок *6* контактирует сферической поверхностью со втулкой *3*. Крутящий момент от шпинделя станка передается через корпус втулке винтом *4*, а поводку *6* – штифтом *5*. Подпружиненный центр под действием усилия вращающегося центра задней бабки закрепляется цангой *2*.

Поводковый центр, приведенный на рис. 12, *д*, предназначен для чистового обтачивания валов диаметром 15–120 мм, что обеспечивается комплектом сменных кулачков диаметром 13–110 мм. Самоустанавливающийся поводок может качаться в двух плоскостях с помощью двух пар роликов, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в пазах стакана, люльки и водила, перемещаясь по поверхности стакана. Наличие плавающего центра обеспечивает постоянную базу по торцу заготовки.

## ЦЕНТРЫ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Вращающийся центр (рис. 13) предназначен для обработки валов при повышенных режимах резания. В корпусе *6* установлен центр *1* на подшипниках качения: радиальном *4*, упорном *5* и коническом *3*. Между наружным кольцом конического под-

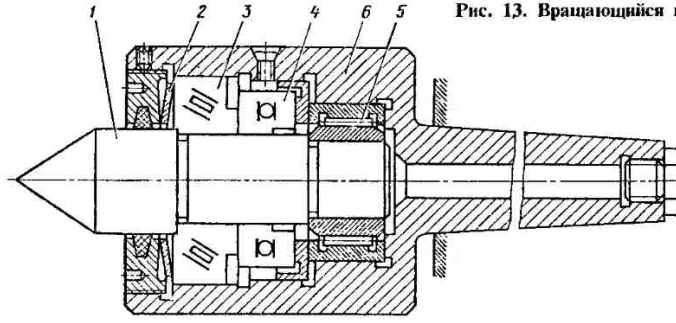



**Рис. 13. Вращающийся центр**

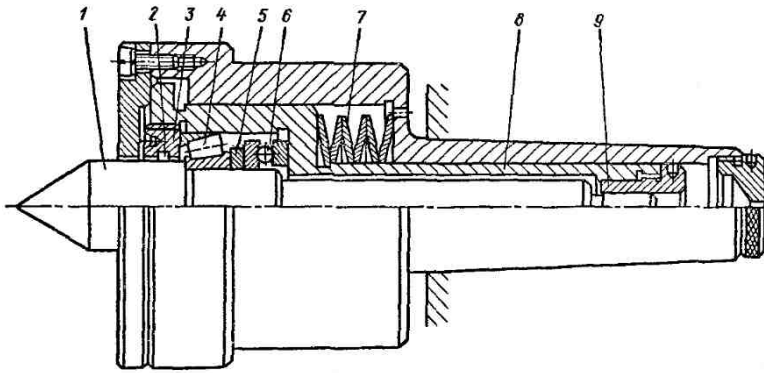



**Рис. 14. Подпружинивающий задний центр:**
*1* – центр; *2* – сальник; *3* – гайка; *4* – конический подшипник; *5* – компенсационное кольцо; *6* – упорный подшипник; *7* – пакет тарельчатых пружин; *8* – стакан; *9* – втулка

шипника и крышкой установлено упорное звено – тарельчатая пружина *2*. Под действием осевых нагрузок на центр внутреннее кольцо конического подшипника смещается вправо в результате контактных деформаций в стыках внутреннего кольца конического и упорного подшипников. При этом тарельчатая пружина перемещает наружное кольцо конического подшипника в том же направлении, компенсируя образующийся в нем зазор.

*Подпружинивающий задний центр* с устройством осевого колебательного движения представлен на рис. 14. В качестве упругого звена в центре применен пакет тарельчатых пружин *7*. Он установлен между внутренними торцами бронзового стакана *8* и корпуса. В стакане на коническом и упорном подшипнике и в бронзовой втулке *9* установлен вращающийся центр. Зазоры в подшипниках выбраны с помощью компенсационного кольца *5* и гайки *3*, ввинченной в стакан. С одной стороны центр закрыт крышкой, закрепленной винтами, и уплотнен сальником, с другой – в него ввернута пробка.

При обработке тонкостенных заготовок (втулок, цилиндров, гильз) полностью исключается брак по овальности при их обработке в *грибковых плавающих центрах* (рис. 15). Корпус приспособления устанавливается на шпинделе станка, на котором крепятся упор и вал. Грибок за счет пружины центрирует обрабатываемую заготовку по внутреннему диаметру. В за-

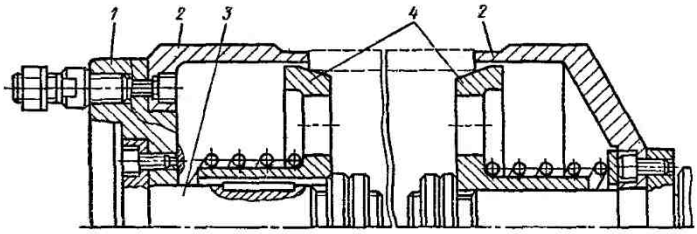



**Рис. 15. Грибковые плавающие центры:**
*1* – корпус; *2* – упор; *3* – вал; *4* – плавающие центры

днюю бабку на центр устанавливают второй упор и плавающий грибок. Грибки изготовлены подпружиненными, что исключает жесткое центрирование заготовки по внутреннему диаметру, при котором искажение внутренней поверхности копируется на наружный диаметр.

*Вращающийся центр-сверло* (рис. 16) предназначен для центрирования и поддержания заготовки в процессе обработки. В передней части центрового валика в его конусном отверстии крепится центровочное сверло *4* с помощью цанговой втулки *3*. Для засверливания центровочного отверстия осуществляется торможение центрового валика стопорной гайкой, взаимодей-

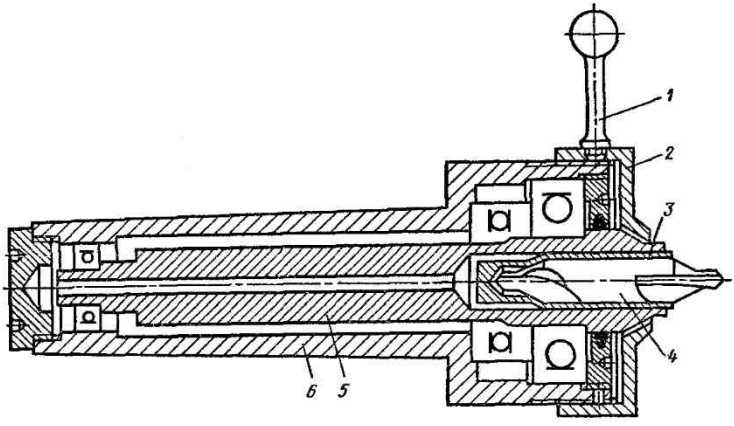



**Рис. 16. Вращающийся центр-сверло:**
*1* – рукоятка; *2* – стопорная гайка; *3* – цанговая втулка; *4* – центровочное сверло; *5* – центровой валик; *6* – корпус

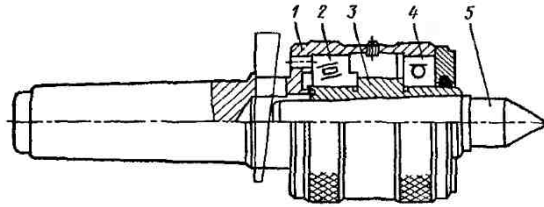



**Рис. 17. Универсальный корпус для съемных вращающихся центров:**
*1* – корпус; *2*, *4* – подшипники конический, радиальный; *3* – втулка; *5* – центровой валик

ствующей своим центральным коническим отверстием с конической поверхностью центрового валика. По достижении требуемой глубины отверстия стопорную гайку поворачивают при помощи рукоятки *1*, освобождая при этом центровой валик; сверло получает возможность вращаться вместе с заготовкой и одновременно поддерживает ее в процессе обработки.

*Универсальный корпус для съемных вращающихся центров* (рис. 17) обеспечивает быструю смену центровых валиков-вставок. Это значительно снижает потребное количество вращающихся центров на заводах.

*Шариковый упорный центр* (рис. 18) применяется при обработке конических заготовок с поджатием и смещением задней бабки станка. Обычные вращающиеся центры в процессе работы разбивают центровые отверстия и в результате этого преждевременно изнашиваются. Вращающийся центр оснащен упорным шариком, опирающимся на три шарика меньшего диаметра, расположенных в сферической выточке корпуса и зафиксированных крышкой и упругой шайбой. Центр надежен в эксплуатации и прост в изготовлении.

*Специальный вращающийся центр* применяют для обтачивания конусов валиков, а также для компенсации появляющейся конусообразности при обработке цилиндрических валиков (рис. 19).

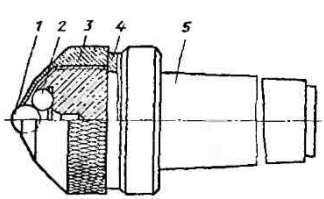



**Рис. 18. Шариковый упорный центр:**
*1*, *2* – шарики; *3* – крышка; *4* – упругая шайба; *5* – корпус

Хвостовик *4* центра *1* крепят в пиноли задней бабки. В корпусе *2* имеется соединение типа ласточки-

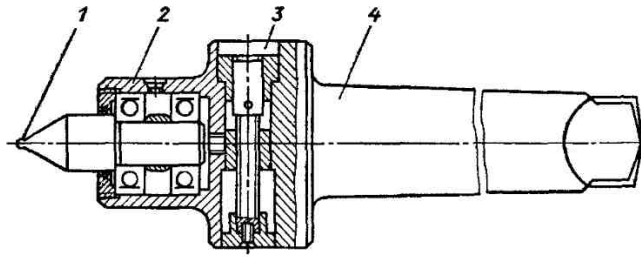



**Рис. 19. Специальный вращающийся центр:**
*1* – центр, оснащенный шариком; *2* – корпус; *3* – винт; *4* – хвостовик

на хвоста. Оно обеспечивает смещение корпуса до 15 мм в зависимости от габаритных размеров корпуса центра. Отсчет осуществляется по нониусу микрометрического винта с ценой деления 0,01 мм.

Во избежание скалывания вращающегося центра или изнашивания центрового отверстия в конструкции центра предусмотрен специальный шарик. При использовании центра значительно сокращается вспомогательное время и повышается качество обработки.

## УПОРЫ

*Внутришпиндельный шариковый упор* (рис. 20, *а*) с успехом применяется при подрезке торцов валиков длиной от 1000 мм.

Заклинивание упора происходит с помощью шариков, скользящих по его конусной части. Снятие упора производится легким ударом прутка по торцу винта, после чего конус упора

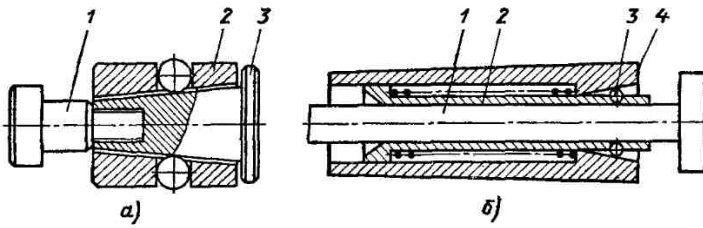



**Рис. 20. Внутришпиндельный упор:**
*а* – шариковый: *1* – винт; *2* – корпус; *3* – конус упора; *б* – пружинный: *1* – упор; *2* – обойма; *3* – шарики; *4* – конусная втулка

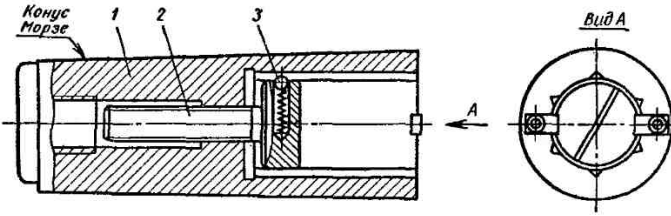



**Рис. 21. Шпиндельный упор:**
*1* – корпус; *2* – упорный винт; *3* – шариковый фиксатор

выходит из корпуса, шарики опускаются, и упор легко вынимается из шпинделя.

*Внутришпиндельный пружинный упор* (рис. 20, *б*) предназначен для установки заготовок равной длины (до 100 мм) внутри патрона станка.

Шарики, размещенные в обойме, контактируют с одной стороны с упором, с другой – с конусным отверстием втулки. Под действием пружины они заклинивают упор, не давая ему возможности перемещаться внутрь шпинделя. Для настройки упора на заданную длину его легко можно перемещать в направлении задней бабки станка.

*Шпиндельный упор* (рис. 21) позволяет сократить вспомогательное время на установку заготовок, повысить качество обрабатываемых валиков диаметром до 40 мм. Установка необходимого размера вылета заготовки из кулачков патрона осуществляется вращением упорного винта, с помощью которого можно изменять размер с шагом 0,25 мм. Постоянство установленного размера вылета заготовки (130–180 мм) из кулачков патрона обеспечивается шариковым фиксатором, который под действием пружины входит в продольные пазы корпуса и тем самым препятствует ввертыванию или вывертыванию винта.

При обработке длинных валов для уменьшения смещений и вибраций, а также обеспечения заданной точности обработки применяют шпиндельные упоры. На выступающий из передней бабки конец шпинделя *4* насаживают муфту *1* и закрепляют ее винтом *2* (рис. 22, *а*). Через отверстие в муфте проходит упорная штанга *3*, которая является шпиндельным упором для заготовки. Положение штанги фиксируется винтом *2*. Аналогичное крепление муфтой может быть использовано для стопорения длинной прутковой заготовки, пропускаемой через цен-

тральное отверстие шпинделя станка (рис. 22, *б*). В этом случае диаметр отверстия в муфте должен соответствовать диаметру прутка.

При серийном изготовлении деталей с целью сокращения времени установки заготовки на заданный размер и обеспечения нужной длины проточки применяется цанговый упор (рис. 23). Гайка подпирает разжимную втулку, наружный диаметр которой при движении ее по конусу изменяется, за счет чего устройство удерживается в цанге. После того как устройство вставлено в цангу, регулировочный винт-упор настраивают на нужный размер обработки.

У длинных нежестких валов целесообразно обрабатывать вначале один конец вала, а затем другой, закрепляя кулачками патрона или поводковой планшайбой среднюю его часть. Необработанный конец вала вводится внутрь шпинделя и упирается в шпиндельный центр, вставленный в цанговую (разрезную) втулку (рис. 24, *а*), или в обратный центр (рис. 24, *б*). При поджиме пиноли задней бабки конический хвостовик центра разжимает втулку и стопорит ее в отверстии шпинделя.

*Барабанный упор* (рис. 25) имеет в корпусе шесть или восемь регулируемых винтов-упоров *1*, расположенных по окружности. Они настраиваются на необходимый размер и фиксируются гайками *2*. Основанием *4* упор устанавливается на станине станка перед суппортом и закрепляется прижимной планкой *5*. Барабан в необходимое положение устанавливается сферическим фиксатором *3*.

Барабанный упор не позволяет выполнять обработку корот-

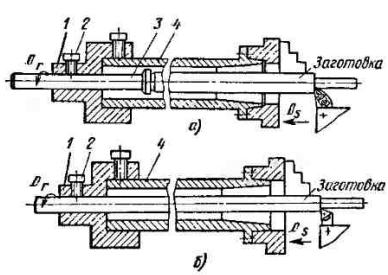



**Рис. 22. Схема обработки с применением упорной штанги *(а)* и муфты *(б)* в качестве шпиндельного упора:**
*1* – муфта; *2* – винты; *3* – упорная штанга; *4* – шпиндель

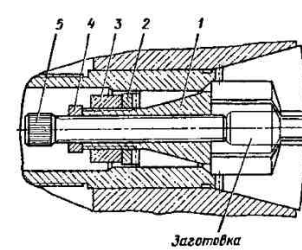



**Рис. 23. Цанговый упор:**
*1* – конус; *2* – разжимная втулка; *3* – гайка; *4* – контргайка; *5* – регулировочный винт-упор

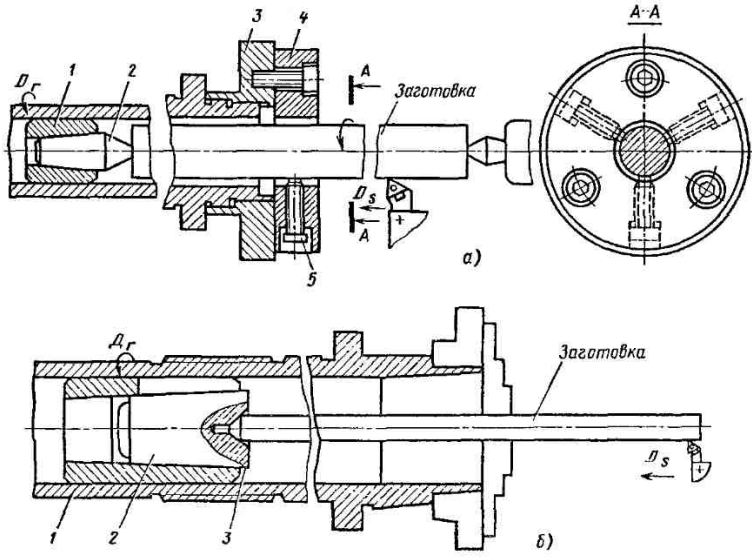



**Рис. 24. Схема обработки нежесткого вала:**
*а* – центрированного: *1* – цанговая втулка; *2* – центр; *3* – планшайба; *4* – поводковое кольцо; *5* – винт-поводок; *б* – нецентрированного: *1* – шпиндель; *2* – цанговая втулка; *3* – обратный центр

ких заготовок и не обеспечивает высокую точность линейных размеров.

*Магнитный индикаторный упор* (рис. 26) состоит из корпуса *2*, закрепленного в суппорте *1* токарного станка, и магнита *3*, который предохраняется от засорения козырьком. Точное линейное расстояние выдерживается и контролируется с помощью индикатора, закрепленного в магнитной стойке, которая устанавливается напротив магнитного упора.

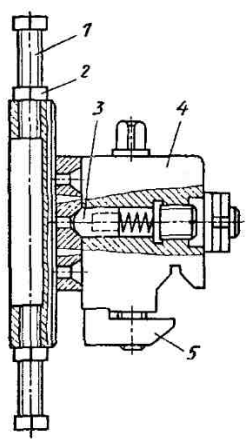



**Рис. 25. Барабанный упор:**
*1* – винт-упор; *2* – гайка; *3* – фиксатор; *4* – основание; *5* – прижимная планка

Если требуется выдержать несколько точных линейных размеров, между индикатором и магнитным упором устанав-

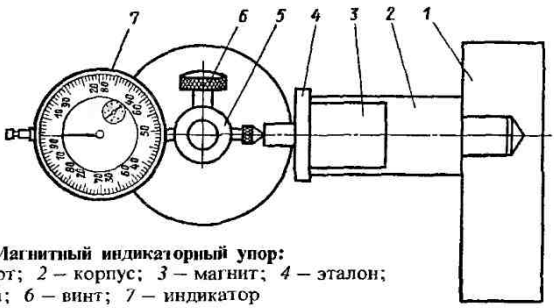



**Рис. 26. Магнитный индикаторный упор:**
*1* – суппорт; *2* – корпус; *3* – магнит; *4* – эталон; *5* – стойка; *6* – винт; *7* – индикатор

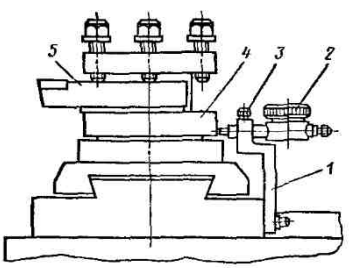



**Рис. 27. Индикаторная стойка:**
*1* – стойка; *2* – индикатор; *3* – винт; *4* – резцедержатель; *5* – резец

ливаются элементы – эталоны этих размеров – регулируемые (универсальные) или постоянные. Эти элементы удерживаются на корпусе с помощью магнитного упора, их легко сменить при достижении нужного размера.

Индикаторная стойка для контроля фиксации резцедержателя обеспечивает точную фиксацию инструмента даже при установке верхних салазок суппорта под углом к резцедержателю (рис. 27).

Индикаторная стойка *1* через шайбу крепится винтом к поперечным салазкам суппорта. Индикатор *2* вводится в отверстие стойки и, коснувшись ножкой резцедержателя, стопорится винтом *3*. Если при повороте резцедержателя вокруг своей оси индикатор обнаружит ошибку в его фиксации, сразу же вводится корректировка этой величины в установку лимба.

## ЛЮНЕТЫ

При обработке с применением *неподвижного универсального люнета* (рис. 28) необязательно протачивать на валу специальную шейку. Отклонение от круглости, неодинаковые диаметры отдельных участков вала воспринимаются пружиной. В корпусе

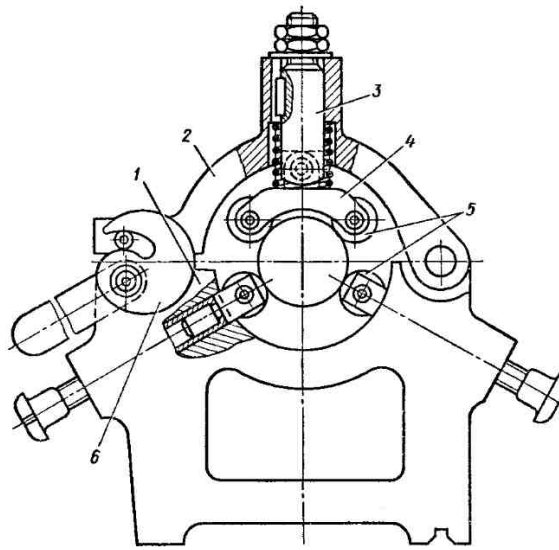



**Рис. 28. Неподвижный универсальный люнет:**
*1* – основание; *2* – крышка; *3* – валик; *4* – серьга; *5* – шарикоподшипники; *6* – эксцентрик

люнета установлены два шарикоподшипника *5*. В отверстие крышки *2* вставлен валик *3* с пружиной, на конце которого подвижно закреплена серьга *4* с двумя шарикоподшипниками *5*. При закреплении обрабатываемого вала опускают крышку люнета и гайкой регулируют положение валика. Затем рукояткой поворачивают эксцентрик, в специальный паз которого входит штифт, установленный в крышке, и крышка перемещается к центру люнета. При этом пружина прижимает серьгу с верхними подшипниками к валу, и последний зажимается между верхними и нижними подшипниками люнета.

*Люнет для отрезки тонких прутковых заготовок* (рис. 29) состоит из кронштейна *1*, в котором размещены шарикоподшипник *3* и сменная втулка *2*. Кронштейн устанавливается на каретке на месте, предназначенном для подвижного люнета. Пруток выдвигается до упора *5* и зажимается в патроне. Отрезной резец закрепляют в резцедержателе *6*, а специальный или фасонный резец – в дополнительном резцедержателе *4*. Врезание в пруток первоначально осуществляется отрезным

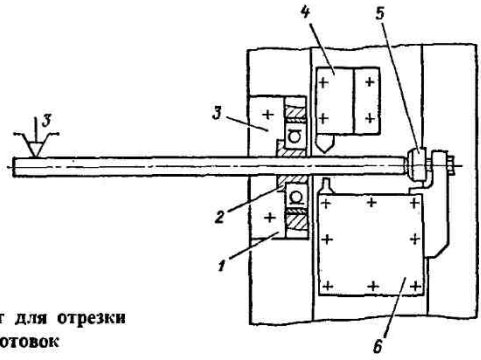



**Рис. 29. Люнет для отрезки прутковых заготовок**

резцом, установленным в поперечном суппорте, а затем фасонным резцом; после этого отрезают заготовку.

При обработке нежестких длинных заготовок перед проходным упорным резцом устанавливают люнетную планку с втулкой, закрепленной в резцедержателе (рис. 30). Диаметр

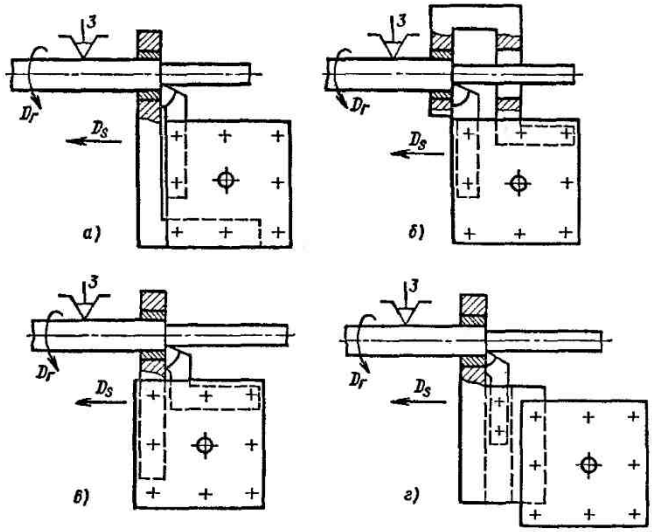



**Рис. 30. Способы крепления длинных валов с помощью планок с люнетными втулками:**
*а, б, в* — кронштейн люнетной втулки закреплен в резцедержателе; *г* — резец с люнетной втулкой закреплен в специальной державке

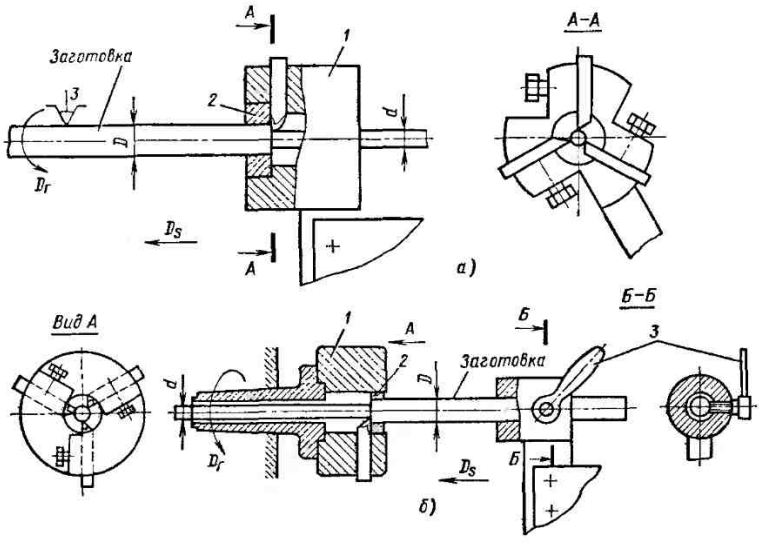



**Рис. 31. Схема обтачивания прутковой заготовки многорезцовой невращающейся** *(а)* **и вращающейся** *(б)* **головками:**
*1* – резцовая головка; *2* – направляющая втулка; *3* – рукоятка

переходных закаленных втулок, вставляемых в планку, соответствует диаметру прутковой заготовки, и ось втулки располагается точно на уровне оси шпинделя. Резец режущей кромкой устанавливается вплотную к отверстию и настраивается на заданную глубину обработки (без лимба). Отверстие в планке под базирование переходных втулок обрабатывается на этом же станке. Инструмент для обработки отверстия (сверло, развертка) устанавливается в шпинделе станка. Этим обеспечивается совпадение оси шпинделя и планки. Повторная установка планки производится по меткам, нанесенным на хвостовик планки резцедержателя. При обработке валов таким способом поперечные салазки суппорта следует стопорить клиньями.

Многорезцовая обработка применяется при точении длинных нежестких заготовок. При такой обработке уменьшается прогиб заготовки за счет компенсации сил резания в одной плоскости, а также сокращается время выполнения операции. Установка вылета инструмента на размер осуществляется по эталонной детали. В некоторых конструкциях многорезцовых невращающихся головок (рис. 31, *а*) прутки центрируются смен-

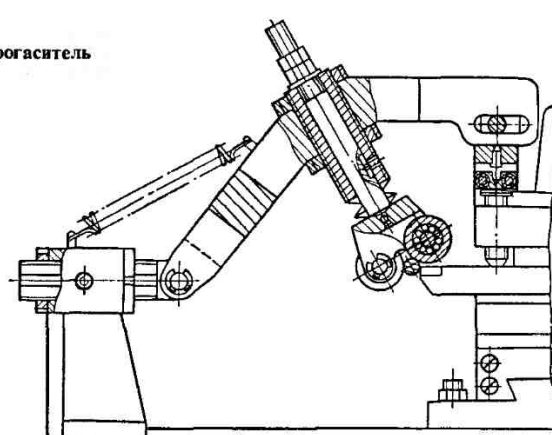
ной закаленной втулкой, вплотную примыкающей к режущим кромкам вставных резцов головки. Державка с многорезцовой головкой закрепляется в суппорте станка, а поперечный суппорт стопорится после настройки.

Разновидностью данного метода обработки является установка головок в шпиндель станка или в трехкулачковый патрон. В этом случае головка (рис. 31, *б*) получает вращательное движение, а обрабатываемая заготовка – движение подачи. Прутковая заготовка зажимается винтом во втулке, установленной в резцедержателе, и подается автоматической подачей суппорта во вращающуюся головку, обтачивающую пруток до заданного диаметра. Сменная втулка в резцовой головке служит для направления заготовки. Для исключения прогиба прутка необходимо периодически отвертывать рукоятку и отводить суппорт от резцовой головки. Свободный конец прутковой заготовки можно пропускать в осевое отверстие корпуса задней бабки, предварительно вывинтив пиноль. Если обрабатываемый пруток очень длинный, то заднюю бабку снимают и конец прутка подпирают специальной стойкой, установленной за станком.

При обработке нежестких деталей часто возникают вибрации, которые влияют на качество обработанной поверхности и приводят к преждевременному затуплению или поломке инструмента.

*Люнет-виброгаситель* (рис. 32) позволяет вести точение за-

**Рис. 32. Люнет-виброгаситель**



готовок малой жесткости (с отношением длины к диаметру $\geqslant 30$) без вибраций. Он выполнен в виде рычага с роликами. Один конец рычага шарнирно связан с резцедержателем. Этот же конец касается обрабатываемой заготовки непосредственно за резцом. Другой конец рычага через тарельчатый демпфер трения соприкасается с кареткой суппорта. Полученная таким образом замкнутая механическая система обеспечивает эффективное виброгашение, уменьшение упругих деформаций и повышение качества обработки. В исходном положении рычаг виброгасителя под действием пружины удерживается на кронштейне.

## ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСЦЕНТРИКОВ

Приспособление для обработки эксцентриковых заготовок на токарном станке изображено на рис. 33.

Обрабатываемая заготовка устанавливается в самоцентри-

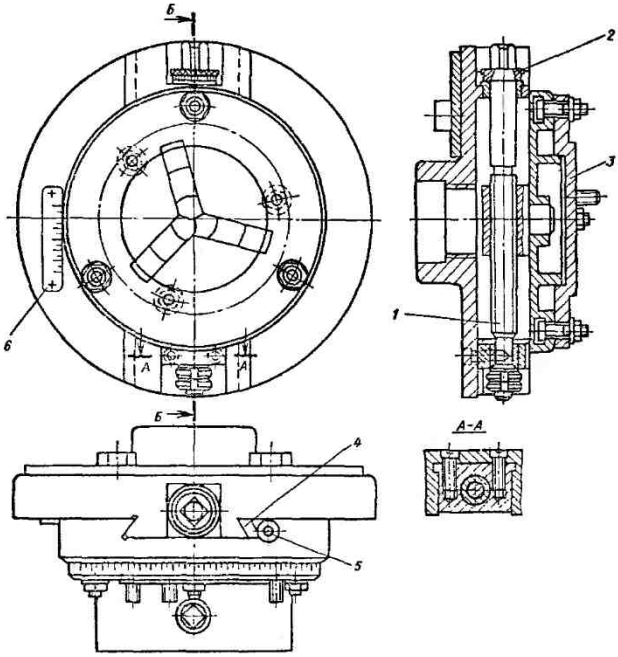



**Рис. 33. Приспособление для обработки эксцентриковых заготовок**

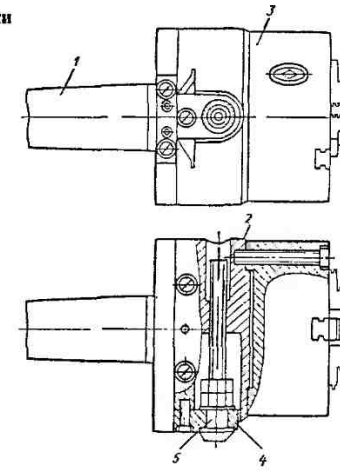



**Рис. 34. Патрон для обточки и расточки эксцентриков**

рующем патроне, закрепленном на поворотном диске *3*, по окружности которого нанесено 360 делений. Переналадка приспособления для установки требуемого эксцентриситета осуществляется винтом *1* по линейке *6* и нониусу. Точно эксцентриситет настраивается лимбом *2*. Зазор между направляющими и фланцем устраняют клином *4*. Закрепление фланца в рабочем положении осуществляют фиксирующим винтом *5*. При обработке нескольких эксцентричных поверхностей, равно удаленных от центра заготовки, пользуются поворотным диском *3*.

*Патрон для обточки и расточки эксцентриков* (рис. 34) предназначен для обработки наружных и внутренних эксцентриков. Перемещение заготовки относительно оси станка для обеспечения требуемого эксцентриситета осуществляется посредством вращения винта *5*, закрепленного в планке *4*. При этом фланец

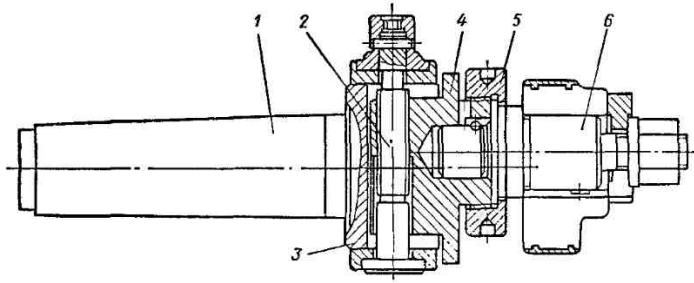



**Рис. 35. Эксцентриковое наладочное приспособление:**
*1* – оправка. *2* – винт. *3* – базовый фланец. *4* – ползун. *5* – гайка. *6* – сменные наладки

*2* вместе с закрепленным на нем патроном *3* перемещается относительно оси оправки *1*. Перемещение его определяется по нониусу планки *4*, закрепленной на фланце *2*.

*Эксцентриковое наладочное приспособление* для установки и закрепления заготовки с отверстием для обработки наружной поверхности (рис. 35) состоит из базового фланца и сменных наладок *6*. Наладка устанавливается в гнездо ползуна *4* по шпоночному пазу и закрепляется гайкой *5*. Настройка приспособления на заданный эксцентриситет осуществляется перемещением ползушки в пазу головки хвостовика посредством винта *2*. Отсчет эксцентриситета производится по шкале и нониусу. Для закрепления ползуна предназначен стопорный винт. При ширине заготовки 50 мм, наружном диаметре 90 мм и внутреннем 32 мм максимальный эксцентриситет составляет не более 10 мм.

## ПЛАНШАЙБЫ, УГОЛЬНИКИ, ОПРАВКИ

Для изготовления кронштейнов, стоек, корпусов и других деталей сложной конфигурации применяются (особенно в мелкосерийном и единичном производстве) приспособления на базе комплекта УСП. Комплект состоит из плит, планшайб, угольников, упоров, планок, прихватов, винтов, гаек и других деталей. В случае установки заготовки на регулируемый угольник положение заготовки относительно оси шпинделя станка может регулироваться при помощи горизонтального и вертикального винтов.

Специализированное переналаживаемое приспособление (рис. 36) предназначено для обработки стоек и кронштейнов. На планшайбе закреплен винтами корпус *2*, имеющий четыре радиальных паза. Три из них служат для направления основных кулачков, на которых закрепляются сменные зажимные кулачки. В четвертом пазу помещен сухарь с установленным на нем угольником. Кулачки и угольник перемещаются с помощью индивидуальных винтов. При наладке приспособления радиальное перемещение угольника определяют по шкале нониуса; после этого угольник закрепляют.

На верхней плоскости угольника для закрепления установочных элементов или непосредственно обрабатываемых заготовок имеются взаимно перпендикулярные калиброванные с резьбовыми отверстиями Т-образные пазы, а также отверстие под центрирующую втулку *6*, ось которой должна пересекаться

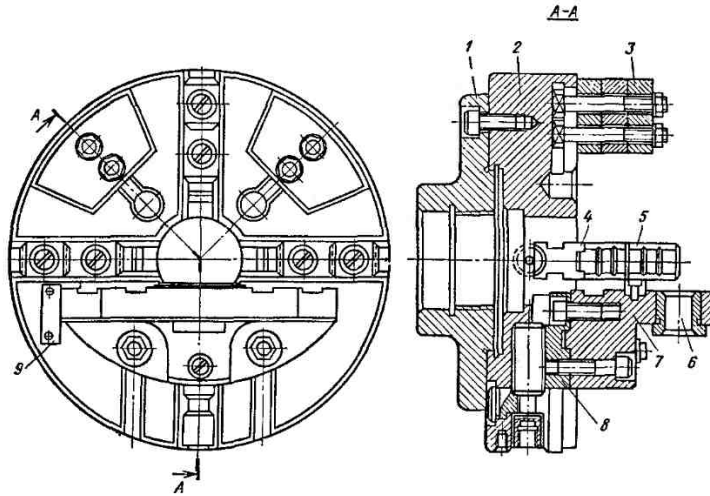



**Рис. 36. Специализированное переналаживаемое приспособление:**
*1* – планшайба; *2* – корпус; *3* – грузы; *4* – основные кулачки; *5* – сменные зажимные кулачки; *6* – центрирующая втулка; *7* – угольник; *8* – сухарь; *9* – шкала нониуса

с осью шпинделя. Эта втулка служит для установки сменных центрирующих пальцев, применяемых при базировании обрабатываемых заготовок по отверстию. Для устранения дисбаланса служат грузы.

При использовании соответствующих наладок на подобных приспособлениях можно устанавливать и обрабатывать самые разнообразные заготовки, для которых прежде проектировались специальные приспособления.

Заготовки деталей типа ступицы могут быть закреплены при помощи технологической планшайбы с резьбовыми отверстиями и прихватами (рис. 37). По радиальным пазам перемещаются сухари прихватов, которые служат для закрепления заготовок. В резьбовые отверстия можно ввертывать винты и костыли для дополнительного зажима несимметричных заготовок, либо острые штыри для закрепления заготовки с поджимом задним центром. В центре технологической планшайбы находится центрирующая бобышка, на которой базируется сменная переходная базирующая шайба. Использование планшайб со штырями позволяет исключить сложный способ выверки и закрепления заготовок сложной конфигурации в четырехкулачковом патроне.

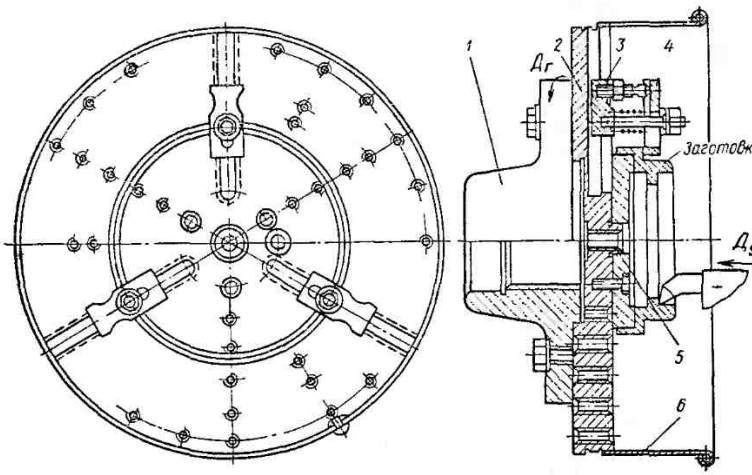



**Рис. 37. Технологическая планшайба с резьбовыми отверстиями и прихватами:** *1* – корпус планшайбы; *2* – планшайба; *3* – сухарь; *4* – планка-прихват; *5* – центрирующая бобышка; *6* – сменная переходная базирующая шайба

Для расширения технологических возможностей универсальных планшайб, применяемых на токарном станке, в них растачивается выточка, на которую центрируются унифицированные сменные переходники, имеющие одинаковый посадочный выступ для центрирования и центральное резьбовое отверстие для крепления заготовки к планшайбе винтом-штревелем, проходящим через отверстие в шпинделе. Каждой обрабатываемой заготовке соответствует свой переходник с гнездом или выступом по базовой поверхности.

Применение *планшайбы для обработки корпусов и рычагов* обеспечивает высокую точность изготовления, сокращает время на установку. Точность обработки обеспечивается повышенной точностью межцентровых расстояний отверстий. Планшайба (рис. 38) состоит из корпуса и тяги. На рабочей части планшайбы расположены ступенчатые отверстия. Планшайба центрируется на станках по конусу Морзе с затяжкой. Установка и крепление заготовки на планшайбу осуществляются с помощью специальных болтов, устанавливаемых в ступенчатые отверстия. Расточенное первое отверстие считается базовым для последующей установки и обработки заготовки.

*Технологическая оправка и планшайба* с острыми штырями,

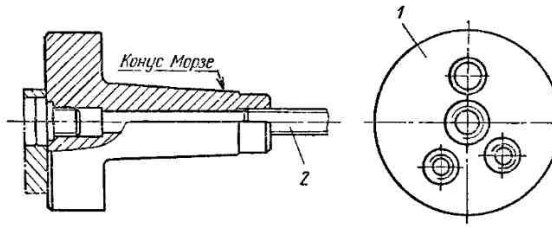



**Рис. 38. Планшайба для обработки корпусов и рычагов:**
*1* – корпус; *2* – тяга

расположенными на их торцах по окружности, служат для закрепления заготовок типа ступенчатого вала (рис. 39, *а*) и диска (рис. 39, *б*). Штыри плотно вставляются в отверстия и могут при необходимости выбиваться с обратной стороны. Положение штырей и их количество можно менять в зависимости от конкретных условий работы. Оправка закрепляется непосредственно в конической расточке шпинделя, а планшайба – на шпинделе станка либо в кулачках патрона. Сила зажима заготовки регулируется поджимом пиноли задней бабки.

Для сокращения вспомогательного времени на зажим и разжим при обработке угловых фланцев применяется *унифицированная планшайба* (рис. 40). Заготовка в планшайбе предварительно базируется на срезанные пальцы и на плоскость основания. Зажим заготовки и работа планшайбы происходят следующим образом. При включении пневмоцилиндра втулка перемещается влево. Через рычаг она перемещает основание кулачка, и происходит зажим заготовки. Одновременно проис-

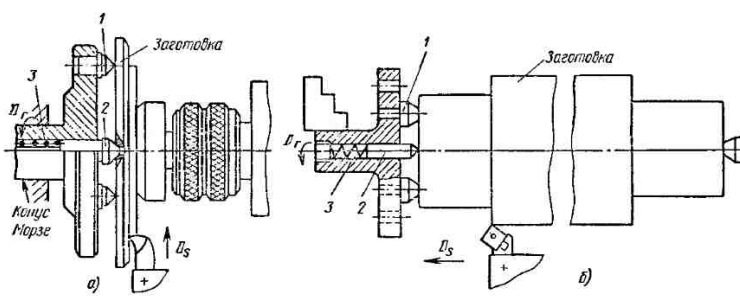



**Рис. 39. Технологическая оправка** *(а)* **и планшайба** *(б)* **со штырями:**
*1* – штырь; *2* – плавающий центр; *3* – пружина

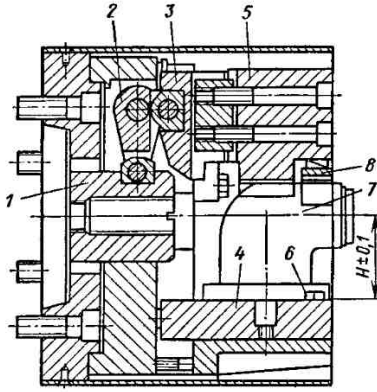



**Рис. 40. Унифицированная планшайба для обработки угловых фланцев:**
*1* – втулка; *2* – рычаг; *3* – основание кулачка; *4* – плоскость основания; *5* – кулачок; *6* – срезанные пальцы; *7* – заготовка; *8* – плавающая призма

ходит окончательное базирование заготовки плавающей призмой. В зависимости от типоразмера заготовки получают размер *H* с помощью сменных переходных плит, базируемых на пальцы и на плоскость основания и закрепляемых винтом через резьбовое отверстие основания.

*Оправка для обработки заготовок без остановки станка* представлена на рис. 41. Вращающаяся часть оправки собрана на поводке *2* и соединена с корпусом при помощи разжимной пружины, шайбы и навернутых на хвостовик фасонной гайки и контргайки.

Оправка предназначена для обработки заготовок без остановки вращения шпинделя. Для уменьшения трения поводок установлен в корпус оправки на подшипниках. В поводок ввернута сменная вставка с многогранным гнездом.

Оправку устанавливают в шпиндель станка. В многогранную вставку помещают обрабатываемую заготовку *4* и поджимают ее вращающимся задним центром *5*. При этом поводок, сжимая пружину своим наружным конусом, прижимается к внутренней конусной части корпуса. Вращение передается от корпуса поводку, который приводит во вращение заготовку.

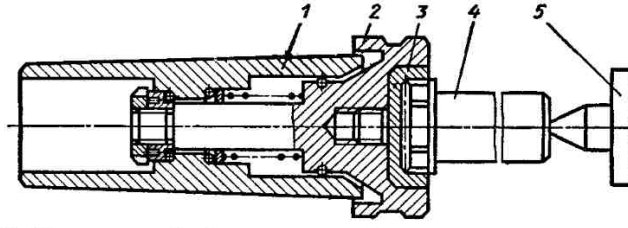



**Рис. 41. Оправка для обработки заготовок без остановки станка:**
*1* – оправка; *2* – поводок; *3* – многогранная вставка; *4* – обрабатываемая заготовка; *5* – вращающийся задний центр

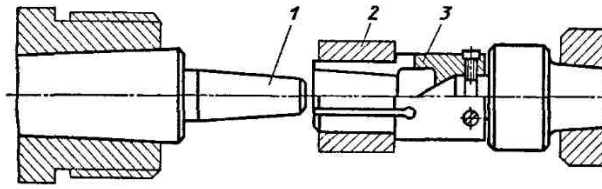



**Рис. 42. Оправка для обработки втулок:**
*1* – оправка; *2* – разжимная цанга; *3* – втулка

После обработки задний центр отводят, и пружина отжимает поводок, который перестает вращаться. Корпус вращается, а обработанная деталь *4* при этом освобождается.

*Оправка для обработки втулок* без остановки станка (рис. 42) хвостовиком устанавливается в шпиндель станка. Другой конец ее служит для закрепления втулки. На вращающемся центре устанавливают разжимную цангу *2*, на которую надевают подлежащую обработке втулку. Передвигая пиноль задней бабки, цангу перемещают по направлению к оправке *1*. При этом конус оправки разжимает цангу, и втулка надежно закрепляется на оправке.

Многоступенчатую оправку для обработки колец и втулок различных типоразмеров целесообразно использовать в условиях мелкосерийного производства. Она состоит (рис. 43) из корпуса *1*, закрепленного в шпинделе станка, эксцентрикового валика *2*, штока *3*, шарика *4*. При повороте валика *2* шток *3* перемещается вправо и толкает шарик *4*, который разжимает пружинную разрезную часть корпуса *1*; заготовка закрепляется.

Повышение производительности при обработке тонкостенных труб с использованием отверстия в качестве базовой

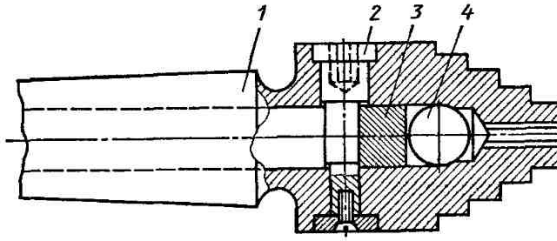



**Рис. 43. Многоступенчатая оправка для обработки колец и втулок**

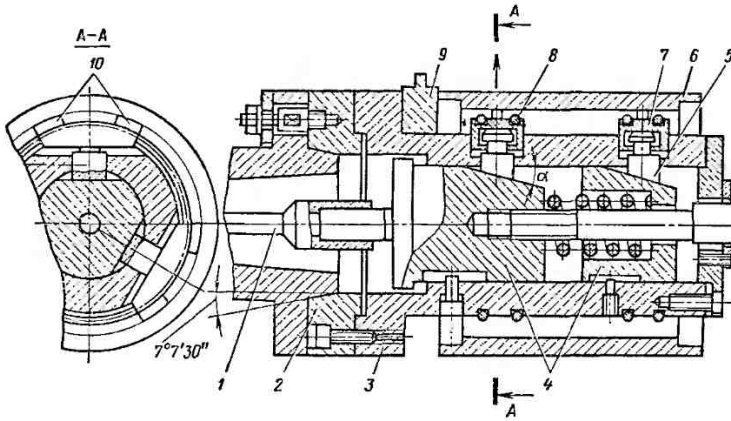



**Рис. 44. Разжимная оправка:**
*1* – шток; *2* – планшайба; *3* – корпус; *4* – ползуны; *5* – плунжер; *6* – обрабатываемая заготовка; *7* – сектор; *8* – пружина; *9* – быстросъемный установ; *10* – нажимной выступ

поверхности достигается применением разжимной оправки (рис. 44). Она обеспечивает надежное закрепление при значительном перепаде размеров базового отверстия обрабатываемых труб. Оправка состоит из планшайбы и корпуса, которые соединены винтами. В корпусе размещены два ползуна, перемещающиеся в осевом направлении. Осевое перемещение ползунам передается через шток, который соединен с пневмо- или гидроприводом. Для уменьшения деформации при зажиме каждый плунжер снабжен двумя нажимными выступами. Труба устанавливается на сектора плунжеров до быстросъемного установа. Зажим осуществляется за счет передвижения ползунов из крайнего правого положения вправо. Такое перемещение ползунов вынуждает плунжера и сектора двигаться в радиальном направлении в распор, в результате этого заготовка оказывается зажатой. После ее зажима на оправке быстросъемный установ убирается с целью возможного обеспечения подрезки и расточки левого торца. Разжим осуществляется за счет перемещения ползунов из крайнего правого положения влево, при этом сектора под действием пружин возвращаются в исходное положение.

Техническая характеристика оправки следующая: ход штока 15–20 мм; ход зажимных секторов 5,5–7,5 мм; угол подъема наклонной плоскости плунжеров 20°.

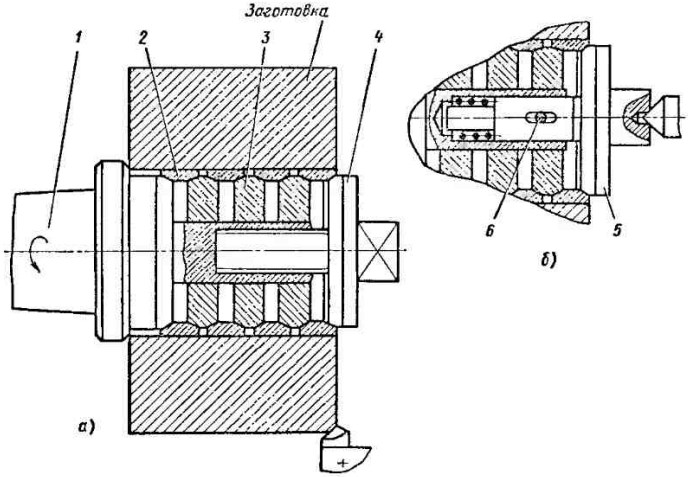



**Рис. 45. Оправка с разжимными кольцами для закрепления втулок:**
*1* – корпус; 2 – разжимное кольцо; *3* – нажимная шайба; *4* – нажимной винт; *5* – нажимной диск; *6* – штифт

Для надежного центрирования и ускоренного закрепления втулок применяются оправки с разжимными разрезными кольцами (рис. 45, *а*). При заворачивании нажимного винта он воздействует на первое кольцо, разжимая его. Одновременно кольцо сдвигает первую шайбу, а шайба сдвигается и разжимает второе кольцо и т. д. Ускоренный зажим достигается с помощью нажимного диска (рис. 45, *б*), поджимаемого пинолью задней бабки (вручную или от пневмопривода).

*Разжимная оправка* с разрезной втулкой (рис. 46) предназначена для крепления заготовок с небольшим вылетом и базированием по внутренней цилиндрической поверхности. В оправке движется шток, разжимающий центрирующую втулку. При помощи гайки и сухаря через шток осуществляется крепление обрабатываемой заготовки.

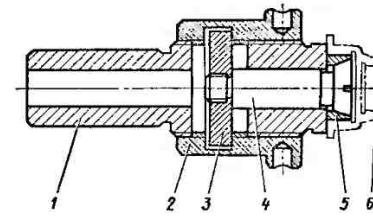



**Рис. 46. Разжимная оправка с разрезной втулкой:**
*1* – корпус оправки; *2* – гайка; *3* – сухарь; *4* – шток; *5* – разжимная втулка; *6* – заготовка

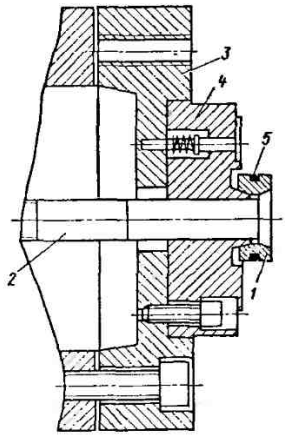



**Рис. 47. Разжимной патрон для крепления тонкостенных заготовок:**
*1* – разрезная втулка; *2* – палец; *3* – планшайба; *4* – фланец; *5* – пружина

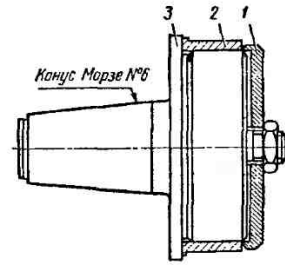



**Рис. 48. Специальная оправка для обработки заготовок типа стаканов:**
*1* – шайба; *2* – заготовка; *3* – оправка

Для крепления тонкостенных заготовок применяется разжимной патрон (рис. 47). Крепление осуществляется с помощью пальца от пневмопривода. Размер патрона зависит от внутреннего диаметра заготовок (20–70 мм). Патрон состоит из планшайбы, фланца, пальца, сменной разрезной втулки, которую подбирают в зависимости от размеров отверстия обрабатываемой заготовки. Фиксируется разрезная втулка пружиной.

При обработке деталей типа стаканов на токарных станках применяется *специальная оправка* (рис. 48), которая обеспечивает получение высокой точности деталей, так как при закреплении деформация практически исключена. При обработке оправка вставляется конусной частью в шпиндель станка, затем на нее насаживается заготовка, которая прижимается шайбой и затягивается гайкой.

*Быстропереналаживаемое приспособление* (рис. 49) предназначено для крепления расточных резцов на токарном станке. Державка с барабаном устанавливается в резцедержателе станка. Применение барабана с тремя закрепленными расточными резцами исключает проверку положения резца (по центру). Вспомогательное время сокращается за счет того, что замена

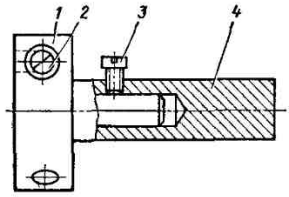



**Рис. 49. Быстропереналаживаемое приспособление для крепления резцов:** *1* – поворотный барабан; *2* – зажимной винт; *3* – фиксатор барабана; *4* – державка

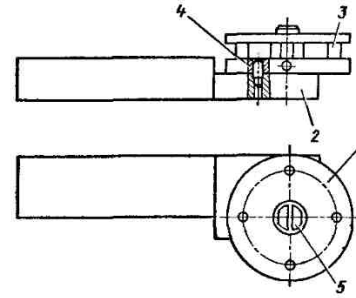



**Рис. 50. Четырехпозиционная оправка:** *1* – кассета; *2* – корпус; *3* – ролики; *4* – фиксатор; *5* – осевой винт

одного резца другим осуществляется поворотом барабана и фиксацией в заданном положении винтом.

Применение *четырехпозиционной накатной оправки* (рис. 50) обеспечивает быструю и точную переналадку при обработке различных профилей. Оправка закрепляется в резцедержателе токарного станка. Отпуская осевой винт, устанавливают нужный профиль накатки, затем винт фиксируется, и происходит обработка. При помощи четырех осей в оправке могут крепиться четыре различных ролика.

## ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Токарные станки 1М63, 16К20П, 1А661 имеют привод механической подачи верхних салазок суппорта. Короткие конические поверхности обтачиваются при механической подаче верхних салазок суппорта, повернутых на заданный угол. Обработка же длинных конических поверхностей выполняется методом двух подач, т. е. сочетанием продольной подачи каретки и механической подачи повернутых верхних салазок (рис. 51). Угол поворота верхних салазок $\beta$ определяется из решения треугольника подач по теореме синусов:

$$\frac{S_в}{\sin\alpha} = \frac{S_{п.к}}{\sin(\beta \pm \alpha)},$$

где $S_в$ – подача верхних салазок (мм/об); $S_{п.к}$ – продольная

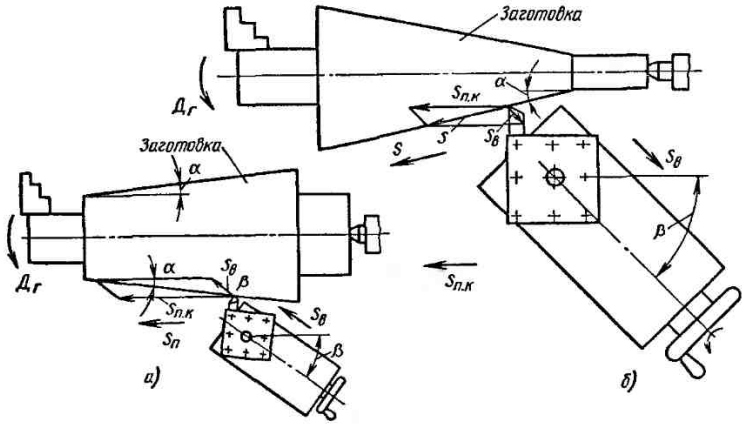



**Рис. 51. Схема обработки конической поверхности методом двух подач при подаче верхних салазок от токаря *(а)* и на токаря *(б)***

подача каретки (мм/об); $\alpha$ – заданный угол наклона обрабатываемой конической поверхности; $\beta$ – угол поворота верхних салазок; знак «+» – при движении верхних салазок на токаря; «–» – при движении салазок от токаря.

Угол поворота верхних салазок определяется из формулы

$$\sin(\beta \pm \alpha) = \frac{S_{\text{п.к}}}{S_{\text{в}}} \sin\alpha,$$

где

$$\beta \pm \alpha = \arcsin\left(\frac{S_{\text{п.к}}}{S_{\text{в}}} \sin\alpha\right).$$

Тогда

$$\beta = \alpha \mp \arcsin\left(\frac{S_{\text{п.к}}}{S_{\text{в}}} \sin\alpha\right),$$

где «–» – при движении на токаря; «+» – при движении от токаря.

Отношение $S_{\text{п.к}}/S_{\text{в}} = A$ для каждого станка постоянно. Для его определения составляется уравнение баланса кинематической цепи от ходового вала к реечному зубчатому колесу и к винту верхних салазок:

для станка 16К20П (рис. 52, *а*)

$$S_{\text{п.к}} = 1 \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{41} \cdot \frac{17}{66} \pi \cdot 3 \cdot 10;$$

$$S_{\text{в}} = 1 \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{24}{29} \cdot \frac{29}{18} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{36} \cdot \frac{20}{20} \cdot 5;$$

для станка 1М63 (рис. 52, *б*)

$$S_{\text{п.к}} = 1 \cdot \frac{24}{44} \cdot \frac{3}{36} \cdot \frac{55}{55} \cdot \frac{22}{66} \cdot \pi \cdot 4 \cdot 12;$$

$$S_{\text{в}} = 1 \cdot \frac{24}{44} \cdot \frac{3}{36} \cdot \frac{52}{52} \cdot \frac{63}{20} \cdot \frac{31}{31} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{25}{25} \cdot 5;$$

$$A = \frac{S_{\text{п.к}}}{S_{\text{в}}} = 3{,}0.$$

При работе с подачей верхних салазок на токаря зазор между винтом и гайкой верхних салазок образуется со стороны действия на резец отжимающей силы, поэтому возможны скачки салазок. Для их исключения необходимо положить на верхние салазки груз массой 8 – 10 кг.

**Пример.** Настроить токарный станок 1М63 для обработки конических поверхностей методом сочетания продольной подачи и подачи верхних салазок от токаря (см. рис. 51, *а*). Передаточное отношение $A = S_{\text{п.к}}/S_{\text{в}} = 3{,}19$; $\alpha = 1°08'45''$. Определим угол поворота верхних салазок:

$$\beta = \alpha + \arcsin\left(\frac{S_{\text{п.к}}}{S_{\text{в}}} \sin\alpha\right);$$

$$\sin 1°08'45'' = 0{,}02;$$

$$3{,}19 \sin\alpha = 3{,}19 \cdot 0{,}02 = 0{,}0638;$$

$$\arcsin 0{,}0638 = 3°39'48'';$$

$$\beta = 3°39'48'' + 1°08'45'' = 4°48'33''.$$

Подача для настройки станка рассчитывается по теореме косинусов (см. рис. 51, *б*):

$$S^2 = S_{\text{п.к}}^2 + S_{\text{в}}^2 - 2S_{\text{п.к}}S_{\text{в}}\cos\beta,$$

где $S_{\text{п.к}} = S_{\text{кор.под}}$, т. е. подаче, настраиваемой коробкой подач; $S$ – выбранная подача (мм/об).

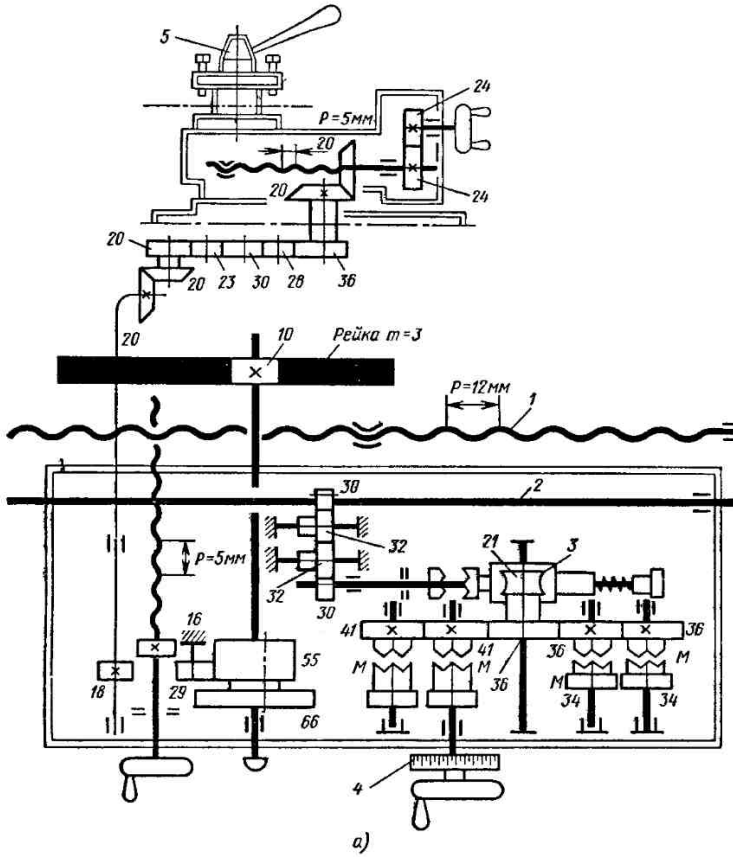


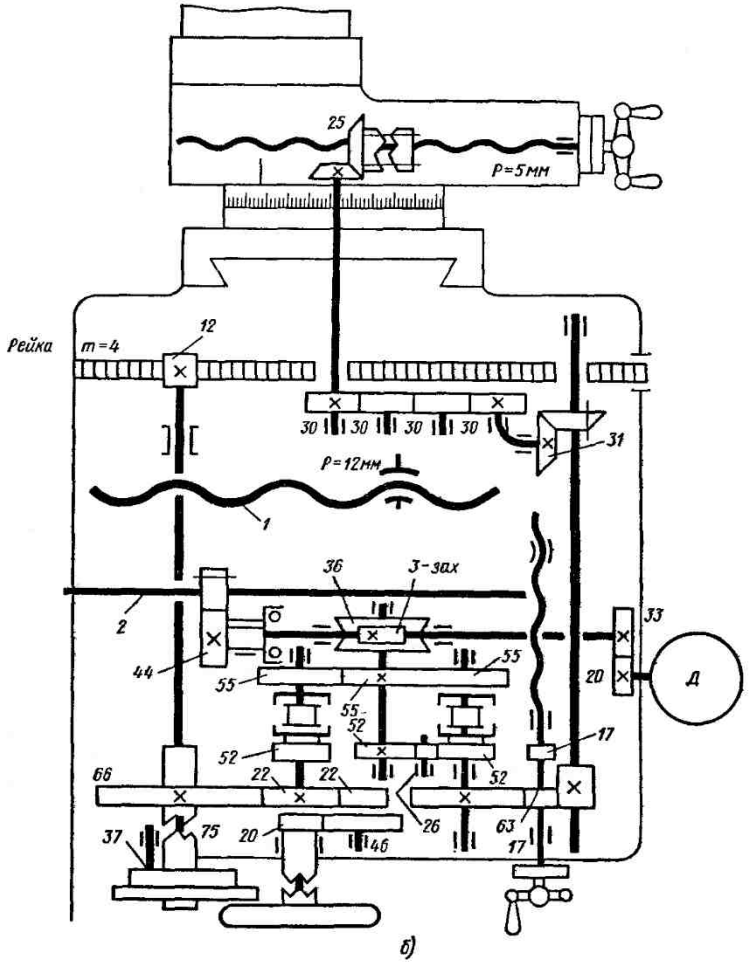

**Рис. 52. Кинематическая схема фартука и верхних салазок токарно-винторезных станков 16К20П (*а*) и иерхних салазок 1М163 (*б*):**

*1* – ходовой винг; *2* – ходовой вал; *3* – предохранительная муфта; *4* – лимб продольной подачи; *5* – верхние салазки суппорта с механической подачей (цифрами обозначены числа зубьев зубчатых колес)

Так как $S_{п.к}/S_в = A$, то $S_в = S_{п.к}/A$. Тогда

$$S^2 = S_{п.к}^2 + \left(\frac{S_{п.к}}{A}\right)^2 - \frac{2S_{п.к}^2}{A}\cos\beta;$$

$$S^2 = S_{п.к}^2\left(1 + \frac{1}{A^2} - \frac{2\cos\beta}{A}\right) = \frac{S_{п.к}^2(A^2 + 1 - 2A\cos\beta)}{A^2}.$$




Продольная подача $S_{п.к} = \dfrac{SA}{\sqrt{A^2 + 1 - 2A\cos\beta}}$.

При обработке конических поверхностей можно сочетать автоматическую продольную подачу каретки суппорта с авто-

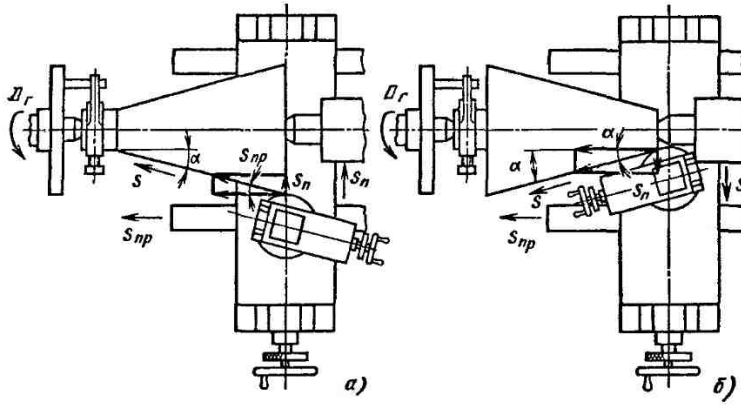



**Рис. 53. Схема обработки конической поверхности методом совмещения продольной и поперечной подач при движении:**
*а* — на токаря; *б* — от токаря

матической подачей поперечных салазок (рис. 53). Для этого необходима модернизация станка, заключающаяся в установке гитары со сменными зубчатыми колесами на передней стенке фартука станка, для кинематической связи с помощью этой гитары реечного механизма продольной подачи с винтовой парой поперечной подачи.

Передаточное число гитары $u_{гит} = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4}$. Отношение поперечной подачи $S_п$ к продольной подаче $S_{пр}$ будет определять получаемый угол уклона обрабатываемой конической поверхности $S_п / S_{пр} = \operatorname{tg} \alpha$. Это отношение выводится из уравнений балансов кинематических цепей от ходового вала до реечного зубчатого колеса и от ходового винта до винта поперечного суппорта:

$$S_п = 1 \frac{27}{28} \cdot \frac{4}{20} \cdot u_{гит} \cdot 5;$$

$$S_{пр} = 1 \frac{27}{28} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{40}{37} \cdot \frac{14}{66} \cdot \pi \cdot 3 \cdot 10;$$

$$\frac{S_п}{S_{пр}} = \frac{u_{гит} \cdot 5 \cdot 37 \cdot 66}{40 \cdot 14\pi \cdot 3 \cdot 10} = \operatorname{tg} \alpha.$$

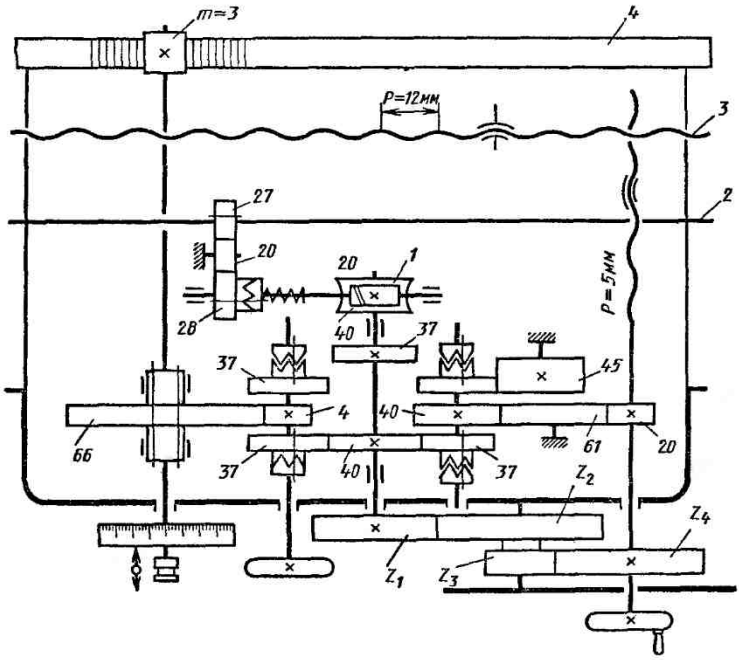



**Рис. 54. Гитара станка 1К62 для передачи вращения на винт поперечного суппорта:**
*1* – червяк четырехзаходный; *2* – ходовой вал; *3* – ходовой винт; *4* – рейка. Цифрами обозначены числа зубьев зубчатых колес

Передаточное число сменных зубчатых колес гитары для станка 1К62 (рис. 54)

$$u_{\text{гит}} = 43{,}20393 \operatorname{tg} \alpha.$$

**Пример.** Обработать коническую поверхность с $\alpha = 10°20'$. Найдем $\operatorname{tg} \alpha = 0{,}18233$; тогда $u_{\text{гит}} = 43{,}20393 \cdot 0{,}18233 = 7{,}87742$.

Это число можно заменить следующим отношением: $\frac{1064}{135} = \frac{1}{0{,}126880}$, что соответствует набору зубчатых колес

$$\frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = \frac{133 \cdot 160}{30 \cdot 90}.$$

Погрешность фактического угла $\alpha$ составит несколько секунд.

После расчета осуществляется набор зубчатых колес. Если зубчатые колеса нельзя подобрать из имеющегося набора для получения расчетного передаточного числа, то станок настраивается на обработку конической поверхности с углом, для которого возможен достаточно точный подбор зубчатых колес. Погрешность угла компенсируется смещением корпуса задней бабки или смещением центра задней бабки.

Заготовка обтачивается с настройкой на угол $\alpha_1$ и угломером замеряется фактически получающийся угол наклона $\alpha$. Погрешность составляет $\Delta = \alpha - \alpha_1$. Смещение корпуса задней бабки, необходимое для компенсации погрешности, определяется по формуле

$$H = L \sin \Delta.$$

Если погрешность вызывает увеличение заданного угла ($\alpha_1 = \alpha + \Delta$), то корпус задней бабки смещается на токаря, а если уменьшение ($\alpha_1 = \alpha - \Delta$), то смещается от токаря.

Смещение корпуса задней бабки компенсирует не только погрешность угла $\alpha$ от неточности подбора сменных зубчатых колес, но и погрешности, возникающие от неточности изготовления зубчатых колес фартука и гитары и их изнашивания, и погрешности от неперпендикулярности перемещения поперечных салазок по отношению к оси шпинделя.

## ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНУСОВ

*Механизированное приспособление для обточки и расточки пологих конусов* (рис. 55) состоит из корпуса *1*, закрепленного на суппорте станка. В отверстии выступа корпуса находится ведущая рейка, а внутри корпуса посажено на ось зубчатое колесо, находящееся в зацеплении с ведущей *2* и ведомой *8* рейками. Последняя жестко закреплена на подвижной части верхних салазок суппорта.

При включении подачи станка ведущая рейка, соединенная тягой и вилкой с кронштейном, жестко установленным на станине станка, остается неподвижной. При этом зубчатое колесо, начиная вращаться, приводит в движение ведомую рейку, которая вместе с подвижной, освобожденной от винта частью верхних салазок суппорта, приходит в движение. Начинается процесс обработки.

Это приспособление обеспечивает механическую подачу верхних салазок суппорта и плавную подачу резца.

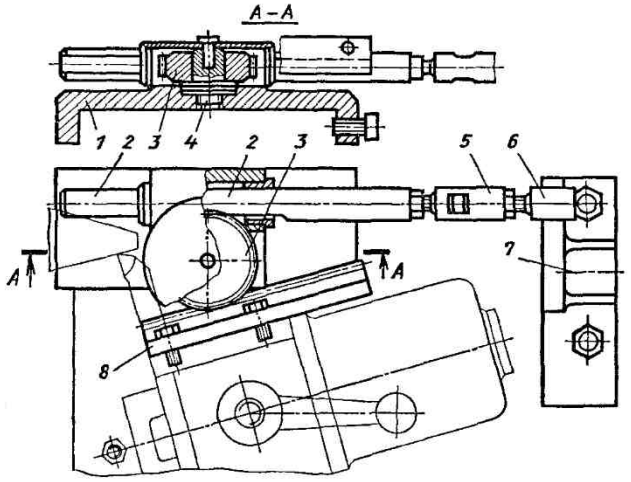



**Рис. 55. Приспособление для обработки пологих конусов:**
*1* – корпус; *2* – ведущая рейка; *3* – зубчатое колесо; *4* – ось; *5* – тяга; *6* – вилка; *7* – кронштейн; *8* – ведомая рейка

При обработке длинных наружных конических поверхностей с малым углом уклона применяется *смещаемый центр*, устанавливаемый в заднюю бабку станка (рис. 56). Это исключает трудоемкий процесс установки, разворота и выверки положения корпуса задней бабки. Смещение определяется из зависимости $H = L\sin\alpha$, где $L$ – длина обрабатываемой заготовки; $\alpha$ – заданный угол наклона конической поверхности. Вращающийся центр с шариковым наконечником связан с ползушкой, которая по направляющим, имеющим форму ласточкина хвоста, перемещается по корпусу при помощи винта. Смещение контролируется по шкале на корпусе приспособления.

Для обточки заготовок с большим углом уклона применяется приспособление, показанное на рис. 57.

Планку *2* двумя винтами закрепляют на суппорте токарного станка. Копир *3* крепится двумя винтами на кронштейне *5*, который, в свою очередь, втулкой и гайкой крепят в гнезде верхних салазок суппорта на месте предварительно снятого винта верхних салазок.

При настройке станка для обточки конусов верхнюю часть пальца, закрепленного в планке, вставляют в паз копира. Верхние салазки суппорта поворачивают на угол, равный заданно-

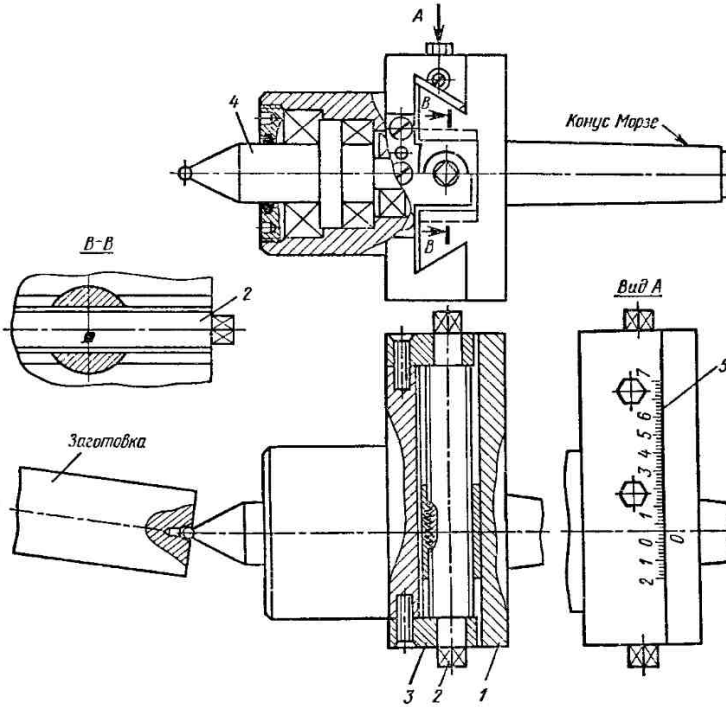



**Рис. 56. Смещаемый задний центр:**
*1* – корпус; *2* – винт смещения центра; *3* – ползушка; *4* – центр; *5* – шкала ползушки

му углу уклона обрабатываемой заготовки, уменьшенному на 15°, так как паз копира расположен под углом 15° к горизонтали. После настройки приспособления включают поперечную подачу и протачивают заготовку под заданным углом.

*Приспособление для проточки длинных конусов* (рис. 58) состоит из корпуса *1*, которым оно устанавливается в резцедержатель *2*. Державка с резцом закрепляется в корпусе. Резец в крайнем положении удерживается пружиной. В корпус вставляется копир с углом конуса, соответствующим углу конуса обрабатываемой заготовки. Кронштейн, соединенный с копиром тягой, закреплен на станке.

При вращении заготовки и движении каретки суппорта копир входит в пространство между роликами и, отжимая резец,

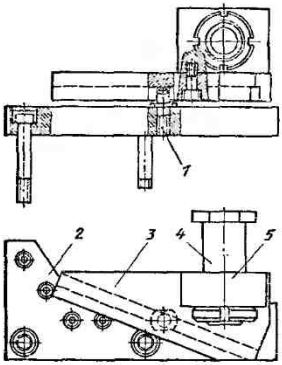



**Рис. 57. Приспособление для обработки конусов с большим углом уклона:**
*1* – палец; *2* – планка; *3* – копир; *4* – втулка; *5* – кронштейн

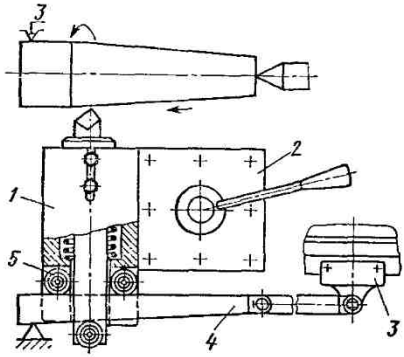



**Рис. 58. Приспособление для проточки длинных конусов:**
*1* – корпус; *2* – резцедержатель; *3* – кронштейн; *4* – копир; *5* – ролики

образует конус на заготовке. Если требуется несколько переходов для снятия припуска, резец выдвигается на заданную величину винтом верхних салазок суппорта.

Для обработки заготовок с коническими поверхностями при их серийном изготовлении применяется *копирное рычажное приспособление* (рис. 59). В пиноль задней бабки вставляется закаленный копир, соответствующий профилю обрабатываемой детали. Приспособление состоит из державки с двумя взаимно перпендикулярными пазами: в продольном находится двуплечий рычаг, качающийся на оси, а в поперечном движется ползушка с квадратным отверстием для резца. В ползушке сделано углубление для установки головки рычага. Установленный по оси заготовки резец в ползушке закрепляется двумя винтами. Ползушка с резцом устанавливается в державке, которая крепится в резцедержателе станка. Обрабатываемая заготовка закрепляется в патроне. При механической подаче каретки по направлению к передней бабке наконечник рычага прижимается к образующей копира, рычаг поворачивается вокруг оси и передает движение ползушке с резцом. При отводе суппорта под действием пружины ползушка с резцом возвращается в исходное положение.

При обработке больших партий заготовок с коническими поверхностями совмещение продольной и поперечной подач

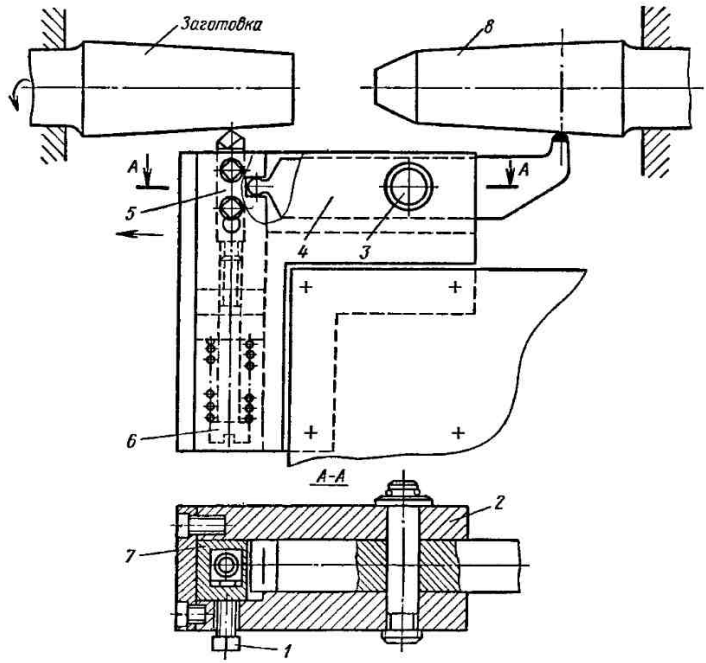



**Рис. 59. Копирное рычажное приспособление:**
*1* – винт; *2* – державка; *3* – ось; *4* – двуплечий рычаг; *5* – резец; *6* – регулировочный винт; *7* – ползушка; *8* – копир

можно обеспечить за счет наладки станка с помощью тросика (рис. 60, *а*). На винт поперечных салазок насаживается барабан, на котором навит тонкий тросик. Один конец тросика зажат в специальном кронштейне, прикрепленном к основанию задней бабки. При продольной подаче каретки тросик, свинчиваясь с барабана, вращает его, что обусловливает вращение винта поперечных салазок и поперечное перемещение салазок (рис. 60, *б*).

Соотношение продольной и поперечной подач вызывает перемещение вершины резца под углом к оси шпинделя:

$$\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{пр}}} = \operatorname{tg}\alpha;$$

тогда

$$S_{\text{п}} = S_{\text{пр}} \operatorname{tg}\alpha.$$

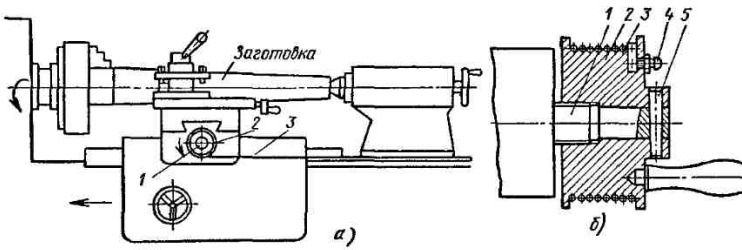



**Рис. 60. Схема обработки конической поверхности:**
*а* – схема тросиковой наладки; *б* – узел крепления барабана; *1* – винт поперечного суппорта; *2* – барабан; *3* – тросик; *4* – винт стопорения конца тросика; *5* – клин

Для получения заданного угла уклона обрабатываемой конической поверхности необходимо рассчитать диаметр барабана.

Скорость продольного перемещения $v_{пр} = S_{пр} n_{шп}$. Она равна скорости свивания тросика с барабана, т. е. окружной скорости барабана: $v_б = \pi D_б n_б$, где $D_б$ – диаметр барабана; $n_б$ – частота вращения барабана.

Скорость поперечной подачи $S_п = n_б P_п$, где $P_п$ – шаг винта поперечных салазок, мм.

В то же время $S_п = S_{пр} \operatorname{tg} \alpha$. Следовательно,

$$\frac{S_{пр} n_{шп}}{\pi D_б} P_п = S_{пр} \operatorname{tg} \alpha.$$

Отсюда

$$\frac{n_{шп} P_п}{\pi D_б} = \operatorname{tg} \alpha;$$

$$D_б = \frac{n_{шп} P_п}{\pi \operatorname{tg} \alpha}.$$

**Пример.** Станок 1К62; $\alpha = 82°$; $\operatorname{tg} \alpha = 7{,}1154$; $n_{шп} = 500$ мин$^{-1}$; $P_п = 5$ мм. Тогда $D_б = \dfrac{500 \cdot 5}{3{,}14 \cdot 7{,}1154} = 140{,}987$ мм.

Принимаем $D_б = 140{,}99$ мм.

Благоприятный для конструктивного исполнения диапазон диаметров получается при обработке с большим углом уклона ($\alpha = 45 \div 85°$).

Для точной обработки конической поверхности следует учитывать диаметр тросика. При изготовлении барабана с точ-

ностью диаметра до второго знака приведенный расчет обеспечивает точность угла уклона обрабатываемой конической поверхности $\pm 10'$.

Врезание после каждого перехода производится верхними салазками суппорта.

Если тросик сматывается с барабана снизу, то при подаче каретки справа налево винт поперечного суппорта будет вращаться влево, и поперечная подача будет направлена от токаря. Такая наладка обеспечивает обработку конических поверхностей с большим диаметром со стороны передней бабки.

## ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Фасонные поверхности с радиусом сопряжения до 2 мм можно обрабатывать, применяя копировальное приспособление (рис. 61).

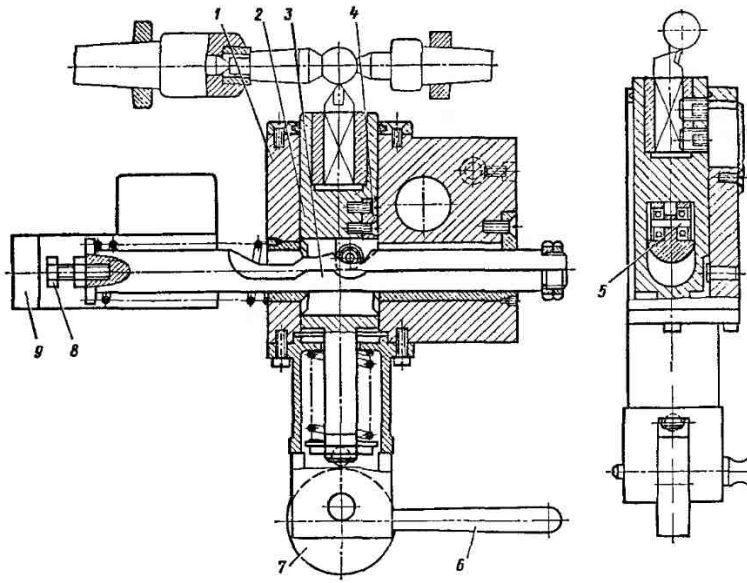



**Рис. 61. Копировальное приспособление для точения фасонных поверхностей:** *1* – корпус; *2* – пиноль; *3* – копир; *4* – корпус ролика; *5* – ролик; *6* – рукоятка; *7* – эксцентрик; *8* – регулировочный винт; *9* – упор

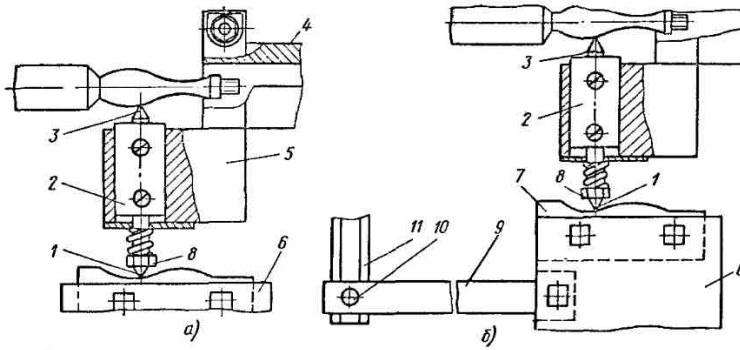



**Рис. 62. Приспособление для обточки фасонных поверхностей:**
*а* – с дополнительным резцедержателем; *б* – с механической подачей; *1* – щуп; *2* – ползун; *3* – резец; *4* – пиноль задней бабки; *5* – дополнительный резцедержатель; *6* – резцедержатель; *7* – копир; *8* – гайка; *9* – тяга; *10* – палец; *11* – кронштейн

При включении подачи суппорт станка вместе с приспособлением движется к передней бабке. Копир *3* с закрепленным в нем регулировочным винтом *8* встречает на пути упор *9*, установленный на станине станка. Ролик *5*, вращающийся в шариковых подшипниках, закрепленных в корпусе *4* ролика, начинает скользить по контуру копира, вращаясь вокруг своей оси. Одновременно с этим начинается обработка заготовки. Вращаясь, ролик легко переходит с одной криволинейной поверхности копира на другую.

После обработки, пользуясь поперечной подачей суппорта, отводят приспособление на 15–20 мм от заготовки. С помощью рукоятки поворачивают эксцентрик, который, перемещая пиноль в направлении к заготовке, освобождает копир. Последний под действием пружины возвращается в исходное положение.

При расчете копира необходимо учитывать радиус ролика и радиус закругления резца. Радиус копира принимают равным сумме радиусов детали, ролика и резца.

*Приспособление для обработки фасонных поверхностей* (рис. 62, *а*) состоит из дополнительного резцедержателя *5*, который крепится винтами к пиноли задней бабки. В нем размещен ползун *2* и резец *3*, закрепленный винтами. Копир винтами крепится к резцедержателю станка. Пружина одним концом упирается в шайбу, а другим – в торец гайки. Пружина обеспечивает постоянный контакт щупа с копиром.

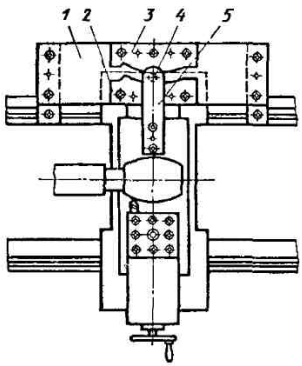



**Рис. 63. Копировальное устройство для точения фасонных поверхностей**

При обработке суппорт вместе с копиром остается неподвижным, а пиноль с дополнительным резцедержателем перемещают при помощи маховика. При этом траектория перемещения резца соответствует форме копира, закрепленного в резцедержателе станка, и обеспечивается получение заданной фасонной поверхности. Для обработки конусов достаточно заменить фасонный копир коническим.

По аналогичному принципу работает приспособление, показанное на рис. 62, *б*. Его отличительной особенностью является то, что подача осуществляется механически. Винт верхних салазок суппорта вынимается, а в резцедержателе станка закрепляется тяга *9*. В нее запрессован палец *10*, имеющий возможность перемещаться в пазе кронштейна *11*, закрепленного на станине станка. Резцедержатель станка с закрепленным в нем копиром остается неподвижным. Механическая подача задней бабки осуществляется суппортом через соединительную скобу.

*Копировальное устройство* для точения фасонных поверхностей на заготовках большого диаметра и малой длины представлено на рис. 63. Корпус *1* приспособления закреплен на станине станка, а сменные копиры *2* и *3* образуют паз, в который входит палец *4* тяги *5*, связанной с суппортом. При включении подачи резец получает перемещение от копира с помощью тяги *5*.

## ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Применение *приспособления для расточки* сферических поверхностей (рис. 64) обеспечивает гарантированную точность обработки и позволяет обходиться при обработке без гидросуппорта и специальных шаблонов. Приспособление устанавливается на суппорт станка (вместо каретки) в кольцевой паз и закрепляется болтами; при помощи рукоятки и червячной

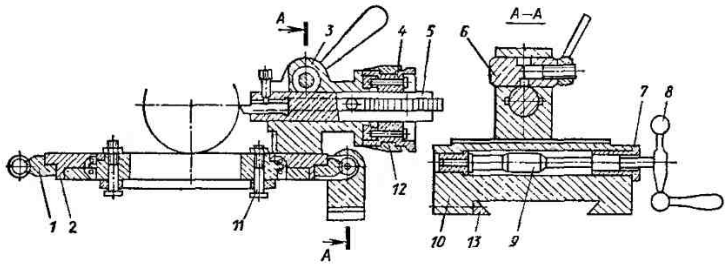



**Рис. 64. Приспособление для расточки сферических поверхностей:**
*1* – червячное колесо; *2* – опорный фланец; *3* – резцедержатель; *4* – резьбовая втулка; *5* – пиноль; *6* – сухарь; *7* – втулка; *8* – рукоятка; *9* – червяк; *10* – кронштейн; *11* – болт; *12* – лимб; *13* – клин

пары осуществляется вращение опорного фланца. Червяк, смонтированный в кронштейне, вращается во втулках, кронштейн же закреплен на направляющих суппорта клином. В резцедержателе имеется пиноль с гнездом для установки резца на необходимый размер; пиноль стопорится сухарями. Перемещение пиноли осуществляется при вращении резьбовой втулки, на которую посажен лимб.

Разновидностью приспособления для обработки сферических поверхностей является поворотный стол, показанный на рис. 65. Стол основанием устанавливается вместо резцедержателя на суппорт токарного станка. Стол вращается вместе с резцедержателем с закрепленным в нем резцом; вращение столу передается через червячную передачу от рукоятки. При-

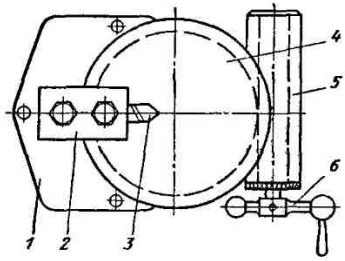



**Рис. 65. Поворотный стол для обработки сферических поверхностей:**
*1* – основание стола; *2* – резцедержатель; *3* – резец; *4* – червячное колесо; *5* – червяк; *6* – рукоятка

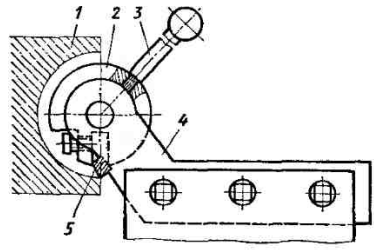



**Рис. 66. Приспособление для расточки сфер:**
*1* – заготовка; *2* – диск; *3* – рукоятка; *4* – державка; *5* – резец

менение поворотного стола для обработки сферических поверхностей позволяет вести обработку заготовок из любых сталей и сплавов, исключить изготовление копиров и специальных резцов и получить шероховатость обработки при точении сферических поверхностей до $Ra = 1{,}25 \div 0{,}63$ мкм. Применение поворотного стола особенно эффективно при изготовлении деталей небольшими партиями или выполнении разовых заказов, когда отсутствует копировальное оборудование и нет возможности изготовлять специальные резцы.

В условиях единичного и мелкосерийного производства рекомендуется применять приспособление для расточки сфер, показанное на рис. 66. В заготовке *1* рукояткой *3* плавно перемещают диск *2* с закрепленным в нем резцом определенного вылета.

Расточная оправка (рис. 67) предназначена для обработки на токарных станках внутренних сферических и торцовых поверхностей с минимальным радиусом 80 мм в условиях единичного и мелкосерийного производства. При работе оправка устанавливается на суппорте токарного станка вместо резцедержате-

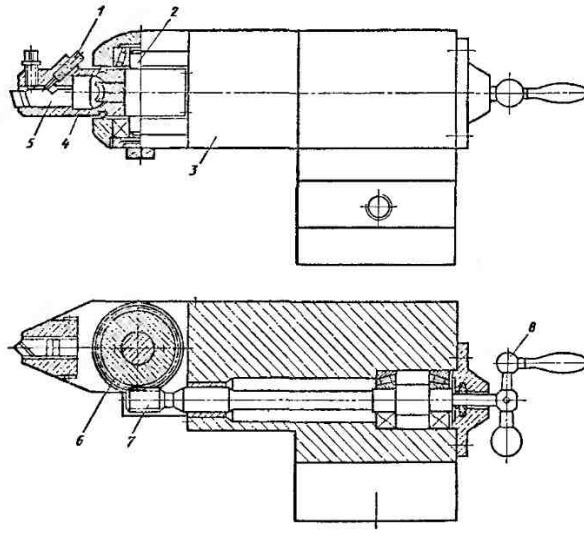



**Рис. 67. Расточная оправка для обработки внутренних сферических и торцовых поверхностей:**
*1* – винт; *2* – ось; *3* – корпус; *4* – державка; *5* – резец; *6* – червячное колесо; *7* – червяк; *8* – рукоятка

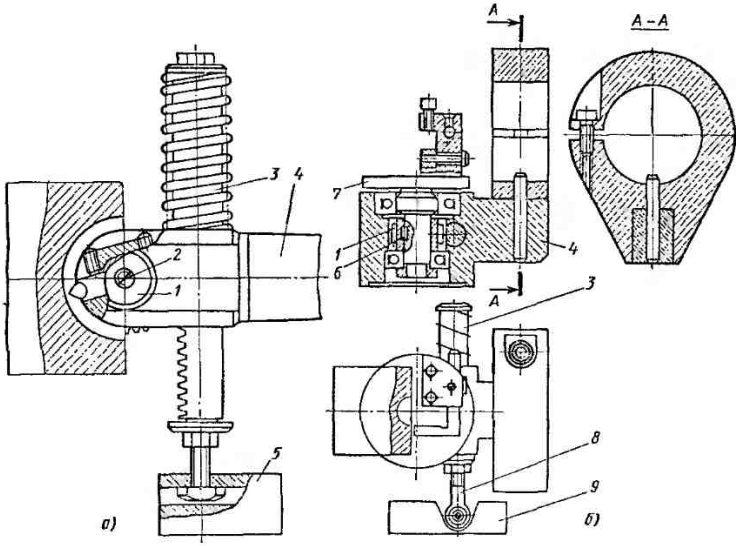



**Рис. 68. Приспособление для расточки сфер:**
*а* – диаметром 50–100 мм; *б* – диаметром 10–60 мм; *1* – шестерня; *2* – ось; *3* – рейка; *4* – корпус; *5* – упор; *6* – шпонка; *7* – поворотный стол; *8* – тяга; *9* – планка

ля. Максимальный радиус обработки определяется вылетом резца. Расточная оправка состоит из корпуса, в котором расположена червячная пара и державка. Державка жестко связана с червячным колесом и закреплена на оси на конических подшипниках. Поворот державки с резцом при обработке осуществляется вручную при вращении маховика.

Приспособление для расточки сфер диаметром 50–100 мм (рис. 68, *а*) устанавливают в пиноли задней бабки токарного станка. Упор 5 закрепляют в резцедержателе станка и посредством болта соединяют с рейкой *3* приспособления.

При включении поперечной подачи станка упор *5* сообщает прямолинейное движение рейке *3*, которая, перемещаясь внутри корпуса *4*, заставляет вращаться зубчатое колесо *1*, расположенное на оси *2*. При вращении зубчатого колеса резец, закрепленный в нем, растачивает отверстие по заданному радиусу.

Приспособление для расточки сфер диаметром 10–60 мм (рис. 68, *б*) устанавливают в пиноль задней бабки токарного

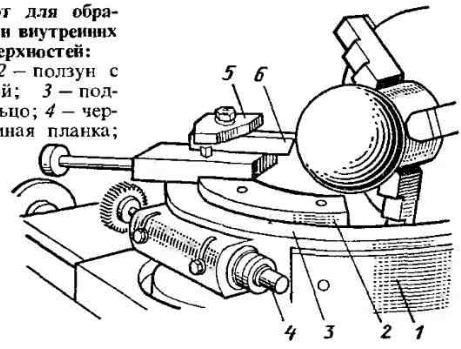



**Рис. 69. Суппорт для обработки наружных и внутренних сферических поверхностей:**
*1* – основание; *2* – ползун с зубчатой рейкой; *3* – поджимное полукольцо; *4* – червяк; *5* – прижимная планка; *6* – резец

станка. Планку *9* закрепляют в резцедержателе и с помощью тяги *8* соединяют ее с рейкой *3* приспособления.

При включении поперечной подачи станка планка *9* сообщает прямолинейное движение через тягу рейке *3*. Рейка, перемещаясь внутри корпуса *4*, вращает зубчатое колесо, соединенное шпонкой с осью поворотного стола, вследствие чего стол получает вращение. При этом резец, закрепленный в поворотном столе винтами, осуществляет расточку отверстия по заданному радиусу в соответствии с шаблоном.

Универсальный суппорт для обработки наружных и внутренних сферических поверхностей (рис. 69) позволяет обрабатывать наружные сферы радиусом 10–250 мм и внутренние сферы радиусом 10–500 мм.

Универсальный суппорт крепится вместо поворотной части суппорта станка. Установка производится в двух положениях – по центру и по оси центров. В зависимости от радиуса обрабатываемой сферической поверхности перемещают поперечные салазки суппорта станка или универсальный суппорт в пазах поперечных салазок до тех пор, пока не будет обеспечен требуемый радиус обрабатываемой сферической поверхности предварительно установленным резцом.

## ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

При нарезании резьб на деталях, в которых по конструктивным соображениям не допускается изготовление канавки для выхода резьбового резца, высокие скорости обработки часто приводят к поломке резцов.

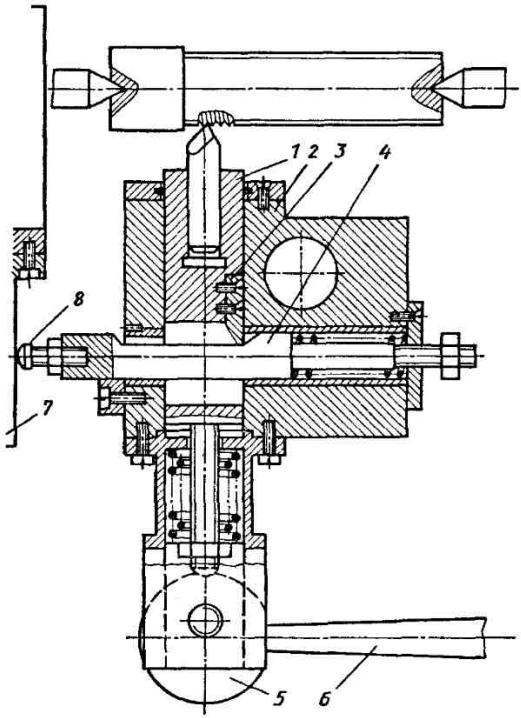



**Рис. 70. Приспособление для нарезания резьбы с плавным выводом резца:** *1* – пиноль; *2* – корпус; *3* – сухарь; *4* – копировальный валик; *5* – эксцентрик; *6* – рукоятка; *7* – упор; *8* – регулировочный винт

*Приспособление для скоростного нарезания резьб с плавным выводом резца* состоит из корпуса *2* (рис. 70), установленного вместо резцедержателя. В корпусе находится пиноль *1* с закрепленным на ней сухарем *3*. Здесь же установлен копировальный валик *4*. Под действием пружин сухарь *3* постоянно находится в контакте с валиком. Перед началом нарезания резьбы сухарь *3* опирается на верхнюю плоскость валика, удерживаемого пружиной в крайнем левом положении.

В процессе нарезания резьбы, когда суппорт вместе с приспособлением быстро движется по направлению к передней бабке, торец валика *4* с закрепленным в нем регулировочным винтом встречает на своем пути упор *7*, который, останавливая валик, тем самым заставляет его перемещаться

в корпусе приспособления в направлении, обратном направлению движения суппорта, и сжимать пружину.

В момент, когда скос на валике *4* войдет в контакт с сухарем, резьбовой резец, закрепленный в пиноли *1*, плавно начинает выходить из зоны резания. После этого переключают фрикцион на обратный ход и, не прикасаясь к лимбу поперечного суппорта, возвращают приспособление в исходное положение. Затем с помощью рукоятки поворачивают эксцентрик, который подает пиноль вперед, до тех пор, пока сухарь не перестанет касаться валика. В этот момент, характеризующийся легким щелчком, пружина возвращает валик в начальное положение. Рукояткой ставят эксцентрик в исходное положение. После того, как резец автоматически занимает положение, в котором он находился при предыдущем переходе, при помощи рукоятки для поперечной подачи суппорта подают резец на глубину резания очередного перехода и продолжают обработку.

*Универсальное переналаживаемое приспособление для нарезания наружных и внутренних резьб в упор с автоматическим отводом резца* (рис. 71, *а*). В конструкцию входит корпус *3*, в котором установлена пиноль *1* с резцом, закрепленным в ней винтами *2*. В пиноли *1* жестко закреплен щуп *4*, который под действием пружины *17*, расположенной между шайбами *16* и *18*, и регулируемой гайки *19*, находится в контакте с копиром *5*. В копире закреплена тяга *6*, на конце которой навинчена гайка *9*, торцом упирающаяся в упор *8*.

Винт *15* ввертывают вместо обычного винта в гайку верхних салазок суппорта. На этом винте размещены втулки *14*, упорная планка *13*, гайки *12*, пружина *11* и шайба *10* с накаткой. Втулку *14* посредством гайки *12* закрепляют в отверстии каретки верхних салазок суппорта. На пиноли задней бабки монтируется упор *8* с помощью винта *7*.

В процессе нарезания резьбы, когда суппорт вместе с приспособлением быстро движется по направлению к передней бабке, торец специальной гайки *9*, закрепленной на тяге *6* копира *5*, встречает на пути упор *8*, который останавливает копир, сжимая пружину *23* в момент, когда скос на копире *5* входит в контакт с сухарем *4*. При этом резьбовой резец, закрепленный в пиноли *1*, начинает плавно выходить из зоны резания. В то же время упорная планка *13*, упираясь в упор *8*, прекращает продольное перемещение каретки верхних салазок суппорта, и резец останавливается в заданном месте. Таким

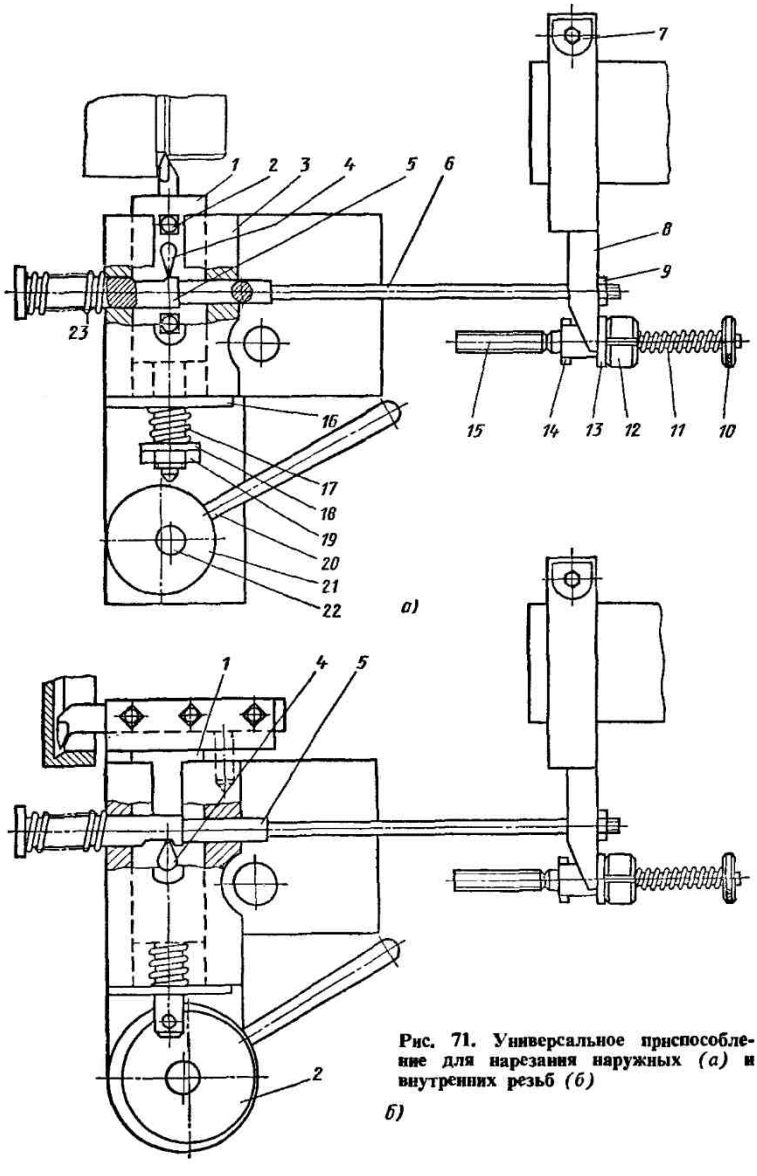



**Рис. 71. Универсальное приспособление для нарезания наружных *(а)* и внутренних резьб *(б)***

образом, осуществляется процесс автоматического отвода резца с его мгновенной остановкой в точно заданном положении.

Для возвращения приспособления и резца в исходное положение следует переключить фрикцион на обратный ход и вывести резец за пределы заготовки. Затем посредством рукоятки *20* повертывают по часовой стрелке эксцентрик *21*, сидящий на оси *22*, который будет подавать вперед пиноль *1* до тех пор, пока щуп *4* не перестанет касаться копира *5*. В этот момент, характеризующийся легким щелчком, пружина *23* возвращает копир *5* в исходное положение. После этого эксцентрик *21* также возвращают в исходное положение.

Как только резец автоматически занимает положение, в котором он находится при предыдущем переходе, с помощью рукоятки поперечной подачи подают резец на следующий переход.

Для нарезания внутренних резьб достаточно заменить пиноль *1* (рис. 71, *б*), повернуть копир на 180° так, чтобы его вырез расположился напротив щупа *4*, и заменить эксцентрик *21* эксцентриком, имеющим внутреннюю эксцентриковую выточку, с которой контактирует пиноль *1*.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

*Приспособление,* предназначенное *для обработки ступенчатых валов* с высотой ступеней до 5 мм и разницей между наибольшим и наименьшим диаметром до 25 мм, показано на рис. 72. В корпусе приспособления, установленного вместо резцедержателя, находится пиноль *1* с закрепленным в ней сухарем *3*. Под действием пружин сухарь *3* и копир *4* постоянно находятся в контакте. При включении подачи суппорт станка вместе с приспособлением движется к передней бабке. Резец, установленный в приспособлении, протачивает первую шейку. Сухарь *3* скользит по копиру, закрепленному с помощью шарнирной пары и регулировочного винта в кронштейне. Дойдя до ступеньки на копире, сухарь *3* соскальзывает на нее. Резец вместе с пинолью под действием пружины перемещается на расстояние, равное высоте ступеньки копира, после чего осуществляется обточка второй ступени вала. Таким же образом обрабатываются остальные ступени вала.

Настройка приспособления на обработку первой ступени осуществляется соответствующей регулировкой копира с помощью регулировочного винта и установкой поперечного суп-

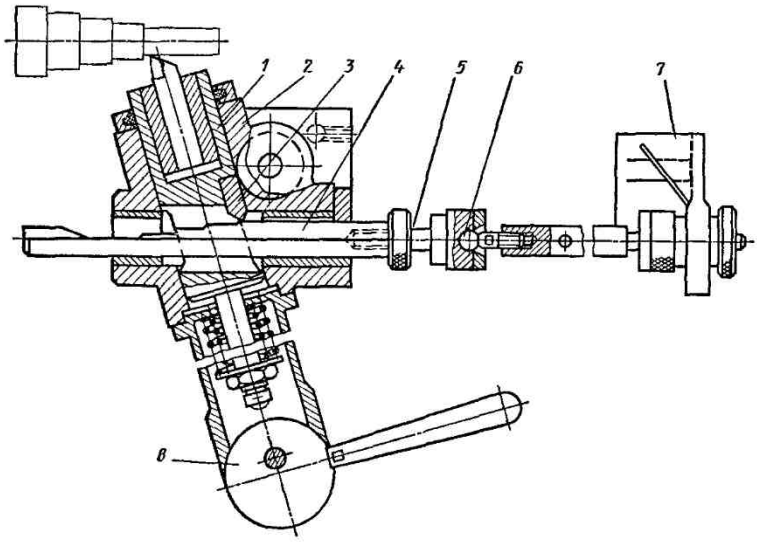



**Рис. 72. Приспособление для полуавтоматической обработки ступенчатых валов:**
*1* – пиноль; *2* – корпус; *3* – сухарь; *4* – копир; *5* – регулировочный винт; *6* – шарнирная пара; *7* – кронштейн; *8* – эксцентрик

порта. Получение прямого угла между торцовой и цилиндрической поверхностями ступеней вала достигается использованием резца с углом в плане 75° и установкой пиноли в корпусе приспособления под углом 15°. После проточки вала поперечный суппорт с резцом отводят на 20–30 мм от заготовки и с помощью эксцентрика *8* подают пиноль вперед вместе с резцом с таким расчетом, чтобы при возвращении суппорта в первоначальное положение сухарь не касался копира. Затем отпускают эксцентрик *8*, и пиноль с резцом устанавливается в рабочее положение.

Настройку резца на необходимый диаметр крайней шейки вала выполняют с помощью лимба, а диаметры остальных шеек при точно выдержанном размере первой шейки получаются автоматически. Получение заданных линейных размеров первой шейки вала зависит и от размеров центровых гнезд.

Механическое *копировальное устройство* (рис. 73) предназначено для предварительного обтачивания ступенчатых валов. Плоский копир *1* закреплен на специальных стойках *2*, устано-

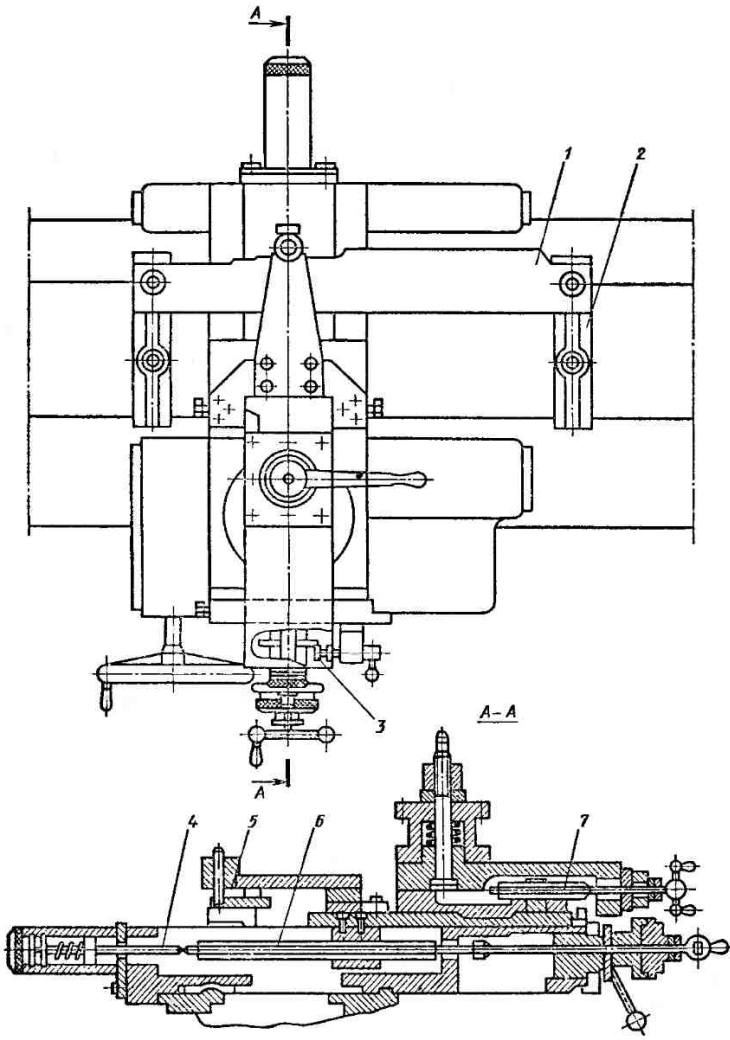



**Рис. 73. Копировальное устройство для обработки ступенчатых валов:**
*1* – копир; *2* – стойка; *3* – эксцентрик; *4* – толкатель; *5* – щуп; *6* – винт поперечной подачи; *7* – винт верхних салазок

вленных на направляющих станины станка. Щуп *5*, связанный с поперечными салазками суппорта, прижат к рабочей поверхности копира пружиной, которая с помощью толкателя *4* воздействует на винт поперечной подачи. Винт отключен от каретки суппорта. При работе верхняя поворотная часть суппорта повернута на угол, равный 90°, и настройка станка на размер диаметра первой ступени детали производится путем перемещения с помощью винта верхних салазок до неподвижного упора. По окончании обтачивания поворотом эксцентрика *3* щуп *5* отводят от копира, и суппорт возвращается в исходное положение.

Достоинства этого устройства – простота конструкции и доступность изготовления.

*Гидрокопировальный суппорт для продольной и поперечной обточки сложных профилей* можно установить на любом токарном станке с высотой центров 100–600 мм. Он может вращаться вокруг своей оси на 360°, что в несколько раз ускоряет переналадку при обработке цилиндрических, конических, сферических, резьбовых и торцовых поверхностей. Суппорт оснащен автоматической подачей смазочного материала на трущиеся поверхности, которые имеют форму призмы. В суппорте предусмотрена система регулирования скорости движения гидроцилиндра с резцедержателем вперед и назад, автоматическое регулирование уплотнительных резиновых колец, что увеличивает его надежность.

*Гидросуппорт* (рис. 74) устанавливают вместо обычного суппорта. Основным движением для него является продольная (для обработки наружных и внутренних поверхностей) или поперечная (при обработке торцовых поверхностей) подача станка. Копир *12* устанавливается на неподвижной поверхности станка. Масло от насоса *1* по гибкому шлангу подается в полость цилиндра *3*, из которой по калиброванному отверстию в поршне *4* оно перетекает в полость. Поршень *4* крепится к неподвижным салазкам суппорта.

Так как площадь поршня в нижней полости в 2 раза меньше площади поршня в верхней полости, то при одинаковом давлении масла в обеих плоскостях суппорт *13* подводится к линии центров. Давление масла в полости регулируется золотником *8* гидрораспределителя, который под действием пружины стремится перекрыть канал *6*, и наконечник щупа прижимается к копиру. При движении наконечника щупа *11* по копиру рычаг *10* сжимает пружину, тем самым изменяя проходное сечение

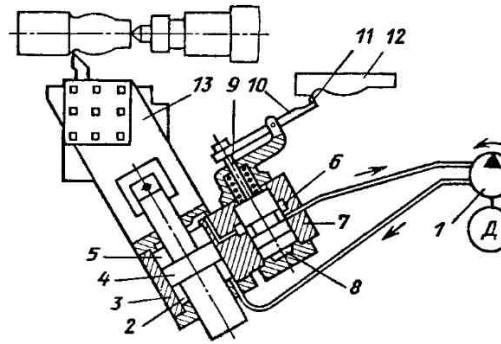



**Рис. 74. Гидросуппорт токарного станка:**
*1* – насос; *2* – нижняя полость цилиндра; *3* – цилиндр; *4* – поршень; *5* – верхняя полость цилиндра; *6* – канал; *7* – гидрораспределитель; *8* – золотник; *9* – шток; *10* – рычаг; *11* – наконечник щупа; *12* – копир; *13* – суппорт

для выхода масла из верхней плоскости цилиндра в сливную магистраль. Давление в верхней полости цилиндра будет падать при сохранении давления в нижней полости цилиндра, и суппорт, переместив корпус гидрораспределителя, приведет систему в равновесие.

На рис. 75 показано *приспособление для обработки внутренних многогранников.* Приспособление состоит из кронштейна *4*, размещенного в резцедержателе токарного станка, корпуса *3* и пуансона, закрепленного в шпинделе *2*, установленном на подшипниках. Плоскость кронштейна наклонена к осям отверстия кронштейна и станка под углом 1,5°. При этом только одна из граней пуансона соприкасается с обрабатываемой заготовкой.

При включении продольной подачи и соприкосновении пуансона с вращающейся заготовкой пуансон также начинает

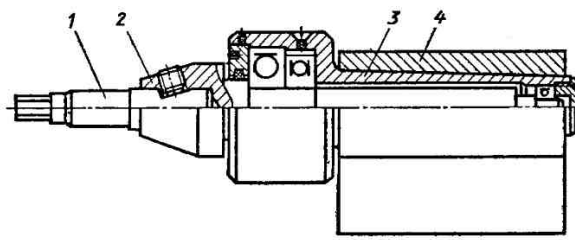



**Рис. 75. Приспособление для обработки внутренних многогранников:**
*1* – пуансон; *2* – шпиндель; *3* – корпус; *4* – кронштейн

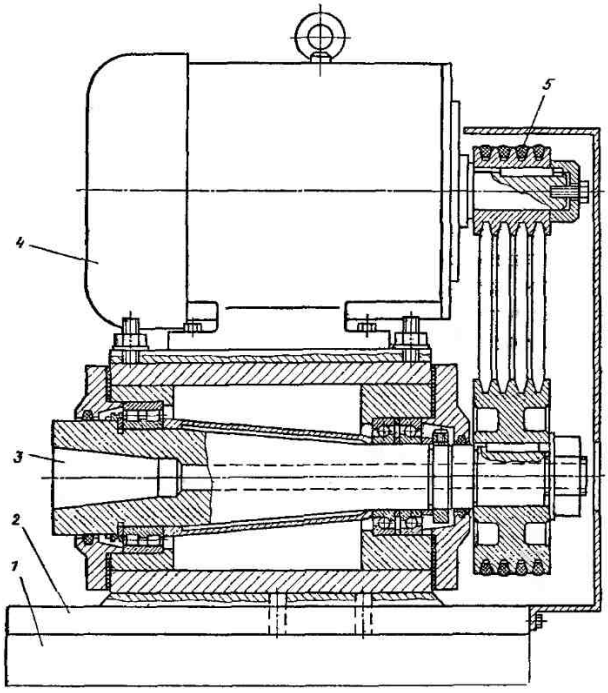



**Рис. 76. Устройство для фрезерования тел вращения:**
*1* – плита поперечных салазок; *2* – корпус устройства; *3* – ось фрезерного шпинделя; *4* – электродвигатель; *5* – клиновые ремни

вращаться, и внутри предварительно просверленного отверстия получается многогранник, соответствующий по размеру пуансону.

*Устройство для фрезерования тел вращения* (рис. 76) предназначено для черновой обработки заготовок типа тел вращения, на наружных поверхностях которых имеются пазы или срезы. Его устанавливают на поперечном суппорте токарного станка так, чтобы ось фрезерного шпинделя была перпендикулярна оси станка. Сварной корпус устройства *2* неподвижно закреплен на плите *1* поперечных салазок станка. В верхней части приспособления на поворотной плите установлен электродвигатель *4*, от которого через клиновые ремни *5* фрезерный шпиндель получает вращение.

*Глава 8*

# ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

**Пути повышения производительности.** Трудоемкость станочной обработки может быть снижена путем сокращения машинного $T_м$ или вспомогательного $T_в$ времени операции, а также общего сокращения штучного времени $T_{шт}$ за счет многоинструментальной настроенной обработки одной или нескольких заготовок.

Одновременная обработка нескольких заготовок может выполняться как на одном многошпиндельном станке, так и на нескольких станках при многостаночном обслуживании.

Механическая обработка может осуществляться методом расчленения, т. е. дифференциации операций (за одну установку обрабатывается одна-две поверхности) и методом концентрации операций (простейший вид – последовательная обработка всех поверхностей заготовки за одну или две установки с ее поворотом). Более эффективным является метод концентрации с одновременной обработкой нескольких поверхностей одной или нескольких заготовок наборами инструментов.

**Основными способами сокращения** $T_м$ являются: повышение режимов резания, сокращение длины и числа переходов инструмента, совмещение операций и одновременная обработка нескольких заготовок. Повышение режимов резания осуществляется за счет применения более рациональных режимов резания, прогрессивных конструкций режущего инструмента и оснастки.

Сокращение длины переходов инструмента достигается путем выбора их рациональной последовательности (1, 2, 3) при обработке ступенчатых поверхностей (рис. 1). В случае равенства длин ступеней ($l_1 = l_2 = l_3 = l$) суммарная длина переходов по трем вариантам $6l$ (см. рис. 1, *а*); $4l$ (см. рис. 1, *б*) и $5l$ (см. рис. 1, *в*). Поэтому при прочих равных условиях оптимальным будет вариант *б*.

Совмещение операций возможно также при использовании нескольких инструментов, например одновременное обтачива-

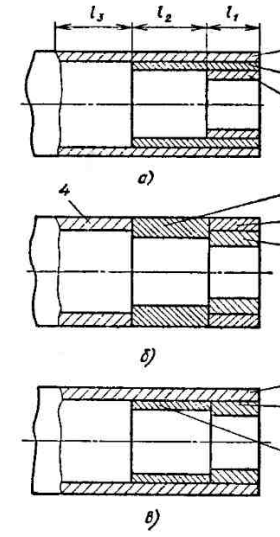



**Рис. 1. Варианты последовательности обработки ступенчатого вала**

ние и сверление заготовки, установленной в патроне (сверло устанавливается в задней бабке), обтачивание валика с протачиванием канавок резцом, установленным в дополнительном заднем резцедержателе и т. п.

Одновременная токарная обработка нескольких заготовок осуществляется путем обтачивания одинаковых заготовок типа колец, установленных на оправку. Возможно также обтачивание и сверление прутка с последующей разрезкой его на кольца или шайбы. Пруток устанавливается в патроне, а при отрезке колец поджимается задним центром.

Сокращение времени установки заготовок обеспечивается за счет применения быстродействующих патронов (пневматических, гидравлических, электромагнитных) и других типов механизированных зажимов (самозажимных хомутиков и оправок, рифленых центров и др.)

Установка заготовок сложной формы на планшайбе и угольнике обычно требует довольно длительной выверки рейсмасом или индикатором. Сократить время установки в этих случаях можно за счет применения разного рода упоров, штырей и фиксаторов для базирования по отверстию, призматических устройств, базирующих заготовки по наружным цилиндрическим поверхностям, и т. д.

Для сокращения времени смены инструмента используются также различные приспособления, например поворотная револьверная головка, дополнительный задний резцедержатель на суппорте и др. Поворотная револьверная головка, установленная в пиноли задней бабки, имеет 4—6 инструментов (сверла, зенкеры, развертки, метчики для полной обработки отверстий). Она значительно сокращает вспомогательное время по сравнению со временем установки и съема инструментов в конусном отверстии пиноли.

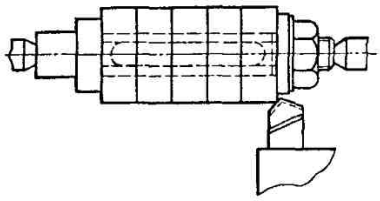


**Рис. 2. Кассетная обработка колец на оправке**

Сокращение времени на измерения достигается при работе по упорам, при измерениях размеров во время работы станка и при обработке отверстий мерным инструментом.

Комплексное сокращение времени на обработку осуществляется в случае кассетной обработки колец на оправке (рис. 2) и в стакане (рис. 3). Время $T_м$ сокращается за счет уменьшения пути врезания, $T_в$ – за счет сокращения или полного перекрытия времени установки заготовок и инструмента, а также времени на измерения.

**Основные правила построения процесса обработки.** Процесс превращения заготовки в готовую деталь обычно состоит из трех стадий: черновой, получистовой и окончательной (финишной) обработки. Каждая стадия должна обеспечить необходимое уточнение размеров. Уточнением называют отношение допуска на размеры заготовки к допуску, требуемому чертежом готовой детали.

Так, например, при обтачивании вала диаметром 45 мм 7-го квалитета точности с допуском 0,025 мм из заготовки горячего проката повышенной точности с допуском $^{+0,2}_{-0,7}$ требуемое уточнение составит

$$e = \frac{0,9}{0,025} = 36 \text{ раз.}$$

Тонкое алмазное обтачивание обеспечивает получение 7-го квалитета точности, однако требует припуска 0,1–0,2 мм с допуском 0,1 мм, т.е. дает уточнение $e = \frac{0,1}{0,025} = 4$. Поэтому перед алмазной обработкой необходимо провести черновое обтачивание по 13-му квалитету, получистовое – по 11-му квалитету и чистовое – по 9-му квалитету.



**Рис. 3. Кассетная обработка колец в стакане**

При обтачивании под шлифование потребуется черновая и получистовая обработка с уточнением $e = \frac{0{,}9}{0{,}08} = 11$.

**Основные правила базирования.** При установке заготовки на станке и в процессе всей обработки необходимо обеспечить правильное и неизменное ее расположение относительно инструмента. Установка заготовок осуществляется с выверкой их на станке или в приспособлениях, предварительно настроенных для данной обработки. В случае обработки партии одинаковых заготовок необходимо стремиться к тому, чтобы колебания размеров заготовок в пределах допуска не влияли на точность расположения их при обработке.

Эти требования обеспечиваются правильным выбором установочных баз.

Различают конструкторские, технологические и измерительные базы.

Конструкторскими базами называются поверхности деталей, посредством которых они координируются в машине относительно других деталей (опорные шейки валов, осевые отверстия шестерен и шкивов; призматические и плоские направляющие задней бабки и каретки токарного станка и т. д.).

Технологическими базами называются поверхности, которые используются для определения положения заготовки в процессе ее обработки на станке.

В качестве технологической базы может быть использована и конструкторская база. Например, отверстие зубчатого колеса, которым оно насаживается на валик при сборке, может служить для установки ее на оправке при обработке венца. Наряду с этим применяются технологические базы, т. е. специально созданные поверхности, не требующиеся по условиям работы детали, и служащие только для ее установки в процессе обработки. Такими базами являются центровые отверстия для обтачивания и шлифования валиков, расточки в юбке поршней, а также специально создаваемые приливы для установки заготовок неправильной формы в трех кулачковых патронах и т. п.

Измерительной базой называется поверхность, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения. Измерительными базами могут служить конструкторские или искусственные технологические базы.

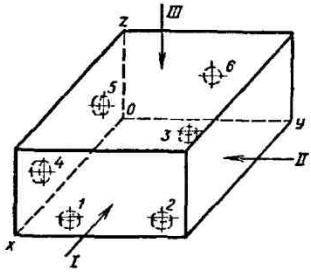



Рис. 4. Базирование заготовки по правилу шести точек

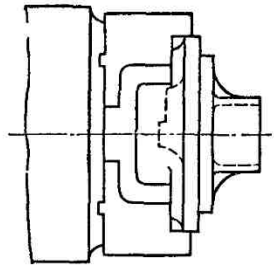


Рис. 5. Базирование по необработанной поверхности.

Для сохранения неизменного положения заготовки в процессе обработки необходимо лишить ее шести степеней свободы, т. е. закрепить заготовку в шести точках, расположенных в трех взаимно перпендикулярных плоскостях *XOY*, *XOZ* и *YOZ*.

На рис. 4 показано расположение шести точек при базировании заготовки. Плоскость *XOY* называется технологической базой. На ней расположены три точки *1*, *2* и *3*, которые полностью определяют положение технологической базы. Эти точки с учетом действия силы прижима *III* лишают заготовки трех степеней свободы, т. е. перемещения вдоль оси *ZO* и вращения вокруг осей *XO* и *OY*. Плоскость *XOZ* называется направляющей базой; на ней расположены точки *4* и *5*, полностью определяющие линию направления заготовки вдоль оси *XO* и лишающие ее (с учетом действия силы *II*) еще двух степеней свободы, т. е. перемещения вдоль оси *OY* и вращения вокруг оси *ZO*. Опорная база (точка *6*), расположенная в плоскости *YOZ*, лишает заготовку последней, шестой, степени свободы, а именно возможности перемещаться вдоль оси *XO* под действием силы *I*.

Если добавить четвертую точку на технологической базе, то она будет иметь касание с заготовкой только в случае весьма точной поверхности последней. В случае необработанной, неровной поверхности касаться будут только три точки, определяющие положение плоскости, и заготовка сможет устанавливаться в двух положениях, так как через четыре точки можно провести две плоскости.

Если поместить третью точку в направляющей плоскости *XOZ*, то касание заготовки с нею будет осуществляться не по

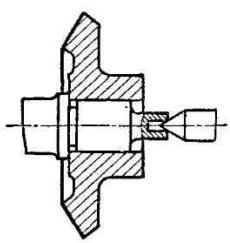
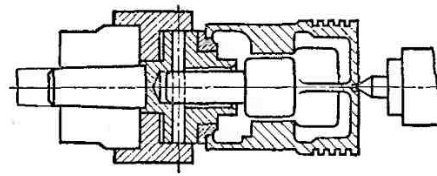


Рис. 6. Базирование по конструкторской базе



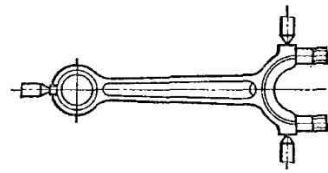


Рис. 7. Базирование по искусственным технологическим базам по выточке в юбке поршня и по трём центровым впадинам шатуна

линии, а по плоскости. В этом случае при неперпендикулярности нижней и левой граней заготовки последняя под действием сил *III* и *II* будет прижиматься к технологической или к направляющей базе, т. е. создастся неопределенность в установке. При этом в любом положении одна точка не будет работать. Подобное же положение будет иметь место, если на упорной плоскости поместить две точки вместо одной. В этом случае при неперпендикулярности левой боковой и задней плоскостей заготовки плоскость *YOZ* под действием силы *I* может стать направляющей, а в плоскости *XOZ* будет работать только одна точка.

Типичные примеры базирования заготовок при токарной обработке показаны на рис. 5, 6, 7. В некоторых случаях базой может служить сама обрабатываемая поверхность. Это имеет место при бесцентровом шлифовании наружных цилиндрических поверхностей, при ручном развертывании отверстий и т. п.

**Погрешности базирования.** Погрешности базирования, т. е. отклонения заготовки от заданного положения при установке на станке, вызываются колебаниями ее формы или размеров в пределах заданного допуска. Для компенсации погрешности базирования за счет колебания размеров установочной поверхности в радиальном направлении применяются самоцентрирующие патроны и призмы. Обеспечение точности базирования при получении осевых размеров достигается применением утопающих центров и оправок.

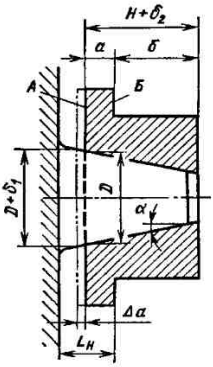



**Рис. 8. Погрешности базирования на конической оправке**

На рис. 8 показана погрешность базирования при установке втулки на конической оправке для обработки торца *Б* с постоянной установкой инструмента. За счет допуска $\delta_1$ (диаметра отверстия) глубина посадки втулки, а следовательно, и положение торца *А* относительно инструмента, установленного на размер $L_H$, будет изменяться, что вызовет погрешность размеров *а* и *б*:

$$\Delta a = \frac{\delta_1}{2i};\ \Delta б = \frac{\delta_1}{2i} + \delta_2,$$

где $i = \operatorname{tg}\alpha$ – уклон конуса.

Погрешность базирования в отношении эксцентричности при установке на конус отсутствует, т.е. ось заготовки будет совпадать с осью конической оправки. Кроме указанных погрешностей, на точность размеров *а* и *б* будут еще влиять точность угла $\alpha$ и установки резца на размер $L_H$.

Выбор баз при токарной обработке следует выполнять с учетом следующих правил:

в качестве баз следует выбирать поверхности заготовки, не подлежащие обработке, например наружные поверхности отливок;

если заготовка обрабатывается по всем поверхностям, базирование в первой операции необходимо осуществлять по тем поверхностям, которые имеют наименьшие припуски на обработку; эти поверхности при дальнейшей обработке окажутся соосными с базой, обработанной в первой операции; таким образом устраняется опасность неравномерного съема металла и появления черновин на поверхностях при обработке их с небольшим припуском;

базирование по необработанной поверхности можно производить только один раз, так как вследствие неровностей необработанной поверхности ранее обработанные поверхности будут несоосны или неперпендикулярны к поверхностям, обработанным при вторичной установке;

при базировании по обработанной поверхности следует вы-

бирать конструкторские базы, благодаря чему исключаются погрешности от несовпадения конструкторской и технологической баз;

необходимо стремиться совмещать конструкторскую и измерительную базы, так как этим исключаются погрешности измерения;

необходимо соблюдать правила единства баз, т. е. стремиться во второй и последующих операциях использовать одну и ту же базу; в случае многооперационной обработки для этой цели используют технологические базы.

При выборе баз следует учитывать возможность получения наименьших деформаций заготовки от силы зажима.

Выбор технологической направляющей и опорной баз для заготовок осуществляется с учетом их размеров. В качестве технологической базы используется поверхность наибольших размеров, что обеспечивает наилучшую устойчивость заготовки, которая будет опираться на три точки, наиболее удаленные друг от друга.

Направляющая поверхность должна иметь большую длину чем направляющая плоскость приспособления. Упорная плоскость, несущая только одну упорную точку, может иметь наименьшие размеры.

Типовой процесс токарной обработки коротких валов и валов средней длины приведен в табл. 1.

При двусторонней обработке партии валиков выполняют четыре установки: *I* – черновую обработку первого конца; *II* – черновую обработку второго конца; *III* – чистовое обтачивание первого конца; *IV* – чистовое обтачивание второго конца.

Для сокращения времени обработки в целях ускорения возможно объединение черновой и чистовой операций при обработке второго конца во второй установке. Такой же порядок следует применять при точении во вращающемся заднем центре. Во всех случаях образование центровых впадин должно производиться при помощи комбинированных центровых сверл.

При обработке кованого шатуна в мелкосерийном производстве (рис. 9) центровка заготовки выполняется по разметке на сверлильном станке, а при больших ее габаритах – на горизонтально-расточном станке. В первой токарной операции (рис. 9, *а*) производится черновое обтачивание стержня и двухпроходная обработка большой головки; во второй – черновая

**1. Типовые маршруты обработки валов с $L = 300 \div 1200$ мм и $D \geqslant 50$ мм**

| № операции | Содержание операций | Оборудование в производстве | |
|---|---|---|---|
| | | серийном | единичном |
| 1 | Отрезание заготовок из горячего проката | Дисковые пилы | Механическая ножовка |
| 2 | Подрезание торцов | Фрезерно-центровальные станки | Токарные станки с люнетом |
| 3 | Центрование | | |
| 4 | Черновое обтачивание с двух сторон | Токарно-гидрокопировальные и токарные станки с автоматизированными устройствами | Токарные станки с гидросуппортом |
| 5 | Чистовое обтачивание с двух сторон | | |
| 6*1 | Нарезание наружных резьб | Токарные станки | Токарные станки |
| 7*2 | Обкатывание или выглаживание | | |

*1 Перед нарезанием наружных резьб целесообразно провести фрезерование шпоночных пазов, сверление и нарезание отверстий.

*2 Обкатывание можно проводить и до нарезания наружных резьб.

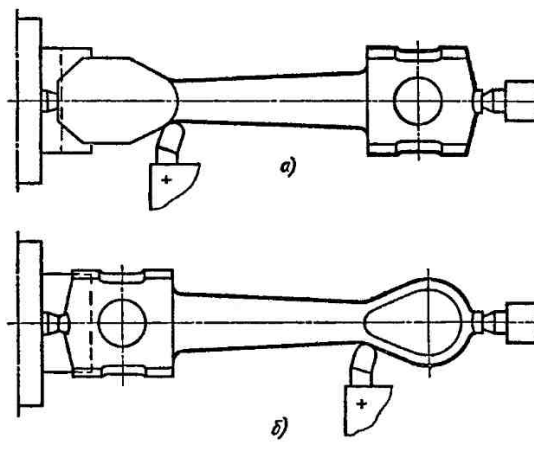



**Рис. 9. Схема обработки кованого шатуна**

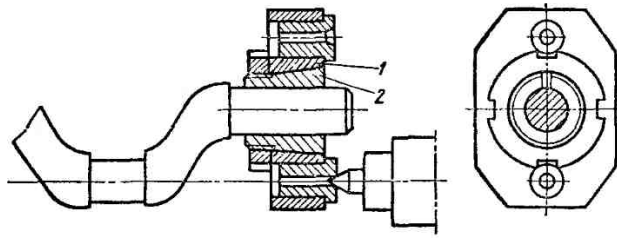



**Рис. 10. Крепление шатунных шеек с помощью бугеля:**
*1* – бугель; *2* – цанга

и чистовая обработки малой головки и чистовая – стержня (рис. 9, *б*). Такой порядок обработки большой головки шатуна оправдывается ее конфигурацией и невысокими требованиями к соосности ее цилиндрической части.

Обработка шатунных шеек коленчатого вала заключается в следующем. На коренные шейки с обоих концов вала надеваются кронштейны-бугели с центровыми впадинами на расстоянии эксцентриситета *е* от оси коренной шейки и стопорятся винтами. Для последовательного обтачивания шатунных шеек, повернутых относительно друг друга на 90°, бугели имеют Г-образную форму. Во избежание прогиба вала между бугелями и обтачиваемым коленом вставляются распорки.

Для устранения дисбаланса вследствие смещения центра тяжести вала с оси центров при его обтачивании к планшайбе и правому бугелю прикрепляют противовесы.

Уменьшение вылета резца при обтачивании шатунных шеек достигается применением специального узкого резцедержателя, в котором резец крепится прижимной планкой. От бокового смещения резец удерживается шпонкой, входящей в паз, профрезерованный в теле резца. Такой резцедержатель приходится применять и при протачивании средней коренной шейки.

На рис. 10 показан бугель с цанговым креплением для обтачивания шатунных шеек, расположенных со сдвигом относительно друг друга на 180°. Левый конец вала в некоторых случаях (рис. 11) крепится не в бугель, а посредством зажима *1*, установленного на планшайбе *2*.

В случае незначительного эксцентриситета шатунных шеек вместо применения бугелей в торцах вала делают вторые центровые отверстия на расстоянии *е* от оси основных шеек.

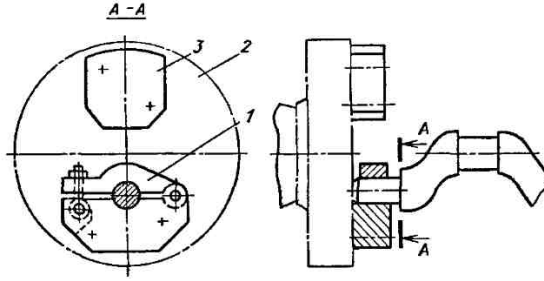



**Рис. 11. Установка шатунного вала на планшайбе:**
*1* – зажим; *2* – планшайба; *3* – противовес

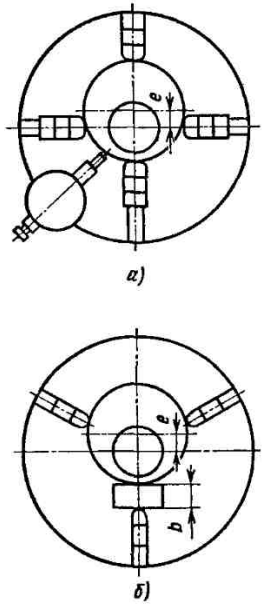



**Рис. 12. Схемы обработки эксцентрических заготовок рабочего колеса**

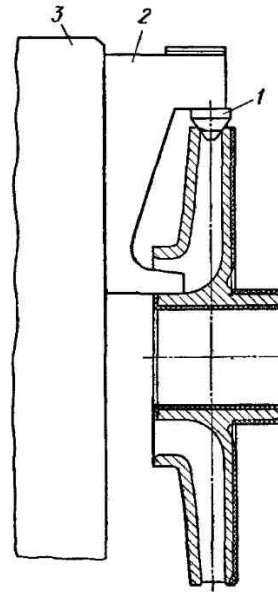



**Рис. 13. Базирование по необработанному каналу**

Обработка эксцентрических поверхностей в четырехкулачковом патроне выполняется со смещением пары кулачков на величину эксцентриситета *e* (рис. 12, *а*). При установке заготовки в самоцентрирующем патроне (рис. 12, *б*) под один из кулачков

помещается пластинка толщиной $b = 1{,}52e\left(1 + \frac{e}{2D}\right)$, где $D$ – диаметр заготовки.

Для базирования рабочего колеса центробежного насоса по литому необработанному каналу применяют специальные кулачки (рис. 13).

Подпружиненные фиксаторы *1* ориентируют заготовку в вертикальной плоскости в момент начала сближения кулачков *2*. При дальнейшем перемещении кулачков самоцентрирующего патрона *3* их зажимающие части центрируют заготовку по входной части рабочего канала.

Повышение производительности при обработке сложных заготовок в условиях мелкосерийного производства достигается также в результате применения универсально-сборочных (УС) и универсально-наладочных (УН) приспособлений. Ими широко оснащаются машиностроительные предприятия серийного производства. Во многих городах имеются также специальные базы, обслуживающие предприятия сборками УСП.

*Глава 9*

# ОБРАБОТКА ТЯЖЕЛЫХ ВАЛОВ

## РАЗНОВИДНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ВАЛОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ОБРАБОТКИ

К тяжелым относят валы массой более 1 т и диаметром более 200 мм. Такие валы применяются в паровых и гидравлических турбинах, крупных осевых насосах, в тяжелом и в судовом машиностроении. Разновидности тяжелых валов приведены в табл. 1.

Валы гидротурбин, осевых насосов и судовые валопроводы выполняют полыми и собирают из двух-четырех секций. Соединение секций осуществляется посредством точных болтов, а центрирование по точно обработанным выточкам и выступам на торцах фланцев.

Характерной особенностью таких валов является сварная защитная рубашка из двух листов коррозионно-стойкой стали на шейках. Вместо облицовки из листовой стали делают наплавку шеек электродами из коррозионно-стойкой стали или применяют металлизацию. Облицовка металлизацией сокра-

**1. Разновидности тяжелых валов**

| Наименование | Ориентировочные габаритные размеры ($D \times L$)* | Материал, вид заготовок |
|---|---|---|
| Колонны гидропрессов (П, С) и плунжеры | $(300 \div 2000) \times (5 \div 25)$ | Стальные поковки, стальные и чугунные отливки |
| Валы гидротурбин, крупных насосов и судовых валопроводов | $(250 \div 3000) \times (5 \div 15)$ | Стальные поковки и отливки |
| Прокатные валки цельные и сборные | $(300 \div 1000) \times (2 \div 5)$ | Стальные поковки, стальные и чугунные отливки |
| Валы паровых и газовых турбин (П) | $(200 \div 500) \times (2 \div 5)$ | Стальные поковки |
| Коленчатые валы дизелей и компрессоров | $(100 \div 300) \times (2 \div 6)$ | Стальные поковки, отливки из специального чугуна |

* $D$ дано в миллиметрах, $L$ – в метрах.

Примечание. Принятые обозначения валов: П – полые, С – сплошные.

щает трудоемкость операции и упрощает обработку вала. Различные виды упрочнения поверхности применяются также при изготовлении прокатных валов, гребных валов, коленчатых валов дизелей.

Надежная и спокойная работа агрегата в значительной степени определяется отсутствием существенных эксцентриситетов между сопрягаемыми секциями валов, а также величинами зазоров между шейками вала и подшипниками.

На величину эксцентриситетов валов влияют: смещения во фланцевых соединениях в пределах радиального зазора между буртиком и выточкой; разноосность буртика и выточки сопрягаемых валов; эксцентричность цилиндрической поверхности фланцев вала относительно центрирующих буртиков и выточек; отклонения от перпендикулярности внешних торцовых поверхностей фланцев их геометрической оси и отклонения от плоскостности торцов, наличие эксцентриситета подшипниковой шейки вала по отношению к центрирующему буртику и выточке фланца.

Тяжелые валы обычно изготовляют из поковок и отливок.

Для получистовой обработки валов оставляют припуски, указанные в табл. 2, а для чистовой обработки и под шлифование — в табл. 3 и 4.

**2. Припуски (мм) на диаметр для получистового точения заготовок типа осей, валов, бандажей, цилиндров**

| *Длина заготовки, мм* | Диаметр, мм, обрабатываемой заготовки | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | От 200 до 280 | Св. 280 до 380 | Св. 380 до 500 | Св. 500 до 650 | Св. 650 до 850 | Св. 850 до 1200 | Св. 1200 до 1600 | Св. 1600 до 8500 |
| От 1000 до 1600 | 3/8 | 3/8 | 3/8 | 3/8 | — | — | — | — |
| Св. 1600 до 2500 | 4/10 | 4/10 | 4/10 | 4/10 | 4/10 | — | — | — |
| » 2500 » 4000 | 6/12 | 6/14 | 6/14 | 6/14 | 6/14 | 6/14 | 6/14 | 6/14 |
| » 4000 » 6500 | 8/14 | 8/22 | 8/22 | 8/22 | 8/22 | 8/22 | 8/22 | 8/22 |
| » 6500 » 10000 | 10/16 | 10/28 | 10/28 | 10/28 | 10/28 | 10/28 | 10/28 | 10/28 |
| Св. 10000 до 15000 | 12/18 | 14/36 | 14/36 | 14/36 | 14/36 | 14/36 | 14/36 | 14/36 |

Примечания: 1. Припуски на шейки назначаются из расчета общей длины. 2. На валах припуск на бочкообразность дается из расчета длины бочкообразной поверхности. 3. Валы диаметром до 280 мм проходят правку. 4. Припуски на торцы составляют 30 % от значений, указанных в таблице. 5. В числителе даны припуски для незакаленных заготовок, в знаменателе — для закаленных.

**3. Припуски (мм) на диаметр для чистового обтачивания заготовок**

| Длина заготовок, мм | Диаметр, мм, обрабатываемой заготовки | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 250 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | Св. 2000 |
| От 1000 до 2000 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 3,0 | 3,5 |
| Св. 2000 до 3000 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,5 |
| » 3000 до 4000 | 2,5 | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 3,5 | 4,0 |
| » 4000 | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |

Примечание. Припуск на торец равен половине припуска на диаметр.

**4. Припуски (мм) на диаметр для наружного шлифования заготовок**

| Длина заготовки, мм | Диаметр, мм, обрабатываемой заготовки | | | |
|---|---|---|---|---|
| | От 180 до 260 | Св. 260 до 360 | Св. 360 до 500 | Св. 500 до 800 |
| От 1200 до 2000 | $1{,}0_{-0{,}3}$ | $1{,}0_{-0{,}34}$ | $1{,}0_{-0{,}38}$ | $1{,}1_{-0{,}45}$ |
| Св. 2000 до 3000 | $1{,}1_{-0{,}3}$ | $1{,}1_{-0{,}34}$ | $1{,}1_{-0{,}38}$ | $1{,}2_{-0{,}45}$ |
| Св. 3000 до 4500 | — | $1{,}1_{-0{,}34}$ | $1{,}1_{-0{,}38}$ | $1{,}2_{-0{,}45}$ |

Сплошная закалка крупногабаритных валов производится до невысокой твердости. Это позволяет после термообработки произвести обтачивание части припуска подлежащих шлифованию поверхностей для сокращения времени шлифования.

Высокую твердость рабочих поверхностей валов получают путем поверхностной закалки, электроискровой обработки и накатки (пластической деформации). В случае отсутствия крупных шлифовальных станков проводится полирование валов на токарных станках. Припуски на эту операцию составляют 0,3–0,5 мм.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

Поковки и отливки после отрезки прибылей и отжига, как правило, подвергаются предварительной обработке – обдирке на заводе – поставщике заготовок. У полых валов выполняется также расточка прошитого или отлитого отверстия. При этом выявляются и устраняются обнаруженные дефекты: трещины, раковины, шлаковые включения и др.

Типовая механическая обработка тяжелых валов предусматривает следующие операции: разметку, подрезание торцов, цен-

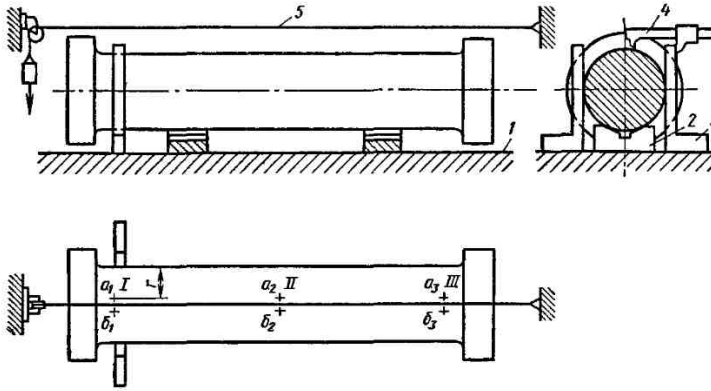



**Рис. 1. Разметка поковки тяжелого вала:**
*1* – плита; *2* – призмы; *3* – угольники; *4* – штанген-рейсмус; *5* – струна

трование или притачивание пробок в полых валах, токарную черновую, получистовую и чистовую обработку, упрочнение шеек и их шлифование или полирование, а в некоторых случаях суперфиниширование посредством специальной головки, устанавливаемой на токарном станке.

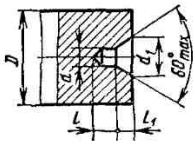
Цель операции разметки – проверка размеров и форм заготовки, отсутствия отклонения профиля продольного сечения и достаточности припуска на обработку вала. Кроме того в этой операции намечаются места центровых впадин. Разметка производится на металлической плите, смонтированной в полу цеха. Заготовку устанавливают на призмы *2* (рис. 1). В процессе разметки два угольника *3* монтируют на плите *1* в трех-четырех местах через равные промежутки по длине заготовки. Штангенрейсмусом от граней угольника на расстояниях радиуса *r* (по чертежу готового вала) в сечениях *I*, *II*, *III* размечают точки $a_1$, $a_2$, $a_3$ и $б_1$, $б_2$, $б_3$. Расстояния между этими точками показывают величину фактического припуска на обработку.

После накернивания точек *а* и *б* по всей длине поковки, вдоль ее оси натягивают струну *5*, так, чтобы она равномерно разделила припуск. Если это невозможно, то, значит, вал имеет искривление или припуск на обработку недостаточен. В случае искривления вал необходимо править молотом или прессом.

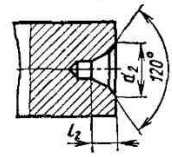
Если струна располагается относительно точек *а* и *б* правильно, на торцовых поверхностях вала по угольнику наносят

**5. Центровые отверстия с углом конуса 60°**

Форма А




Форма В




Размеры в мм

| $D$ | $d$ | $d_1$ | $d_2$ | $l$, не менее | $l_1^*$ номин. | $l_2^*$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 10 | 21,20 | 28,00 | 12,8 | 9,70 | 11,66 |
| 120 | 12 | 25,40 | 33,00 | 14,6 | 11,60 | 13,80 |
| 160 | 16 | 33,90 | 42,50 | 19,2 | 15,50 | 18,00 |
| 240 | 20 | 42,40 | 51,60 | 25,0 | 19,40 | 22,00 |
| 360 | 25 | 53,00 | 63,30 | 32,0 | 24,00 | 27,00 |

* Обработка по 12-му квалитету.

вертикальные риски. После этого вал поворачивают на 90° вокруг оси и операцию повторяют для нанесения вторых рисок на торцах. Пересечение этих рисок определяет правильное положение центровых отверстий, которые накерниваются для дальнейшего центрования. Одновременно размечается длина заготовки и положение фланцев.

Операция центрования выполняется на горизонтально-расточных станках. В некоторых случаях во время этой операции при помощи летучего суппорта производится обтачивание торцов и наружной поверхности фланцев вала. Тяжелые валы центруются с одного конца, так как второй конец в большинстве случаев устанавливается в патроне.

Короткие валы могут зацентровываться на вертикально-сверлильных станках с приямком, в который вертикально устанавливается вал. Для центрования используются также специализированные горизонтально-сверлильные и переносные сверлильные станки.

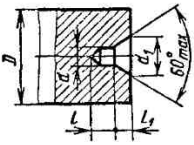
Центрование отверстия выполняется по ГОСТ 14.083—74*.

Для валов диаметром до 360 м центровые отверстия выполняются с углом конуса 60° (табл. 5).

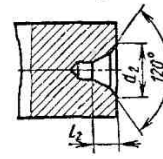
Для более крупных валов центровые отверстия выполняются с углом конуса 75° (табл. 6).

**6. Центровые отверстия с углом конуса 75°**

Форма С




Форма Е




Размеры в мм

| $D$ | $d$ | $d_1$ | $d_2$ | $l$, не менее | $l_1^*$ | $l_2^*$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 8 | 23,3 | 30,2 | 10 | 10 | 12,0 |
| 180 | 12 | 36,6 | 45,4 | 15 | 16 | 18,5 |
| 260 | 20 | 60,0 | 70,3 | 22 | 26 | 29,0 |
| 360 | 30 | 91,4 | 105,0 | 32 | 40 | 44,0 |
| 500 | 40 | 120,0 | 137,0 | 43 | 52 | 57,0 |
| 800 | 50 | 150,0 | 170,5 | 52 | 65 | 71,0 |
| 1200 | 63 | 186,0 | 213,7 | 65 | 80 | 88,0 |

* Обработка по 17-му квалитету.

Для валов, подвергаемых термообработке, хранению и транспортированию выполняют центровые отверстия с резьбой для пробок-заглушек (табл. 7)

Точность диаметра центровых отверстий $d$ и углов (60, 75 и 120°) обеспечивается центровочным инструментом с допуском $\pm 30'$ при шероховатости поверхности $Ra \leqslant 2{,}5$ мкм.

Центровые отверстия формы А и С применяются в том случае, если после механической обработки они не используются. Если же они служат базой для многократных установок при обработке и сохраняются в готовом изделии, то центровка выполняется по типу В и Е.

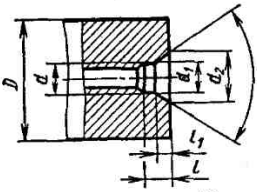
Диаметры центровых отверстий $d$ при обработке тяжелых валов выбираются по табл. 8.

При обработке тяжелых сплошных валов с использованием жесткого заднего центра на его поверхности или на конической поверхности центрового отверстия делают по две смазочные канавки шириной 3—4 мм и глубиной 2—3 мм.

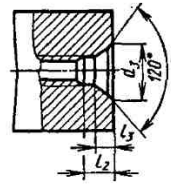
Разметка центровых отверстий на примере прокатного валка показана на рис. 2. Линейка *2* опирается на две передвижные призмы *3* с постоянными магнитами, удерживающими линейку

**7. Центровые отверстия с метрической резьбой**

Форма F




Форма H




Размеры в мм

| *D* для формы F | *D* для формы H | *d* | $d_1^*$ | $d_2$ | $d_3$ | *l*, не более | $l_1^{**}$ | $l_2$ не более | $l_3^{**}$ | α° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | | M24 | 25,0 | 36,0 | 43,0 | 14,0 | 9,50 | 16,0 | 11,5 | |
| 160 | | M30 | 31,0 | 44,8 | 51,8 | 18,0 | 12,00 | 20,0 | 14,0 | |
| 250 | | M36 | 37,5 | 53,0 | 60,0 | 20,0 | 13,50 | 22,0 | 15,5 | 60 |
| 400 | | M42 | 43,5 | 59,7 | 70,5 | 22,0 | 14,00 | 25,0 | 17,0 | |
| 630 | | M48 | 49,5 | 74,0 | 88,0 | 24,0 | 16,00 | 28,0 | 20,0 | |
| 900 | | M56 | 58,0 | 85,6 | 99,5 | 27,0 | 18,00 | 31,0 | 22,0 | |
| | | M64 | 66 | 95 | 112 | 29 | 19 | 34 | 24 | 75 |
| 1200 | | M72 | 74 | 104 | 122 | 31 | 20 | 36 | 25 | |
| | | M80×6 | 82 | 115 | 133 | 34 | 22 | 39 | 27 | |
| | | M100×10 | 102 | 140 | 160 | 36 | 24 | 42 | 30 | |

* *Обработка по* 14-му квалитету.
** Обработка по 12-му квалитету.

в плоскости оси заготовки. Засечки на торце делаются в трех или четырех ее положениях. Пересечение биссектрис или диагоналей полученной фигуры определяет центр будущего отверстия. После его накернивания проводится одна окружность диаметром *D* и вторая диаметром $[D + (6 \div 8)]$ мм для контроля зацентровки.

**8. Диаметр *d* центрового отверстии в зависимости от массы вала**

| Масса вала, т | *d* для формы | | Масса вала, т | *d* для формы | |
|---|---|---|---|---|---|
| | A, B | C, E | | A, B | C, E |
| 0,5 | 8 | — | 8,0 | 20 | — |
| 0,8 | 10 | — | 9,0 | — | 20 |
| 1,5 | 12 | 8 | 20 | 25 | 30 |
| 2,5 | 16 | — | 35 | — | 40 |
| 3,0 | — | 12 | 80 | — | 50 |
| | | | 120 | — | 63 |

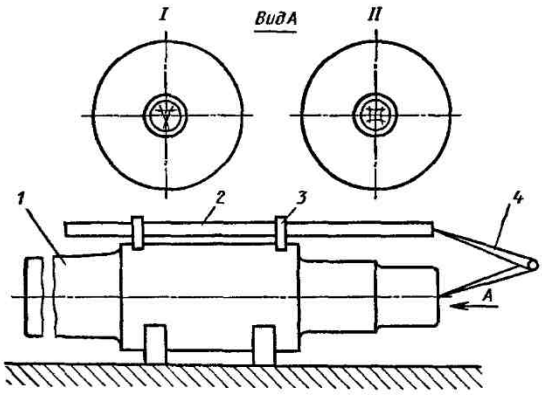



**Рис. 2. Разметка центрового отверстия методом засечек:**
*1* – заготовка; *2* – линейка; *3* – призмы; *4* – циркуль

Цилиндрическая часть центрового отверстия засверливается спиральным или перовым сверлом, коническая – перовым сверлом или четырехзубой зенковкой с углом в плане, равным 60, 75 и 120°.

**Обработка валов гидротурбины.** Допуски на изготовление валов гидротурбин массой до 100 т и длиной до 11 м приведены в табл. 9.

Допустимая овальность и конусообразность посадочной шейки вала (суммарно) должны быть в пределах половины допуска на диаметр шейки:

**9. Допуски, мм, на изготовление валов турбин**

| Допуск | Диаметр шейки, мм | | |
|---|---|---|---|
| | 500–800 | До 1500 | > 1500 |
| Торцового биения фланца | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Симметричности центрирующей поверхности буртика и выточки | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Радиального биения фланца по наружному диаметру | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| Цилиндрические поверхности в зоне подшипника | 0,03 | 0,04 | 0,05 |

Примечания: 1. Выпуклость торца фланца не допускается; допускаемая вогнутость – до 0,02 мм на 1000 мм диаметра.
2. Основные поверхности обрабатываются по 7 и 8-му квалитетам точности.

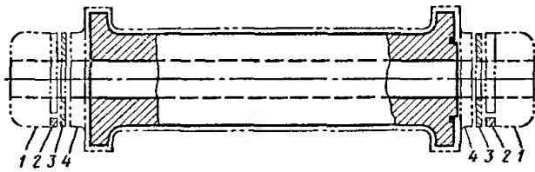



**Рис. 3. Заготовка секции полого вала:**
*1* – кольцевой припуск; *2* – пробные бруски для механических испытаний; *3* – кольцо для определения остаточных напряжений; *4* – припуск для вырезки колец контрольных проб

$$(d_{max} - d_{min}) + d'_{max} - d'_{min} \leqslant \frac{\delta}{2},$$

где $d$ – диаметры, измеренные в одном поперечном сечении для определения величины овальности; $d'$ – диаметры, измеренные в разных сечениях для определения конусообразности; $\delta$ – допуск на диаметр шейки вала.

Заготовки для валов выполняются в виде цельной поковки или кованого барабана с литыми фланцами, приваренными электрошлаковой сваркой.

Черновая обработка наружных поверхностей вала и окончательная расточка прошитого в поковке центрального канала производятся на заводе, изготовляющем поковку. При этом на наружных торцовых плоскостях обоих фланцев оставляются кольцевые припуски, предназначенные для вырезки образцов при контрольных испытаниях материала на заводе-изготовителе (рис. 3). Эти припуски используются также на некоторых стадиях окончательной обработки вала для закрепления его в кулачки патрона токарно-центрового станка. Использование же наружных поверхностей фланцев для этой цели не всегда возможно в связи с их большими размерами.

Поверочная разметка вала производится аналогично разметке для тяжелых валов. Базой для разметки служит обработанное отверстие центрального канала.

Дальнейшая обработка проводится в четыре этапа: получистовая обработка вала на токарно-центровом станке; насадка на вал облицовки из коррозионно-стойкой стали (или другой вид упрочнения шейки под подшипник); чистовая обработка

вала по чертежу; контрольное спаривание секций валов и доработка фланцев при наличии излома оси.

Базами для установки валов на станке служат центральное отверстие заготовки или пробка с центровой впадиной, установленная в расточку заготовки, а также шейки вала, протачиваемые под люнеты.

В некоторых случаях используются предварительно проточенные цилиндрические поверхности фланцев.

Для чистовой обработки валов с шероховатостью (*Ra*), равной 0,63 и 1,25 мкм, применяют широкие резцы, работающие с подачами 10—16 мм. Контроль диаметров осуществляется микрометрическими скобами. Кольцевое сверление во фланцах производится головкой на специальном горизонтально-сверлильном или расточном станке, после чего отверстия растачиваются или развертываются.

После полной обработки секций вала производится контрольное спаривание секций (первой со второй, затем второй с третьей) для проверки отсутствия излома оси. Контроль небольших валов выполняется на токарных станках, а крупных — на призмах, установленных на сборочной плите (рис. 4).

При центрировании секции вала соединяются временными болтами, вставленными в предварительно расточенные отверстия фланцев, через отверстие на окружности фланца. Для контроля прилегания торцов вала их предварительно проверяют точной линейкой на краску. Перед окончательной затяжкой болтов между торцами прокладывают листы папиросной бумаги в четырех местах (через 90° по окружности фланца).

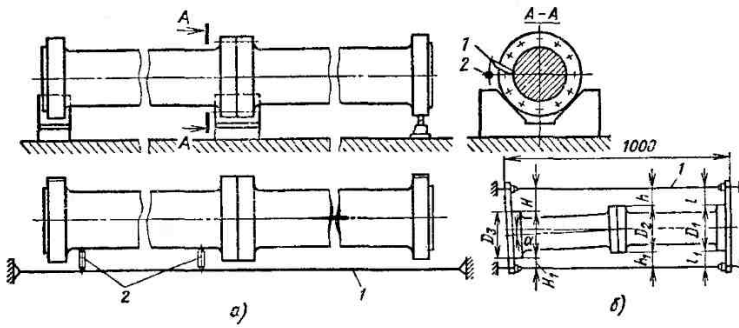



**Рис. 4. Схема проверки излома оси спаренного вала:**
*а* — одной струной; *б* — по двум струнам

При равномерном прилегании торцов все четыре листа бумаги плотно зажаты фланцами.

К крайним фланцам крепятся планки, между которыми натягиваются струны *1*, электрически изолированные от вала. С помощью штихмасса *2* измеряют расстояние $l$, $l_1$, $h$ и $h_1$, $H$, $H_1$. При касании штихмассом струны включается цепь электрического тока слабого напряжения и зажигается лампочка или подается звуковой сигнал. Чувствительность этого способа контроля составляет 0,005 мм.

Правильность расположения струн относительно оси вала устанавливается из следующих условий:

$$h+\frac{D_2}{2}=l+\frac{D_1}{2};\ h_1+\frac{D_2}{2}=l_1+\frac{D_1}{2}.$$

Вычитая одно условие из другого, получим $h-h_1=l-l_1$. При соблюдении этого условия достигается равноудаленность обеих струн от оси вала, имитируемой прямой, проходящей через центры фланцев $D_1$ и $D_2$. Их овальность учитывается при закреплении действительных диаметров. В местах закрепления струн возможно регулирование их положения.

Таким же способом проводят измерения $D_3$, $H$ и $H_1$. При этом появляется величина $x$, характеризующая излом оси вала:

$$h+\frac{D_2}{2}=H+x+\frac{D_3}{2};\ h_1+\frac{D_2}{2}=H_1-x+\frac{D_3}{2}.$$

Вычитая одно условие из другого, получим

$$h-h_1=H-H_1+2x \text{ или } x=\frac{1}{2}[(h-H)-(h_1)-H_1)].$$

Аналогичная операция повторяется в перпендикулярной плоскости, в результате чего определяют $y$.

Фактический излом оси спаренного вала $\omega_\Delta=\sqrt{x^2+y^2}$. Найденную величину сравнивают с расчетным допуском $\delta_\Delta$. Если $\omega_\Delta>\delta_\Delta$, то валы разбирают и выполняют повторную чистовую обработку торцов фланцев, после чего контроль спаривания повторяют.

Валы судовых валопроводов обрабатывают аналогично валам гидротурбин.

**Обработка валков прокатных станов.** По конструктивному исполнению валки прокатных станов разделяются на цельные, состоящие из однородной сплошной отливки или поковки;

**10. Предельные габаритные размеры (мм) прокатных валков**

| Наименование | Диаметр | Длина |
|---|---|---|
| Валки станов: | | |
| сортовых | 260 – 1600 | 2000 – 3550 |
| листовых | 250 – 2500 | 2000 – 5000 |
| Шейки подшипников: | | |
| скольжения | 150 – 250 | 170 – 1000 |
| жидкостного трения | 120 – 1050 | 120 – 1100 |

двухслойные, сердцевина которых и переферийная рабочая часть отлиты из металла различного качества; пустотелые с внутренним сквозным отверстием; составные, состоящие из цилиндрической части с надевающейся на нее бочкой со шпоночным пазом.

Наиболее распространенный прокатный валок состоит из следующих основных элементов: бочки, шейки и трефа. Бочка является рабочей частью валка, которая принимает непосредственное участие в деформации прокатываемого металла и придает ему заданную форму. Бочка может быть гладкой, например у листопрокатных валков, и с кольцевыми вырезами, называемыми ручьями. Ручьи парных валков образуют в комплекте калибры. Поэтому валки блюмингов заготовочных и сортовых станов называют калиброванными.

Основные размеры прокатных валков регламентированы ГОСТ 5399 – 69*. Предельные габаритные размеры валков приведены в табл. 10.

Материалы для прокатных валков регламентированы: ГОСТ 9487 – 70* для валков горячей прокатки, ГОСТ 3541 – 79 – для валков холодной прокатки, ОСТ 1440 – 78 – для чугунных валков.

Валки изготовляют из углеродистых и легированных сталей, а также из отбеленного чугуна с содержанием углерода 2,8 – 3,8% и с твердостью до *НВ* 550 (и выше).

Для упрочнения и восстановления стальных валков производится наплавка бочки проволокой ПП3Х288, ПП25Х5ФМС, ПП30ХГСА и др. Кроме наплавки, рабочие поверхности валков подвергаются электроискровому упрочнению, обкатке и рифлению посредством накатки (рис. 5). Наличие рифлений улучшает захват металла при горячей прокатке.

В большинстве случаев прокатные валки обрабатываются по 7 – 11-му квалитетам точности. Концентричность шеек

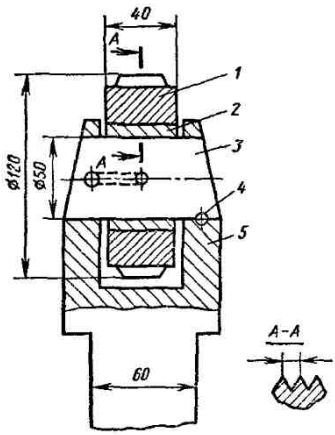



**Рис. 5. Приспособление для накатки бочек:**
*1* – рифленый ролик; *2* – втулка; *3* – ось; *4* – штифт; *5* – корпус

и бочки имеет важное значение для качества прокатки и стойкости валков. Точность и шероховатость поверхностей валков, работающих в подшипниках скольжения, приведены в табл. 11.

Типовой маршрут механической обработки валков приведен в табл. 12.

Точность обработки зависит от метода базирования валка при чистовой обработке. Хорошие результаты дает установка валков в двухопорных люнетах с гибким приводом от шпинделя (рис. 6).

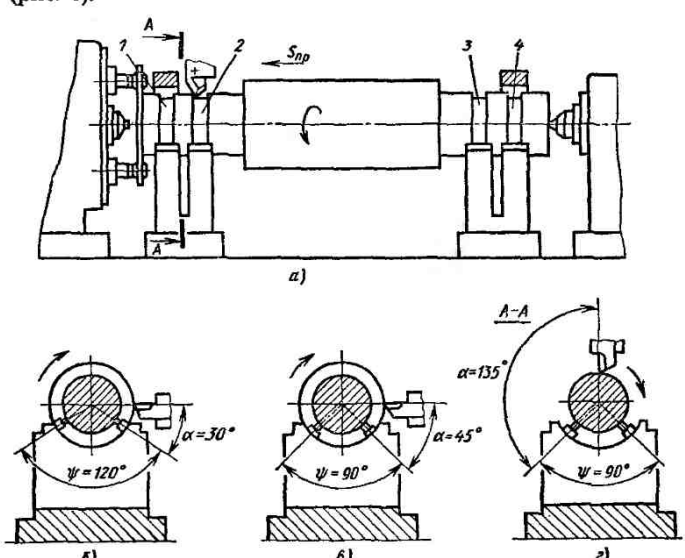



**Рис. 6. Схемы (*а*) бесцентровой обработки валков в двухопорных люнетах и расположения вкладышей люнета и резца (*б* – *г*)**

**11. Точность и шероховатость поверхностей валков**

| Элементы и отклонения формы валков | Допуски, мм | | Параметр шероховатости $Rz$, мкм |
|---|---|---|---|
| | по диаметру | по длине | |
| Бочка | ±1 | ±4 | ⩽ 320 |
| Шейка | +0,75 | +3 | 40—10 |
| Треф | ±2 | ±3 | ⩽ 320 |
| Общий допуск по длине валка | — | ±8 | ⩽ 40 |
| Радиус переходной поверхности | ±2 | — | ⩽ 40 |
| Овальность шеек | 0,1 | — | — |
| Конусность шеек | — | ±0,1 | — |
| Диаметр шейки у сопряжения с галтелью | 1,75 | — | — |

Примечание. Для валков, работающих на подшипниках качения или жидкостного трения, шейки и трефы обрабатываются по 7—9-му квалитетам и $Ra \leqslant 2{,}5$. Биение, допуски по длинам и конусности, а также шероховатость поверхности оговариваются чертежом или специальными техническими условиями поставки.

**12. Типовой маршрут обработки валков**

| Содержание операции | Характер установки | Примечания |
|---|---|---|
| Разметка центровой впадины относительно бочки и центровка с одной стороны | Базирование по поверхности бочки в призмах на горизонтально-расточном или специальном центровальном станке | У литых валков центруется нижний торец отливки |
| Установка на вальцетокарном станке и разметка валка по длине<br>Черновое обтачивание — обдирка бочки, шеек и трефов с вырезкой образцов для испытаний и отрезанием прибыли | Установка в патроне и на заднем центре с выверкой по биению бочки и шейки | У литых валков необходимо обеспечить съем равномерного припуска по отбельной корке бочки. Операция выполняется на мощном обдирочном станке. Отрезание прибыли в патроне и люнете |
| Вторичная зацентровка с двух сторон<br>Полная чистовая обработка | В патроне и люнетах на вальцетокарном станке | — |
| Фрезеровка трефов | В призмах на специальном фрезерном станке | — |

Для черновой обработки применяется схема *б*, для чистовых операций – схемы *в* и *г*. При этом первоначально валок устанавливается по пояскам *1* и *4* и протачиваются пояски *2* и *3*. После этого подводятся опоры люнетов под эти пояски и протачиваются повторно пояски *1* и *4*.

Такие же люнеты могут применяться и при шлифовании валков на вальцешлифовальных станках.

**Калибровка прокатных валков.** Калибром называется просвет в форме прокатываемого профиля, образованный двумя валками, установленными в прокатной клети, в рабочем положении (рис. 7).

Ручьем называется кольцевая вырезка на бочке валка. Выступы между ручьями называются буртами.

Различают открытые калибры, когда линия разъема валков находится в пределах его контура, и закрытые, когда она расположена за пределами контура калибра.

Вальцетокарные калибровочные станки оборудованы специальными люнетами для установки двух валков – обрабатываемого и уже обработанного парного с ним валка, по которому контролируется совпадение ручьев и буртов при обработке второго валка (рис. 8).

Правый и левый люнеты крепятся четырьмя болтами *2* к плите станины станка по обе стороны бочки валка, напротив его шеек.

Нижний, обрабатываемый, и верхний, контрольный, валки поддерживаются регулируемыми по высоте и в продольном направлении подушками *3* и *11*. Вертикальное перемещение подушки *3* осуществляется посредством косого сухаря *6* и винта *5*, а осевое – винтами *4*.

Нижний валок соединяется гибкой муфтой со шпинделем станка и вращается во вкладышах *7* и *8*. Последние предназначены для восприятия радиальной силы резания.

На рис. 9 показано использование фасонных перовых резцов при обработке

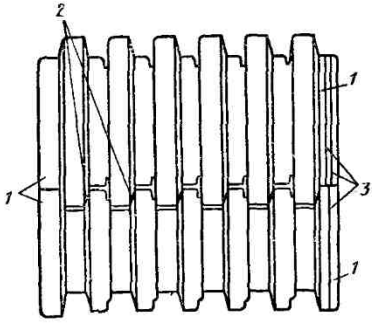



**Рис. 7. Посадка валка на валок:** *1* – крайние бурты; *2* – бурты калибров; *3* – маркировочные риски

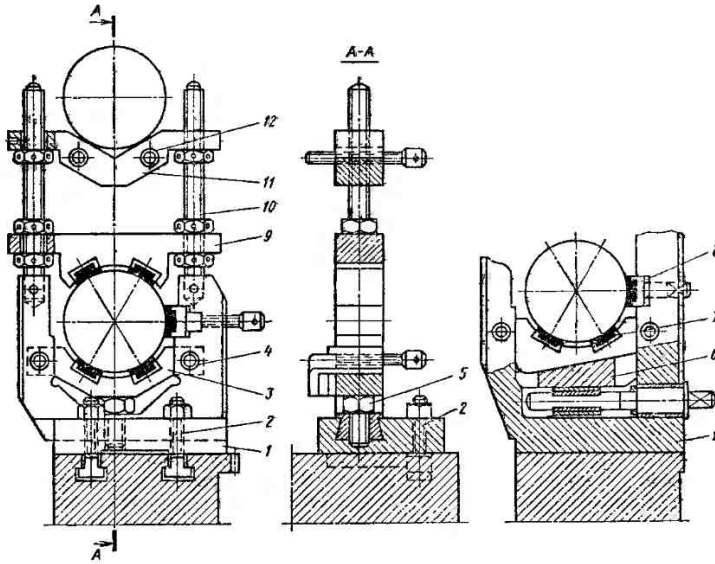



**Рис. 8. Двойной люнет калибровочного вальцетокарного станка:**
*1* – стойка; *2* – крепежные болты; *3* – нижняя подушка; *4* – винты горизонтального перемещения нижней подушки; *5* – винт вертикального перемещения подушки; *6* – сухарь вертикального перемещения подушки; *7*, *8* – бронзовые или текстолитовые вкладыши; *9* – прижимная скоба; *10* – винты с ленточной резьбой; *11* – подушка для контрольного валка; *12* – винты горизонтальной фиксации контрольного валка

ручьев стальных валков в «разгонку». Это предупреждает образование нароста на резце и возможность его поломки.

Технологический процесс калибровки валков приведен в табл. 13.

Калибровка валков с применением контрольных валков требует высокой квалификации токаря.

Калибровка валков по шаблонам позволяет значительно сократить трудоемкость обработки. При этом

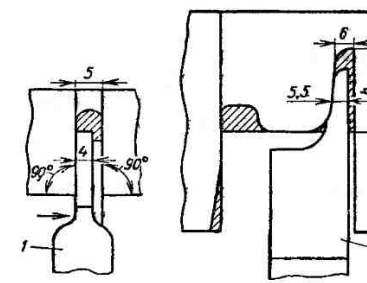



**Рис. 9. Варианты врезания пера валка в «разгонку»:**
*а* – вертикального участка ручья; *б* – пера рельса: *1* – перовой резец; *h* – глубина реза

**13. Технологический процесс калибровки валков**

| *Содержание операций* | *Примечания* |
|---|---|
| **Настройка станка** | |
| Установка и проверка люнетов | Люнеты устанавливаются на расстоянии длины бочки, проверяется состояние вкладышей. Установка производится мостовым краном при участии стропальщика |
| Укладка и выравнивание валка в люнетах по оси станка в вертикальной и горизонтальной плоскостях | Рейсмусом проверяется высота центров (ВЦ) $ВЦ = D_{ш}/2 + a$; $a$ – расстояние между шейкой и станиной с обоих концов валка |
| Закрытие верхних скоб люнетов и соединение левого трефа с муфтой шпинделя | – |
| Проверка установки валка на ходу станка и креплений скоб люнетов | – |
| **Проточка бочки в размер и разметка калибров** | Производится по чертежу на меловой черте металлической линейкой, начиная с левой стороны бочки. После проверки суммарной длины всех калибров на бочке помечают места буртов (Б) и калибров (К) |
| Прогачивание бочки | |
| Нанесение меловой линии | |
| Разметка калибров | |
| **Черновая и чистовая обработка калибров первого валка** | Обработка валков производится по шаговым шаблонам |
| Врезка крайних буртов планировочными резцами с припуском по ширине 5 – 10 мм и по диаметру 4 – 16 мм | |
| Черновая обработка ручьев, буртов, фасок и переходных поверхностей с припуском 0,5 – 1,0 мм | – |
| Чистовая обработка калибров валка фасонными резцами | Обработка выполняется с ручной поперечной подачей резцов с проверкой по шаблонам |
| Освобождение и съем валка со станка | – |
| **Обработка второго валка** | |
| Установка и выверка второго валка в люнетах | – |
| Установка первого валка на верхних подушках люнетов и выверка по нижнему валку | Выверка в вертикальной плоскости производится по линейке, прикладываемой к торцам обоих валков, или по отвесу; в горизонтальной – отвесом по шейкам |
| Черновая и чистовая обработка буртов и ручьев на бочке второго валка | В процессе обработки верхний валок периодически приближается к нижнему для контроля совпадения расположения калибров. Профиль калибров проверяется шаблонами |

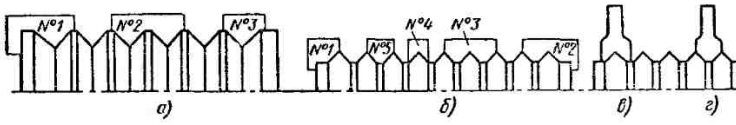



**Рис. 10. Калибровка валка по шаблонам:**
*а* – расточка валка с закрытыми ручьями; *б* – порядок расточки валка с открытыми ручьями по шаговым шаблонам; *в* – расточка открытого ручья; *г* – расточка бурта между ручьями; № 1 – 5 – номера шаблонов

даже возможно обрабатывать парные валки на разных станках одновременно.

На рис. 10 приведена схема калибровки многониточных валков по шаблонам. На валке с закрытыми частями калибров вытачивают первый ручей по шаблону № 1 (*рис. 10, а*), остальные ручьи – по шаговому шаблону № 2. Правильность расточки отдельных калибров контролируют по шаблонам № 3.

При обработке второго открытого валка сначала обтачивают крайний бурт по шаблону № 1 (рис. 10, *б*), затем второй крайний бурт по шаблону № 2. Последующие бурты обтачиваются по шаговому шаблону № 3. Шаблоны № 4 и 5 служат для контроля радиуса ручья и правильности обработки каждого бурта.

Обработка наплавленных валков отличается от обычных режимами резания и геометрией резцов.

Обработка бочек производится проходными резцами, калибров – фасонными резцами по элементам профиля (дну, стенкам, радиусам). Проверка выполняется одиночными и шаговыми шаблонами.

**Обработка тяжелых валов паровых и газовых турбин.** Тяжелые условия работы паровых и газовых турбин (с большими нагрузками при высоких температурах) определяют жесткие требования к качеству металла и точности их обработки. В зависимости от конструкции роторов заготовками для них служат ступенчатые поковки из проката или цельнокованые заготовки с бочкой (рис. 11).

В процессе обработки ротора проводятся тепловые испытания, определение микро- и макроструктуры и термообработка (отпуск).

Рабочие поверхности валов обрабатываются по 6 – 7-му квалитетам точности. Длины уступов выдерживаются с точностью до 0,02 мм. Шероховатость посадочных поверхностей (*Ra*) должна быть в пределах 0,32 – 1,25 мкм.

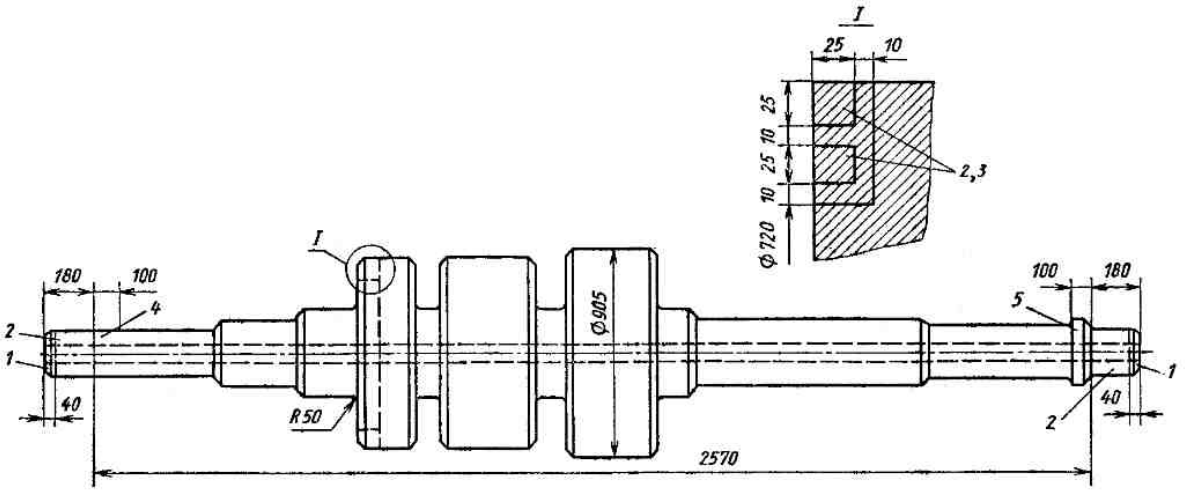



**Рис. 11. Заготовка ротора паровой турбины после предварительной обдирки:**

*1* – припуск для определения макроструктуры; *2* – припуск для вырезки образцов на механические испытания; *3* – кольца для определения внутренних напряжений; *4* – технологический припуск; *5* – шейка для роликоподшипника

Технологический маршрут обработки вала турбины приведен в табл. 14.

Точное подрезание уступов вала производится по индикаторному упору. Скоба крепится к направляющим станины. В гнездо скобы устанавливается индикатор, измерительный стержень которого соприкасается с упором. Поверхность его плоской головки закалена (до $HRC_э = 51{,}5 \div 56$) и отшлифована (до $Ra = 0{,}32 \div 0{,}63$). Необходимые расстояния выдерживаются посредством соответствующих микрометрических или жестких штихмассов.

Чистовая обработка цилиндрических поверхностей производится шлифованием или тонким точением. При этом вал устанавливается одним концом в четырехкулачковый патрон, а другим концом с насаженным роликовым подшипником — в люнет. Точность установки контролируется по опорным шейкам, допуск биения которых не должен превышать 0,02 мм.

**Обработка крупных коленчатых валов.** Валы крупных дизелей и компрессоров изготовляют из поковок. В большинстве случаев шатунные шейки в заготовке не формируются, и металл внутри колена вырезается при механической обработке.

Заготовка коленчатых валов может быть получена путем высадки фланцев и гибки колен. При этом получается значительная экономия металла и трудозатрат при механической обработке. В некоторых случаях применяются также заготовки сварные, сборные и литые из высокопрочного чугуна.

Технические условия на изготовление коленчатых валов регламентируются ГОСТ 10158—76 (для стальных валов) и ОСТ 24.062.08—83 (для чугунных). Они предусматривают точность обработки шеек по 6—7-му квалитетам с овальностью в пределах допуска и с допуском биения 0,03—0,05 мм; шероховатость ($Ra$) должна находиться в пределах 0,32—0,08 мкм.

Кроме размеров и допуска биения шеек и фланцев контролируется отклонение от параллельности коренных и шатунных шеек, их угловое расположение и ряд других параметров. В частности, большое значение имеет отклонение от параллельности щек и отсутствие их разворота. Допускаемая величина разворота должна быть $\leqslant 0{,}05$ мм.

В целях устранения внутренних напряжений в переходных поверхностях вала проходят нормализацию: отжиг и поверхностную закалку шеек. Твердость коренных и шатунных шеек после термической обработки должна быть в пределах $HRC_э$ 53—63.

**14. Технологический маршрут обработки валов паровых турбин**

| № операции*1 | Содержание операции | Оборудование | Примечания |
|---|---|---|---|
| 1 | Проверка поковки, правка, по необходимости, и разметка с поворотом вала на 90° | Разметочная плита, призмы, линейки, рейсмус | Искривление вала допускается в пределах допуска на получистовую обработку |
| 2 | Подрезание торцов и центрование с двух сторон | Горизонтально-фрезерно-сверлильный станок, установочные призмы | Оставляются припуски для вырезки контрольных образцов и технологических баз |
| 3 | Предварительная токарная обработка (обдирка и протачивание шеек под люнеты) | Токарный станок, патрон, центры, люнеты | Обработка с припуском 10—15 мм, начиная с больших диаметров; шероховатость поверхностей шеек $Ra = 1{,}25 \div 0{,}63$ мкм |
| 4 | Черновая и получистовая обработки центрального отверстия | Станок для глубокого сверления или токарный, призмы, патрон, люнеты. | После растачивания осуществляется перископический контроль внутренней поверхности |
| 5 | Термообработка | Вертикальная печь | Нормализация или закалка с глубоким отпуском |
| 6 | Отрезка трех образцов (1—3) и их испытания | Дисковая пила или токарный станок с патроном и люнетами | На микроструктуру (1) и остаточные напряжения (3); механические испытания (2) |
| 7*2 | Черновое обтачивание с прорезкой бочек у кованых роторов | Токарный станок, патрон, люнеты, технологический шарикоподшипник для люнета | На бочках обтачиваются точные пояски для базирования при растачивании центрального отверстия |
| 8 | Чистовое растачивание центрального отверстия и отверстия для центровой пробки | Станок для глубокого сверления или токарный, призмы, патрон, люнеты | В случае полости увеличенного диаметра в средней части вала применяется копирное приспособление |
| 9 | Получистовое обтачивание с вырезкой кольца для проверки остаточных напряжений | Токарный станок с люнетом, технологический шарикоподшипник | Припуск для окончательной обработки 2—4 мм на сторону |

*Продолжение табл. 14*

| № операции*1 | Содержание операции | Оборудование | Примечания |
|---|---|---|---|
| 10 | Тепловые испытания с нагревом до 180—200 °С при вращении шпинделя с частотой вращения 3—4 об/мин | Токарный станок, оборудованный электропечью и приборами контроля | Скорость нагрева до 40 град/ч, допустимый прогиб вала ⩽ ⩽ 0,05 мм. При большем прогибе необходима повторная термообработка |
| 11 | Чистовое обтачивание под шлифование с подрезанием уступов и зачисткой торцов | Токарный станок с индикаторными упорами и люнетами, мерные планки-штихмассы | Допуски по длине уступов 0,02—0,1 мм, точность обработки диаметров по 6—7-му квалитетам |
| 12 | Разметка шпоночных пазов и отверстий | Разметочная плита, призмы и разметочный инструмент | — |
| | Фрезерование шпоночных пазов и сверление отверстий | Вертикально-шпоночно-фрезерный горизонтально-расточный станок, призмы, кондукторы | Фрезерование в два приема с проверкой размеров и расположения пазов калибрами |
| 13 | Предварительное и окончательное наружное шлифование | Круглошлифовальный станок с центрами и люнетами или токарный со шлифовальным приспособлением, центровые вставки и люнеты | В шпоночные пазы вставляются текстолитовые или деревянные вставки. При пуск на чистовое шлифование 0,04—0,5 мм |
| 14 | Снятие заусенцев и слесарная доработка | Разметочная плита | |
| 15 | Окончательная приемка вала с контролем травлением на флокены | Разметочная плита, призмы и набор контрольных приспособлений и инструментов | Контроль размеров и биения шеек и поверхностей ротора проводится на шлифовальном станке после остывания вала |

*1 Операции 1, 2, 3, 4, 5, 6, как правило, выполняются на предприятии-поставщике заготовок.

*2 После черновой обработки проводится термообработка для снятия внутренних напряжений.

Типовой технологический маршрут обработки крупных коленчатых валов приведен в табл. 15.

Наиболее сложной операцией при обработке коленчатых валов является обтачивание шатунных шеек. Ее целесообразно выполнять на станке с вращающимся суппортом при неподвижном вале (рис. 12).

**15. Технологический маршрут обработки крупных коленчатых валов**

| Содержание операций | Оборудование |
|---|---|
| Проверка поковки, правка, по необходимости, и разметка | Разметочная плита, призмы и домкратики |
| Фрезерование и центрование торцов по разметке | Горизонтально-расточный или горизонтально-сверлильный станок, призмы, домкратики |
| Черновое обтачивание фланца, коренных шеек и прилегающих поверхностей щек | Токарный станок, центры, люнеты *1 |
| Предварительное фрезерование или строгание боковых поверхностей и углов щек | Универсально-расточный или поперечно-строгальный станок, призмы под коренные шейки |
| Разметка контура шатунных шеек, их центров и отверстий для удаления материала колен | Разметочная плита, призмы, домкратики |
| Вырезка металла в коленах по разметке | Радиально-сверлильный и долбежный станки, дисковая пила |
| Черновое обтачивание шатунных шеек и прилегающих поверхностей щек | Специальный станок или токарный, оборудованный вращающимся суппортом *2 |
| Сверление и растачивание коренных и шатунных шеек | Универсально-расточный станок, люнеты, призмы |
| Термообработка (отпуск) для снятия внутренних напряжений | Электропечь *3 |
| Чистовое растачивание отверстий в коренных шейках и посадочных мест для центровых пробок | Универсально-расточный станок, призмы, люнеты |
| Чистовое обтачивание коренных шеек, фланца и переходных поверхностей, чистовое подрезание щек | Токарный станок, центровые пробки, люнеты |
| Разметка под обработку отверстий шатунных шеек и щек | Разметочная плита |
| Чистовое фрезерование или строгание боковых плоскостей колен | Универсально-расточный или поперечно-строгальный станок |
| Чистовое растачивание отверстий в шатунных шейках | Универсально-расточный станок, призмы |
| Чистовое обтачивание шатунных шеек, переходных поверхностей и подрезка внутренних сторон щек | Специальный станок или токарный, оборудованный вращающимся суппортом *2 |

*Продолжение табл. 15*

| Содержание операций | Оборудование |
|---|---|
| Разметка шпоночных пазов и отверстий, центровых линий для установки кондуктора | Разметочная плита, призмы |
| Сверление смазочных отверстий во фланце, фрезерование шпоночных пазов | Радиально-сверлильный и универсально-расточный станки, призмы, кондуктор |
| Отделка коренных шеек | Токарный станок, оборудованный шлифовальной головкой или приспособлением для суперфиниширования*4 |

*1 В первую очередь обтачивают центральную шейку и на ней устанавливают люнет.

*2 Валы средних размеров обрабатывают на токарных станках с бугелями.

*3 Нагрев до 650 °С.

*4 При наличии круглошлифовального станка достаточных габаритов шейки шлифуются.

Вал закрепляется двумя коренными шейками на призмах стоек *1*. Суппорт *2* подводится к обрабатываемой шатунной шейке, перемещаясь в поперечном направлении по салазкам *3*. Кольцо *4* с зубчатым ободом получает вращение от электродвигателя через червяк *5*. Внутри кольца по салазкам *6* могут перемещаться два корпуса-резцедержателя *7*. После установки вала ось вращающегося кольца совмещается с осью подлежащей обработке шейки. Для этого вал поворачивается вокруг своей оси, а корпус суппорта *2* передвигается в поперечном направлении. Установка проверяется скобой, которая измеряет расстояние от накерненного центра или отверстия шатунной шейки до внутреннего пояска на вращающемся кольце.

При отсутствии такого станка обточку шатунных шеек выполняют на токарном станке с применением бугелей и распорок (рис. 13).

Диски-бугели устанавливают на вал, расположенный на разметочной плите, тщательно выверяя их угловое положение по разметке. Необрабатываемые в данной установке мотыли скрепляются планками *4* и болтами для увеличения жесткости вала.

У валов с полыми шейками до промежуточной термообработки сверлят и растачивают отверстия на расточном или го-

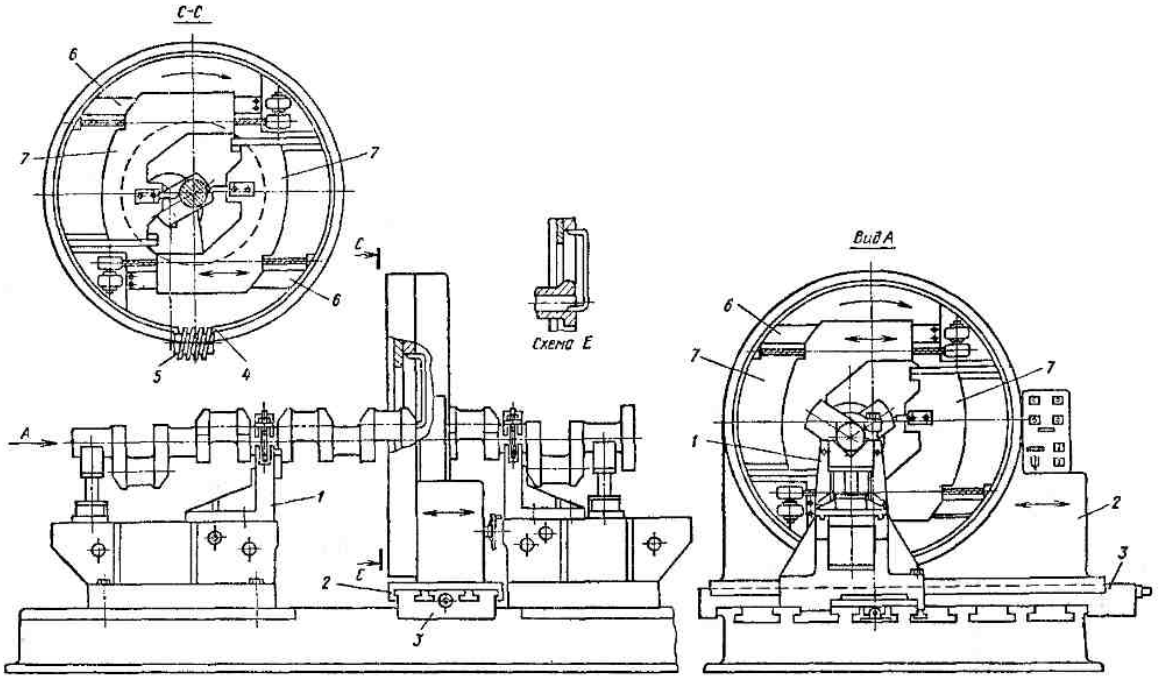



Рис. 12. Обтачивание шатунных шеек вала на станке с вращающимся суппортом

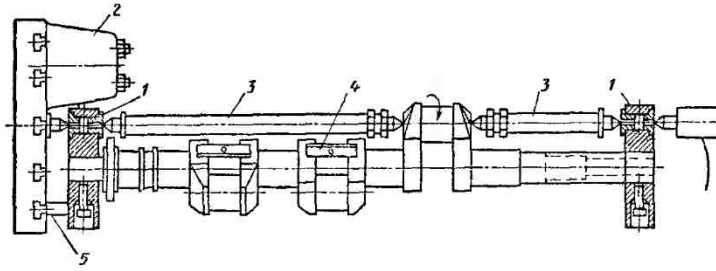



**Рис. 13. Схема обтачивания шатунных шеек на токарном станке:**
*1* – центросмесители; *2* – противовес; *3* – распорки; *4* – планки; *5* – поводок

ризонтально-сверлильном станке. После термообработки растачивают пояски в отверстиях коренных шеек по концам вала. В эти пояски вставляют центровые пробки для последующей обработки вала в центрах.

В процессе токарной обработки валов сложной конфигурации легко возникают деформации при зажиме в центрах и от действия собственного веса.

При установке на станок один конец вала закрепляют в патроне (рис. 14).

На кулачки *1* надевают рамки *2*. Сторона рамки, соприкасающаяся с шейкой вала, имеет полукруглое сечение и изогнута по радиусу шейки. Этим осуществляется гибкая связь между валом и шпинделем станка. Между рамкой и шейкой располагается медная прокладка *3*. Другой конец вала подпирают центром задней бабки. После обточки ближайшей к заднему центру шейки под нее подводят люнет и отводят задний центр, предотвращая тем самым деформации от осевого давления. Затем обтачивают поочередно другие шейки под люнеты. При обточке средних шеек люнеты устанавливают как можно ближе к ним. Последние переходы часто ведут резцами с широкой режущей

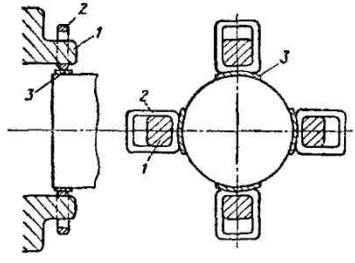



**Рис. 14. Схема закрепления вала в кулачок при чистовом обтачивании:**
*1* – кулачок патрона; *2* – рамка; *3* – прокладка

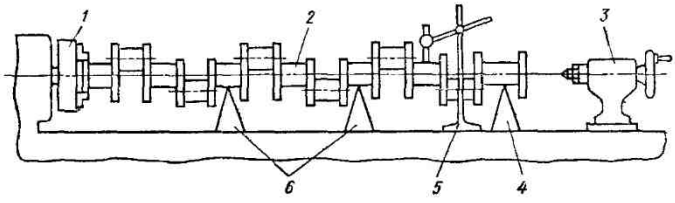



**Рис. 15. Установка коленчатого вала при протачивании шеек в процессе ремонта**

кромкой при глубине 0,1 мм и подаче 10–15 мм/об. Переходные поверхности обрабатывают широкими фасонными резцами.

Рабочие шейки валов в условиях мелкосерийного производства обрабатывают полированием или микрошлифованием на токарных станках.

**Ремонт коленчатых валов.** При ремонте протачиваются изношенные шейки валов с целью устранения отклонения от круглости и профиля продольного сечения.

Валы устанавливаются на токарном станке в патроне *1* и люнете *4* со стороны задней бабки *3* (рис. 15). Положение правого конца вала контролируется подведением заднего центра. После закрепления шейки в люнете центр отводится для предупреждения деформации вала от осевого зажима. Допуски на биение крайних коренных шеек должны быть не более 0,02 мм.

Под средние коренные шейки *2* подводятся два-три люнета *6* и контролируется отклонение от параллельности внутренних щек шатунных шеек, которое при измерении микрометрическим штихмассом не должно превышать 0,02–0,03 мм. У жестких валов проверяется расстояние от станины до верхней образующей шеек посредством индикатора *5* на стойке.

После выверки вала протачивается поясок под люнет на средней шейке и устанавливается первый люнет, а затем второй. Так последовательно протачиваются все коренные шейки с поочередной перестановкой люнетов. Проточенные шейки должны иметь допуск на биение не более 0,03–0,05 мм в зависимости от размеров и назначения коленчатого вала. После проточки шейки шлифуются с помощью шлифовального приспособления на токарном или круглошлифовальном станке. Шатунные шейки обрабатываются резцом, закрепленным на вращающемся суппорте (см. рис. 12).

*Глава 10*

# ОБРАБОТКА РЕЗЬБ

## НАСТРОЙКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Настройка современного универсального токарно-винторезного станка на нарезание резьбы сводится к настройке приводов главного движения и движения подачи.

Настройка коробки подач на шаг нарезаемой резьбы в большинстве случаев осуществляется с помощью таблицы, укрепленной на станке, или по паспорту. Рукоятки управления коробки подач устанавливают в положение, указанное в таблице, а реверс ходового винта – в положение, соответствующее нарезанию правой или левой резьбы, и при необходимости включают звено увеличения шага резьбы. Вращение от коробки подач сообщается ходовому винту, а включение продольного перемещения суппорта с резьбовым резцом происходит при замыкании разъемной маточной гайки.

При нарезании резьбы повышенной точности или с нестандартным шагом настройка цепи продольной подачи требует выполнения предварительных расчетов, иногда довольно сложных (например, при настройке винторезной цепи не коробкой подач, а гитарой сменных колес). В современных универсальных токарных станках предусмотрена возможность полного отключения коробки подач; ведомый вал гитары при этом соединяется напрямую с ходовым винтом станка. В этих случаях требуется подобрать сменные колеса из имеющихся в комплекте станка или изготовить дополнительные. Подбор числа зубьев сменных колес можно вести двумя способами.

При первом способе рычаги коробки подач ставятся в положение, при котором нарезаемый шаг равен шагу ходового винта станка. Таким образом, передаточное число равно шагу нарезаемого винта, деленному на шаг ходового винта. В случаях, когда числитель или знаменатель передаточного числа простой дроби будет иметь множители, неудобные для преобразования их в числа зубьев сменных зубчатых колес, расчет следует вести по таблицам передаточных чисел.

При втором способе подбор сменных колес осуществляется по одному из передаточных чисел сменных колес, имеющихся

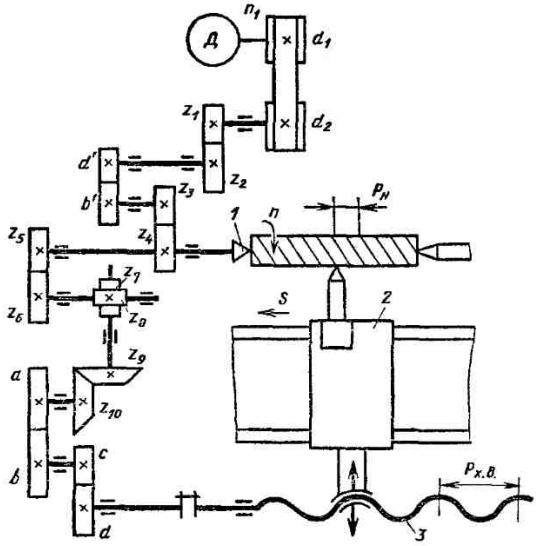



**Рис. 1. Кинематическая схема токарно-винторезного станка**

в наличии (хотя бы и с других станков), или по передаточному числу коробки подач.

Если необходимо изготовить резьбу с малыми допусками по шагу, а ходовой винт станка имеет погрешность при изготовлении, то подбор выполняют приближенными методами.

**Пример.** Нарезать винт с шагом $8{,}5 \mp 0{,}001$ мм на станке с шагом ходового винта 12 мм. Точный шаг ходового винта равен 11,99 мм, а не 12 мм. Тогда передаточное число $\frac{8{,}5}{11{,}99} = 0{,}708924$. По таблицам подбора зубчатых колес находят соотношение $0{,}708927 = 945 : 1333$. Это соотношение после разложения на множители имеет вид $\frac{945}{1333} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{31 \cdot 43}$. По множителям подбирают сменные зубчатые колеса.

Кинематическая схема нарезания резьбы на токарно-винторезном станке показана на рис. 1. Главное движение – вращение шпинделя с заготовкой *1* осуществляется от электродвигателя *Д* через ременную передачу со шкивами $d_1$ и $d_2$, зубчатые колеса $z_1$ и $z_2$, сменные зубчатые колеса $a'$ и $b'$, зубчатые колеса $z_3$ и $z_4$.

Продольное перемещение резца – движение подачи – производится передачей вращения от шпинделя через зубчатые колеса $z_5$ и $z_6$, винтовые конические колеса $z_7$ и $z_8$, $z_9$ и $z_{10}$, сменные зубчатые колеса $a$ и $b$, $c$ и $d$ к ходовому винту *3*. Вращательное движение ходового винта преобразуется в поступательное перемещение суппорта *2* с резцом.

Для нарезания резьбы настраивают кинематические цепи главного движения и подач так, чтобы заданной частоте вращения заготовки (об/мин) соответствовал определенный шаг нарезаемой резьбы $P_н$ (мм). Конечными элементами цепи главного движения является электродвигатель с частотой вращения $n_1$ (об/мин) и шпиндель с частотой вращения $n$ (об/мин). Передаточное число кинематической цепи $u = n/n_1 = u_1u_2u_{см}u_3$, где $u_1 = d_1/d_2$ – передаточное число ременной передачи ($d_1$, $d_2$ – диаметры шкивов); $u_2 = z_1/z_2$; $u_3 = z_3/z_4$ – передаточное число зубчатых передач; $u_{см} = a'/b'$ – передаточное число сменных зубчатых колес. Настройка кинематической цепи главного движения сводится к подбору чисел зубьев сменных колес $a'$ и $b'$, так как остальные элементы кинематической цепи являются неизменными ($u_{пост}$):

$$u_{см} = \frac{n}{n_1}\cdot\frac{1}{u_1}\cdot\frac{1}{u_2}\cdot\frac{1}{u_3}\cdot\frac{n}{n_1}\cdot\frac{1}{u_{пост}} = \frac{a'}{b'}.$$

Используя набор сменных колес $a'$ и $b'$, определяют конкретные сочетания их чисел зубьев для получения нужной частоты вращения заготовки.

Для настройки кинематической цепи подачи необходимо составить уравнение кинематической цепи от шпинделя *1* к суппорту *2*, который перемещается от ходового винта с шагом $P_{х.в}$ (мм). Шпиндель и суппорт являются конечными элементами кинематической цепи, которая определяется зависимостью одного оборота шпинделя от перемещения суппорта на шаг $P_н$ нарезаемой резьбы:

$$1 \text{ об. шп.} \cdot\frac{z_5}{z_6}\cdot\frac{z_7}{z_8}\cdot\frac{z_9}{z_{10}}\cdot\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}P_{х.в} = P_н.$$

Это уравнение называется уравнением кинематического баланса, где $(a/b)\cdot(c/d) = u_{см}$ – передаточное число сменных зубчатых колес гитары подачи. Подбором сменных зубчатых колес $a$, $b$, $c$, $d$ заканчивают настройку кинематической цепи движения подачи. Таким образом, настройка кинематической

цепи движения подачи сводится к подбору сменных зубчатых колес, так как остальные элементы известны и постоянны ($u_{пост}$), поэтому $u_{см} = P_н/u_{пост}$. Зависимость

$$u_{см} = \frac{P_н}{u_{пост} P_{х.в}}$$

используется при нарезании метрической резьбы с шагом $P_н$ (мм).

При нарезании дюймовой резьбы шаг определяется числом ниток $k$ резьбы на один дюйм длины заготовки, т. е. $P_н = 25{,}4/k$; в этом случае $u_{см} = 25{,}4/k u_{пост}$.

При нарезании модульной резьбы шаг определяется значением модуля $m$ (мм), т. е. $P_н = \pi m$; в этом случае $u_{см} = \pi m/u_{пост}$.

При нарезании питчевой резьбы шаг зависит от значения питча $p''$, т. е. $P_н = \pi/p''$ (в дюймах); в этом случае $u_{см} = \pi \cdot 25{,}4/u_{пост}$.

Число 25,4 представляют дробью 127/5, и поэтому в набор сменных зубчатых колес включают колесо $z = 127$, а $\pi$ заменяют отношением $\pi = 22/7$. Подбор остальных сменных колес производится по методу разложения на множители.

В станке 16К20 при нарезании метрических и дюймовых резьб устанавливают следующие сменные зубчатые колеса: $(a/b) \cdot (c/d) = (40/86) \cdot (86/64)$. Переход от нарезания метрической резьбы на нарезание дюймовой производят включением зубчатых колес $(38/34) \cdot (30/33)$ в коробке подач.

Если установить в гитаре подач комбинацию $(a/b) \cdot (c/d) = (60/86) \cdot (86/48)$, то можно нарезать метрические и дюймовые резьбы с шагом, вдвое больше табличного.

Для настройки гитары сменных зубчатых колес на нарезание резьбы с шагом, не предусмотренным таблицами станка, пользуются формулой $(a/b) \cdot (c/d) = (5/8) \cdot (P_н/P_т)$, где $P_н$ – шаг нарезаемой резьбы (мм); $P_т$ – табличное значение шага резьбы, ближайшее к $P_н$ (мм).

При установке $(a/b) \cdot (c/d) = (60/73) \cdot (86/36)$ можно нарезать модульные и питчевые резьбы. При нарезании резьб с шагом, не предусмотренным таблицами станка, пользуются формулами:

для модульной резьбы $(a/b) \cdot (c/d) = (60/73) \cdot (86/36) \cdot m_н/m_т$;

для питчевой резьбы $(a/b) \cdot (c/d) = (60/73) \cdot (86/36) \cdot P''_н/P''_т$,

где $m_н$ и $P''_н$ – соответственно модуль и питч нарезаемой резьбы, а $m_т$ и $P''_т$ – соответственно табличные значения модуля и питча, близкие к $m_н$ и $P''_н$.

## НАРЕЗАНИЕ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

При изношенном ходовом винте и разъемной гайке станка нарезание резьбы сопровождается негативными факторами: на входе в заготовку резец притормаживает движение каретки, и первая нитка резьбы получается утолщенной; на выходе из заготовки резец освобождается от нагрузки, и происходит скачок подачи, из-за чего последняя нитка резьбы получается утолщенной; по этой же причине первые и последние шаги резьбы бывают «растянутыми».

Чтобы исключить влияние этих факторов, необходимо в момент начала и окончания резания притормаживать вручную маховик продольной подачи каретки (устраняется зазор между ходовым винтом и разъемной гайкой); если резьба нарезается в партии заготовок, операцию следует разделить на две – черновую и чистовую. Перед чистовым нарезанием резьбы резец затачивается заново или заменяется.

При нарезании резьбы скоростным методом твердосплавным резцом необходимо отключить маховик каретки или снять его. Маховик, не отсоединенный от рейки, своей массой создает инерционность, т. е. притормаживание на входе и разгон на выходе, что приводит к утолщению первой и последней ниток резьбы.

Для повышения производительности при нарезании наружных резьб на токарном станке у заготовок с несимметричным припуском или тонкостенных трубчатых можно применять призматическую плашку от резьбонарезной головки, используя ее как гребенку (рис. 2) с принудительной подачей.

Плашка дополнительно затачивается под углом 45°, чтобы образовалась режущая кромка, которая при первом переходе обтачивает заготовку до требуемого диаметра с одновременным черновым нарезанием резьбы (станок настраивается на заданный шаг резьбы). При втором переходе резьба нарезается окончательно. Для применения этого инструмента нарезаемая резьба должна быть сквозной или должна иметь сбег, равный ширине плашки.

Внутренние резьбы на проход можно нарезать, используя гаечный метчик как гребенку. Для этого метчик устанавливают на призме в резцедержателе станка таким образом, чтобы одно из его перьев располагалось горизонтально (рис. 3). Станок настраивается на шаг резьбы метчика. После включения автоматической подачи от ходового винта перо метчика нарезает

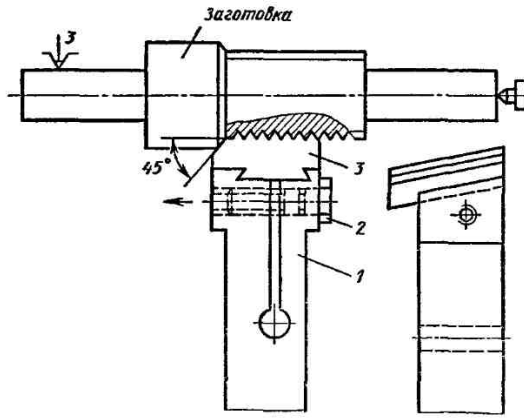



**Рис. 2. Схема использования плашки от резьбонарезной головки:**
*1* – державка; *2* – винт; *3* – плашка

резьбу в гайке на полную глубину за один переход. Затупившееся перо (гребенка) метчика заменяется путем простого поворота метчика на призме.

Скоростное нарезание наружных и внутренних резьб при движении суппорта до упора без применения приспособлений, отбрасывающих резец в конце перехода, возможно при несложной модернизации станка (рис. 4): один конец ходового винта связывается с валом коробки подач посредством подвижного шлицевого соединения; второй его конец своей удлиненной цапфой входит в задний опорный подшипник и постоянно поджимается влево пружиной.

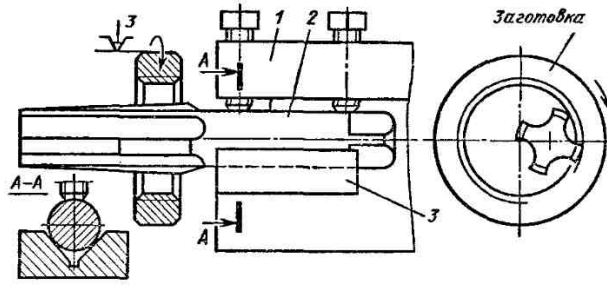



**Рис. 3. Схема использования метчика как гребенки для нарезания резьбы:**
*1* – резцедержатель; *2* – метчик; *3* – призма

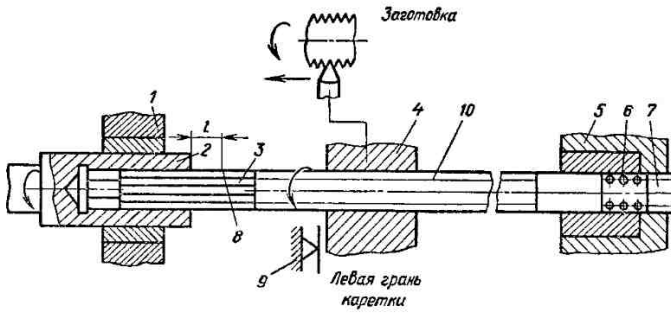



**Рис. 4. Схема нарезания резьбы в упор:**
*1* – корпус коробки подач; *2* – ведущий вал; *3* – шлицевой конец ходового винта; *4* – разъемная стойка; *5* – кронштейн; *6* – пружина; *7* – винт; *8* – метка; *9* – упор; *10* – ходовой винт

Если при нарезании резьбы суппорт дойдет до упора, установленного на передней направляющей, то разъемная гайка на мгновение остановится, а ходовой винт, продолжая вращаться, ввинтится в гайку и начнет двигаться вправо, выходя из вала и сжимая пружину. Токарь, заметив, что винт начал выдвигаться из вала по увеличению зазора *l*, переключает рукоятку реверса на обратное вращение шпинделя. Винт начинает вращаться в обратную сторону и, вывинчиваясь из гайки, занимает свое начальное положение (до упора в вал коробки подачи). После этого суппорт перемещается в исходное положение, что исключает поломку резца или винтового механизма подачи.

## НАРЕЗАНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ, ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОЙ И МНОГОЗАХОДНЫХ РЕЗЬБ

Нарезание резьбы прямоугольного и трапецеидального профиля имеет ряд особенностей по сравнению с нарезанием резьбы треугольного профиля. Прямоугольные и трапецеидальные резьбы часто бывают многозаходными, поэтому угол подъема $\mu$ винтовой линии этих резьб может значительно превышать углы подъема винтовой линии треугольной резьбы и достигать 40°.

Резьбы прямоугольного и трапецеидального профиля нарезают стержневыми резцами, профиль которых должен строго соответствовать профилю, образующемуся при пересечении винтовой поверхности резьбы с передней поверхностью резца.

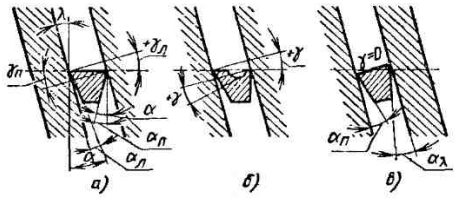



**Рис. 5. Способы установки резца при нарезании резьбы с углом подъема винтовой линии $\mu > 4°$**

Главную режущую кромку выполняют параллельно оси нарезаемой резьбы; передний угол резца $\gamma = 0$, а задний $\alpha = 6 \div 8°$. Для обеспечения нормальных условий резания необходимо, чтобы действительный задний угол составлял не меньше 3°.

При нарезании правой резьбы задний угол у левой режущей кромки резца должен быть на 2° больше угла подъема винтовой линии резьбы, а вспомогательный задний угол у правой режущей кромки 3°; при нарезании левой резьбы значения этих углов изменяются на противоположные.

Наибольшее распространение получили два способа установки резца при нарезании резьб с углом подъема винтовой линии $\mu > 40°$ (рис. 5). При первом способе главную режущую кромку устанавливают параллельно оси детали (рис. 5, *а*), что позволяет нарезать резьбу, профиль которой совпадает с профилем резца. Недостаток этого способа – неодинаковые условия работы боковых режущих кромок резца. Угол резания у правой боковой кромки больше $90° - \gamma_п$ ухудшает условия резания этой кромкой. Для устранения этого недостатка на передней поверхности вдоль режущей кромки выполняют канавку (рис. 5, *б*). Однако при этом ослабляется сечение режущей кромки и снижается ее стойкость. Кроме того, с увеличением угла подъема винтовой линии нагрузка на резец возрастает и он начинает отклоняться влево и вниз, что может привести к образованию неполного профиля резьбы. Поэтому этот способ установки применяется при нарезании резьб с шагом 3–4 мм, а также при выполнении чистовых переходов (снимаемый припуск 0,2 – 0,03 мм). Главную режущую кромку устанавливают точно на линии центров станка с помощью шаблона.

При втором способе (рис. 5, *в*) главную режущую кромку резца устанавливают перпендикулярно винтовой линии. В этом случае обе боковые режущие кромки находятся в одинаковых и более благоприятных условиях работы. Недостатком этого способа является искажение профиля резьбы, которое тем

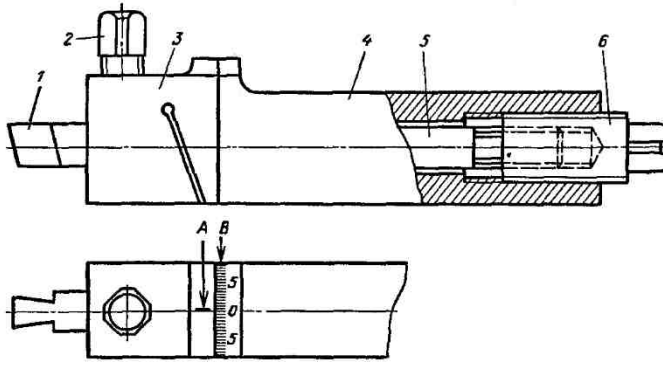



**Рис. 6. Державка с поворотной головкой для резьбового резца:**
*1* – резец; *2* – винт; *3* – головка резца; *4* – корпус; *5* – стержень; *6* – винт

больше, чем больше угол подъема винтовой линии. Его применяют при черновых переходах для снятия больших припусков.

Для точной установки головки резца применяют специальную державку (рис. 6). Головка резца может перемещаться относительно корпуса. Фиксируют головку в нужном положении (по риске *А* относительно шкалы *В*) винтом, который навинчивают на стержень головки по резьбе с крупным шагом и ввинчивают в корпус по резьбе с мелким шагом. Такое устройство позволяет надежно закреплять головку резца в нужном положении. Резец крепят в корпусе винтом. Иногда головку резца выполняют с прорезью, которая позволяет резцу незначительно отжиматься, что повышает качество обработанной поверхности.

*Трапецеидальные резьбы* с шагом более 3–4 мм нарезают двумя способами. При первом способе канавочным резцом, ширина которого на 0,1–0,2 мм меньше ширины профиля резьбы, прорезают винтовую канавку с внутренним диаметром, равным внутреннему диаметру нарезаемой резьбы; затем винтовой канавке придается форма трапеции (правым и левым резцами), ширина основания которой по наружному диаметру резьбы на 0,3–0,4 мм меньше требуемой; окончательную обработку боковых поверхностей резьбы проводят резцом с полным профилем.

При втором способе трапецеидальным резцом прорезают профильную канавку, ширина которой по среднему диаметру резьбы на 0,3 – 0,4 мм меньше требуемой; затем эту канавку

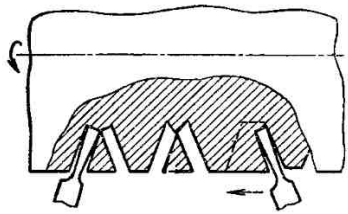


**Рис. 7. Схема метода вырезки винтов при нарезании червяков крупного модуля**

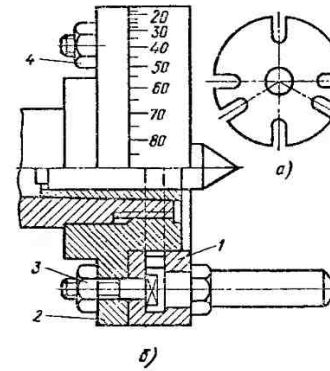



**Рис. 8. Поводковый (*а*) и градуированный (*б*) патрон для нарезания многозаходных резьб:**
*1* – поводок; *2* – корпус; *3*, *4* – гайки

прорезают резцами на глубину до воображаемой поверхности внутреннего диаметра резьбы; окончательную обработку боковых поверхностей резьбы выполняют резцом с полным профилем.

Сокращение трудоемкости и повышение производительности обработки в 3–5 раз обеспечивается при нарезании червяков крупного модуля (больше 12 мм) методом вырезки витков. Сущность метода состоит в том, что верхние салазки суппорта разворачиваются влево на угол, равный половине угла профиля резьбы (20° для модульной резьбы), и за несколько переходов узким прорезным резцом прорезается канавка с наклоном вправо (рис. 7). Затем верхние салазки разворачиваются под таким же углом в противоположную сторону, и прорезается канавка с наклоном влево. При последних переходах освобождается вырезанная спираль треугольного сечения, которая после остановки станка свинчивается. Обработку целесообразно вести при обратном вращении шпинделя перевернутым прорезным резцом. Окончательные один-два перехода для калибрования резьбы выполняются обычным резьбовым резцом соответствующего профиля.

Данный метод обеспечивает увеличенный срок эксплуатации разъемной гайки и резко сокращает число переходов.

Винтовые канавки *многозаходных резьб* обрабатывают способами, применяемыми при нарезании однозаходных резьб соответствующего профиля. Точность деления винтовых канавок

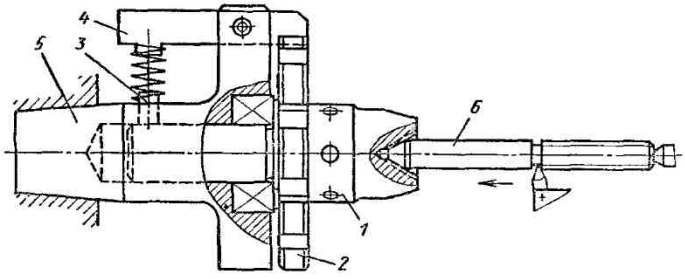



**Рис. 9. Делительный поводок с обратным центром:**
*1* – поводок; *2* – делительный диск; *3* – штифт; *4* – фиксатор; *5* – конус Морзе; *6* – заготовка

в соответствии с числом заходов обеспечивается при нарезании резьбы на валиках, устанавливаемых в центрах, поводковым патроном с вырезами для нарезания двух-, трех- и четырехзаходной резьб (рис. 8, *а*) или градуированным патроном (рис. 8, *б*), на поводковой части которого нанесены деления. Поводковая часть поворачивается относительно корпуса на 180° при двухзаходной, на 120° при трехзаходной и на 90° при четырехзаходной резьбе (т.е. угол поворота $\delta = 360°/Z$, где $Z$ – число заходов) и фиксируется в нужном положении гайками.

Для перехода от нарезания одной винтовой канавки к другой в соответствии с числом заходов используют верхний суппорт станка, направляющие которого устанавливают параллельно оси заготовки. После нарезания первой винтовой канавки резец отводят от заготовки и перемещают его вдоль заготовки на шаг резьбы. Для определения величины перемещения резца используют лимб винта верхних салазок суппорта, набор мерных плиток, индикатор, делительное кольцо и др.

Делительный поводок с обратным центром (рис. 9) позволяет нарезать резьбы с числом заходов 2, 3, 4, 6, 12 за счет того, что делительный диск, расположенный на поводке, имеет двенадцать прорезей, равномерно расположенных на наружной поверхности. Положение поводка относительно корпуса фиксируется рычажным подпружиненным фиксатором. Корпус поводка коническим хвостовиком устанавливается в шпиндель станка.

Плоскопараллельные концевые плитки и индикатор обеспечивают деление многозаходной резьбы на заходы более точно. Для этого после нарезания первого захода (нитки), не размыкая

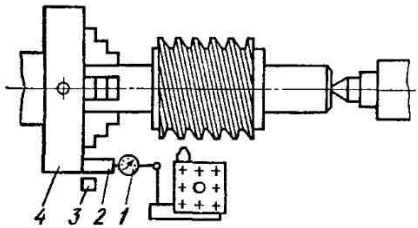



**Рис. 10. Схема настройки для нарезания многозаходной резьбы по индикатору:**
*1* – индикатор; *2*, *3* – мерные плитки; *4* – патрон

кинематической цепи, перемещают каретку суппорта влево до упора наконечника индикатора (рис. 10) в приставленную к патрону плитку произвольного размера. В таком положении стрелка индикатора устанавливается на нуль. Затем плитка *2* снимается, а вместо нее ставится плитка *3*, размер которой отличается от размера плитки *2* на один шаг резьбы. Рукояткой винта верхних салазок суппорта вместе с резцедержателем перемещают их до тех пор, пока наконечник индикатора не упрется в плитку *3* и стрелка индикатора не установится точно против нуля циферблата. Таким способом можно точно делить резьбу на любое число заходов.

Для нарезания многозаходной резьбы применяют метчики-протяжки, а также резцовые блоки, в которых резцы устанавливаются вершинами на одном уровне и с шагом, равным нарезаемой резьбе.

Для повышения производительности труда при нарезании длинных трапецеидальных винтов или червяков применяют резцовые головки, устанавливаемые на суппорте станка.

Резцовая головка состоит из корпуса, вращающегося от отдельного привода. В корпусе закрепляются от одного до четырех резцов, профиль которых соответствует профилю нарезаемой резьбы. Резцовую головку устанавливают эксцентрично относительно оси заготовки (рис. 11) и под углом к оси, равным углу подъема винтовой линии нарезаемой резьбы.

При нарезании резьбы резцовой головкой резец, периодически вступая в контакт с заготовкой, срезает стружку по профилю резьбы.

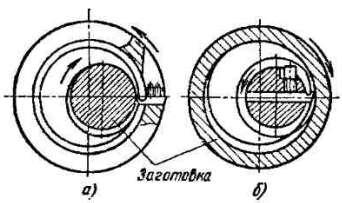



**Рис. 11. Схема нарезания резьбы вихревым способом:**
*а* – наружной; *б* – внутренней

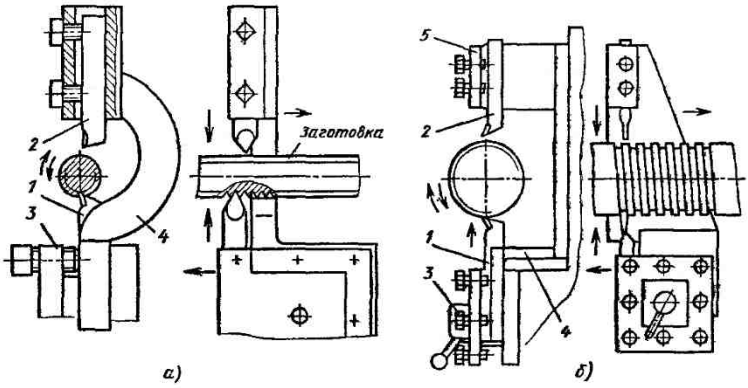



**Рис. 12. Схема нарезания резьбы с дополнительным резцедержателем:**
*а* – с мелким шагом; *б* – с крупным шагом; *1* – передний резец; *2* – задний резец; *3* – резцедержатель; *4* – кронштейн; *5* – задний резцедержатель

Подача на шаг нарезаемой резьбы осуществляется суппортом станка. Нарезание резьбы выполняется, как правило, за один рабочий ход.

При нарезании резьбы вихревым способом скорость резания составляет 150–450 м/мин; круговая подача заготовки на один оборот головки при обработке наружных резьб 0,2–0,8 мм; при обработке внутренних резьб – не более 0,2 мм.

Для сокращения вспомогательного времени на обратные движения каретки суппорта при нарезании длинных винтов с трапецеидальной или ленточной резьбой, а также для повышения производительности обработки успешно применяют дополнительный резцедержатель (рис. 12, *а*). Установленный сзади заготовки он обеспечивает использование обратного движения каретки для рабочих переходов. Для этой цели применяется задний резцедержатель, поставляемый в комплекте со станком, или специальный держатель в виде изогнутого кронштейна, который закрепляется в резцедержателе станка. Для увеличения жесткости при нарезании длинных резьб с крупным шагом задний резцедержатель устанавливается на верхнюю плоскость поперечного суппорта (рис. 12, *б*).

Отличительными характеристиками конструкции приспособления для двустороннего нарезания резьб являются обеспечение точной самостоятельной настройки двух одновременно работающих резцов и быстрая перестройка станка на работу. Это

достигается тем, что приспособление укрепляют на плите, установленной на суппорте.

Корпус приспособления (рис. 13) закрепляют на плите. В корпусе на двух направляющих перемещается резцедержатель. Синхронное движение резцедержателей навстречу друг другу при нарезании резьб или других операциях осуществляется в результате ручного или механического вращения винта поперечного суппорта.

При нарезании длинных винтов с трапецеидальной резьбой профильный чистовой резец крепится в основном резцедержателе, а прорезной – в резцедержателе *4*. При поперечном перемещении суппорта профильный резец подводят вплотную к поверхности нарезаемого винта и устанавливают лимб в нулевое положение.

Для подведения к заготовке резца, установленного в резцедержателе, используют регулирующий винт, конец которого под воздействием пружины находится в постоянном контакте с верхними салазками суппорта станка. Вращая винт против часовой стрелки, передвигают шток. При этом рычаг, поворачиваясь на оси и воздействуя на шток, жестко закрепленный в резцедержателе, заставляет последний с установленным в нем прорезным резцом двигаться по направлению к обрабатываемой заготовке. После настройки резцов поворотом рукоятки поперечного суппорта подают одновременно оба резца на первый переход. После первого перехода отводят резец от заготовки. При этом резцедержатель под действием пружины также отойдет от заготовки.

Преимущество двустороннего нарезания резьбы, осуществляемого с помощью такого приспособления, заключается в том, что профильный резец производит резание по проточенной уже прорезным резцом канавке. При этом создаются благоприятные условия свободного резания для прорезного резца, так как боковые поверхности его не соприкасаются с металлом и стружка не заклинивается в прорезанной канавке.

*Коническую резьбу* нарезают на токарно-винторезном станке с помощью копировальной линейки (так же как при обточке конусных поверхностей), которую устанавливают на необходимый угол уклона конуса. Настройку станка на шаг резьбы выполняют так же, как и для нарезания цилиндрической резьбы, или с помощью конического резьбонарезного инструмента.

Нарезание резьбы с неравномерным шагом в винтах, применяющихся в некоторых машинах, является сложной техноло-

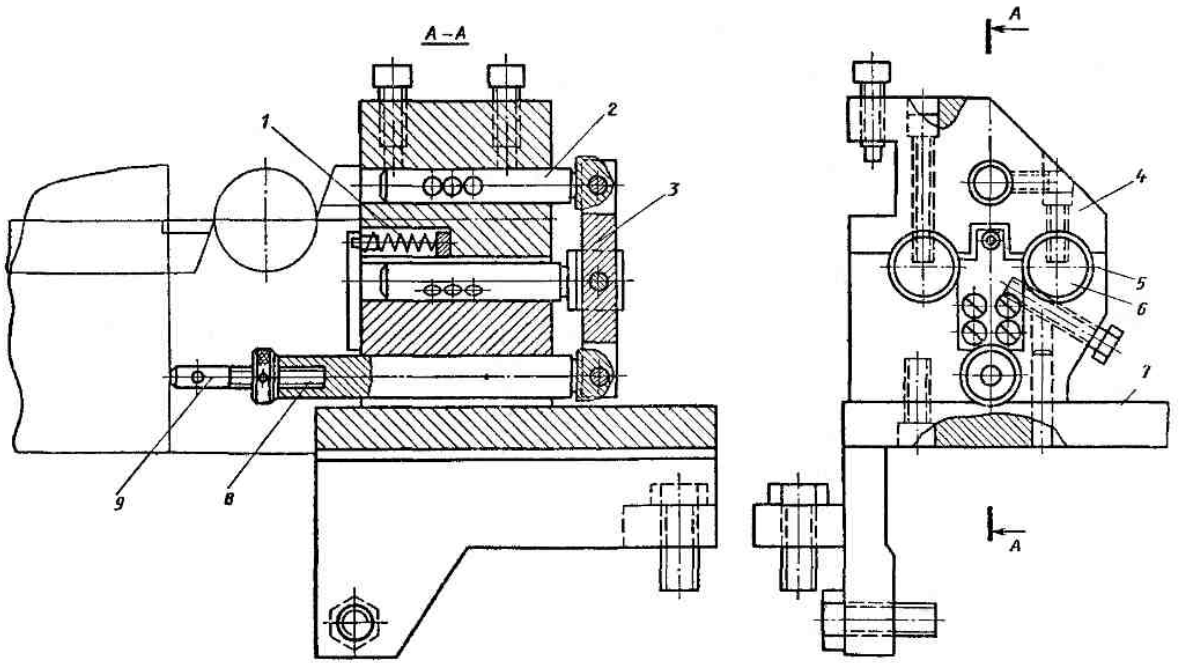



**Рис. 13. Приспособление для двустороннего нарезания резьб:**
*1* – пружина; *2* – шток; *3* – рычаг; *4* – резцедержатель; *5* – корпус; *6* – направляющие; *7* – плита *8* – шток; *9* – регулирующий винт

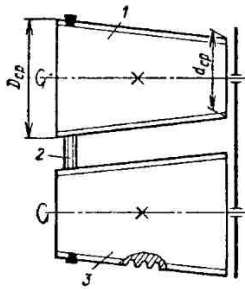



**Рис. 14. Схема приспособления для нарезания резьбы с неравномерным шагом:**
*1* – ведущий конус; *2* – клиновидный ремень; *3* – ведомый конус

гической задачей. Ее можно решить за счет несложной модернизации станка. Обычно шаг резьбы $P$ меняется по закону геометрической прогрессии:

$$P_m = P_1 \varphi^{m-1};$$

$$P_2 = P_1 \varphi;\ P_3 = P_2 \varphi;\ \ldots;\ P_i = P_{i-1} \varphi,$$

или

$$P_2 = P_1 \varphi;\ P_3 = P_1 \varphi^2,$$

где $m$ – число шагов на нарезаемой длине; $\varphi$ – знаменатель прогрессии ($\varphi = 1{,}01$; 1,02 и т. д. до 1,2).

Для нарезания таких резьб вместо гитары сменных зубчатых колес устанавливают два одинаковых конуса с трапецеидальной правой и левой резьбой под клиновидный ремень (рис. 14).

Наброшенный на них ремень при вращении ведущего вала вращает ведомый и одновременно перемещается вдоль конусов. Так как передаточное число равномерно изменяется, то и частота вращения ведомого конуса соответственно увеличивается или уменьшается в зависимости от того, в каком направлении перемещается ремень.

Изменяющаяся частота вращения ведомого конуса, связанного с ходовым винтом, приводит к равномерному изменению шага резьбы.

Исходный нарезаемый шаг (шаг между двумя первыми канавками) устанавливается настройкой коробки подачи станка.

Размеры конусов и шаги резьбы связаны соотношением

$$D_{ср}/d_{ср} = P_{max}/P_{min} = \varphi^{m-1};$$

$$P_{max} = P_{min} \varphi^{m-1},$$

где $D_{ср}$ и $d_{ср}$ – средние диаметры нарезки соответственно на торцах конусов с большим и меньшим диаметрами; $P_{min}$, $P_{max}$ – шаг нарезаемого винта соответственно наименьший (исходный) и наибольший.

Средний диаметр нарезки на торце с меньшим диаметром принимается конструктивно; например $d_{ср} = 80$ мм.

Длина конусов

$$L = nP_к,$$

где $P_к$ – шаг нарезки на конусах (конструктивно принимается 8 мм); $n = l/P_{х.в}$ – частота вращения ходового винта за период нарезания резьбы на заготовке ($l$ – длина нарезаемой резьбы; $P_{х.в}$ – шаг ходового винта станка).

Тогда

$$L/P_к = l/P_{х.в};$$

следовательно,

$$L = lP_к/LP_{х.в}.$$

Длина нарезаемой резьбы является суммой всех шагов резьбы на заготовке или суммой членов геометрической прогрессии:

$$l = P_1 + P_2 + \ldots + P_m;$$

$$l = \frac{P_1(\varphi^m - 1)}{\varphi - 1}. \qquad (1)$$

Зная $l$,$\varphi$ и $P_1 = P_{min}$, можно определить количество шагов на конусе.

**Пример.** Станок 1К62 с $P_{х.в} = 12$ мм; $P_{min} = 10$ мм; $\varphi = 1{,}1$; $l = 155$ мм, $d_{ср} = 80$ мм; $P_к = 8$ мм. Определить $D_{ср}$ и $L$.

Находим

$$L = \frac{115 \cdot 8}{12} = 76 \text{ мм}.$$

С учетом некоторого запаса на вход ремня принимаем общую длину каждого конуса $L = 80$ мм.

Для определения $D_{ср}$ рассчитаем число шагов $m$, подставив его значение в формулу (1):

$$115 = \frac{10(1{,}1^m - 1)}{1{,}1 - 1};$$

$$2{,}15 = 1{,}1^m;$$

$$\lg 2{,}15 = m \lg 1{,}1;$$

$$m = \frac{0{,}3324}{0{,}0414} = 8{,}02.$$

Принимаем $m = 8$; тогда

$$D_{ср} = d_{ср}\varphi^{m-1} = 80 \cdot 1{,}1^7 = 80 \cdot 1{,}949 = 155{,}9 \text{ мм}.$$

*Торцовую резьбу,* изменяющуюся по спирали Архимеда, нарезают при поперечной подаче суппорта. Для этого коробку подач настраивают на требуемый шаг резьбы, учитывая, что поперечная подача в 2 раза меньше продольной подачи, значения которой приведены в таблице на передней стенке коробки подач.

Чтобы обеспечить точные шаги поперечной резьбы, следует настроить станок гитарой сменных зубчатых колес, исключив коробку подач из цепи передачи вращения от шпинделя к винту поперечной подачи суппорта.

Для определения передаточного числа сменных зубчатых колес гитары при нарезании торцовых резьб используются следующие формулы: для станка 1К62 $u_{гит} = 0{,}2398P$; для станка 16К20 $u_{гит} = 0{,}3273P$.

**Пример 1.** На станке 1К62 необходимо нарезать торцовую резьбу с шагом $p_{торц} = 4{,}5$ мм.

Определим $u_{гит} = 0{,}2398 \cdot 4{,}5 = 1{,}0791$. Заменим это число дробью $\frac{85}{78} = 1{,}08974$.

При такой замене $P_{торц} = \frac{1{,}08974}{0{,}2398} = 4{,}544$ и погрешность шага $\Delta = 4{,}544 - 4{,}5 = 0{,}044$ мм, что практически несущественно.

Подбираем сменные зубчатые колеса:

$$u_{см} = \frac{85}{78} = \frac{8{,}5 \cdot 10}{13 \cdot 6} = \frac{85 \cdot 50}{60 \cdot 65}.$$

**Пример 2.** На станке 16К20 необходимо нарезать торцовую резьбу с шагом $P_{торц} = 10$ мм.

Находим $u_{гит} = 0{,}3273 \cdot 10 = 3{,}273$. Заменим это число дробью $\frac{1140}{348} = 3{,}2759$.

В результате замены получим $P_{торц} = \frac{3{,}2759}{0{,}3273} = 10{,}0088$ мм

и погрешность шага $\Delta = 10{,}0088 - 10 = 0{,}0088$ мм, что практически несущественно.

Подбираем сменные зубчатые колеса:

$$u_{\text{гит}} = \frac{1140}{348} = \frac{570}{174} = \frac{57 \cdot 50}{29 \cdot 30}.$$

## НАКАТЫВАНИЕ РЕЗЬБЫ

Получение резьбы накатыванием осуществляется копированием профиля накатного инструмента путем его вдавливания в металл заготовки. На токарных, токарно-револьверных станках и станках-автоматах накатывают резьбы диаметром 5–25 мм одним или двумя роликами. Резьбу одним роликом накатывают при вращении заготовки *1* (рис. 15), закрепленной в патроне или цанге, при поступательном перемещении суппорта станка вместе с накатником *3*, в который вмонтирован накатной ролик *2*. При этом необходимо следить за деформацией заготовки под действием односторонней радиальной силы.

Накатывание резьбы диаметром до 50 мм происходит в более благоприятных условиях при применении резьбонакатных головок с тремя и большим числом роликов. Головки могут быть самораскрывающимися и нераскрывающимися. Ролики выполняют с кольцевой и винтовой резьбой. Ролики с кольцевой резьбой устанавливают в головке на угол подъема винтовой линии накатываемой резьбы и смещают один относительно другого на $1/z_p$ шага ($z_p$ – число роликов в комплекте).

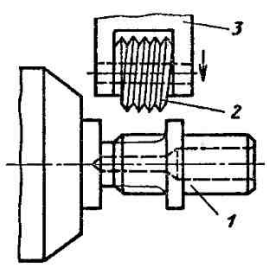



**Рис. 15. Схема накатывания резьбы роликом:**
*1* – заготовка; *2* – накатной ролик; *3* – накатник

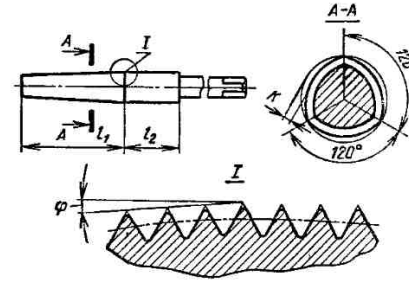



**Рис. 16. Раскатник для получения внутренней резьбы**

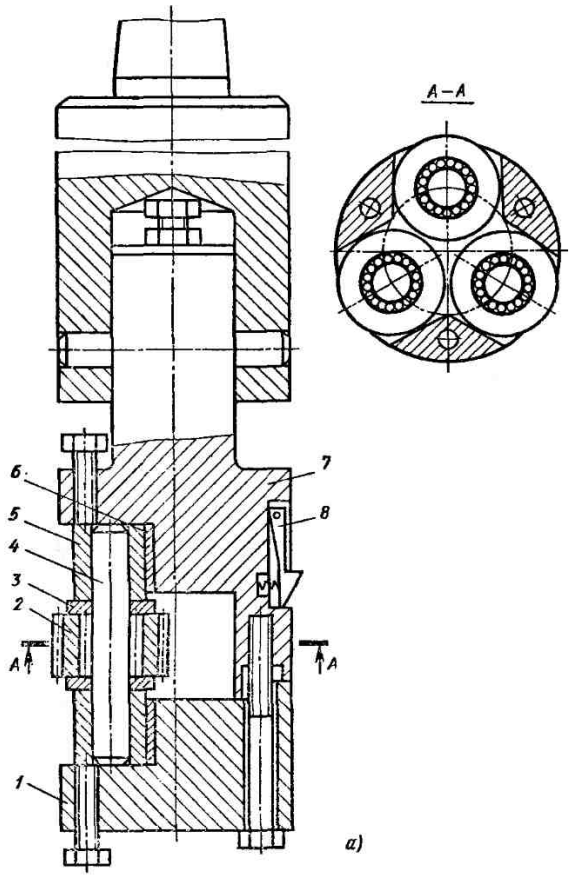
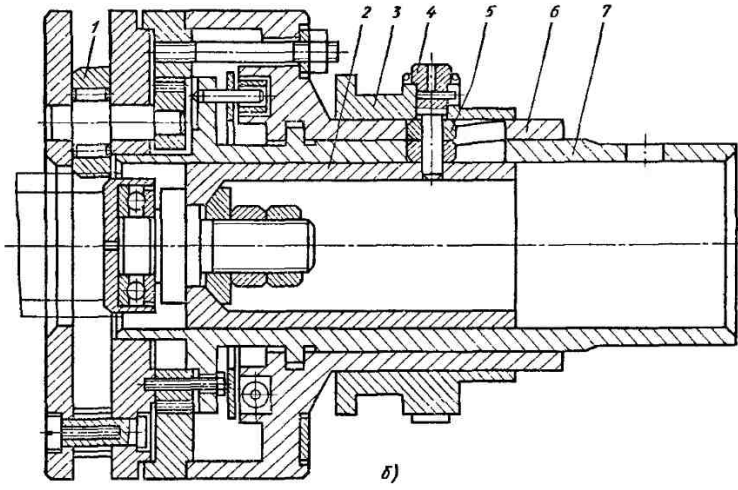



**Рис. 17. Резьбонакатная головка для накатывания резьб:**
*а* – цилиндрических: *1* – опорный диск; *2* – накатные ролики; *3* – прокладка; *4* – ось; *5* – цилиндрический вкладыш; *6* – калиброванная прокладка; *7* –

Ролики с винтовой резьбой устанавливают параллельно оси заготовки. Резьбонакатные головки по принципу работы не отличаются от резьбонарезных головок. Накатывание резьбы осуществляется, как правило, при самозатягивании головки, поэтому осевая подача инструмента на заготовку необходима только в начальный период, пока ролики не захватят заготовку.




корпус; *8* — шарнирный фиксатор; *б* — конических: *1* — резьбонакатные ролики; *2* — сердечник; *3* — втулка; *4* — палец; *5* — ролики; *6* — корпус; *7* — хвостовик

При накатывании поверхность резьбы получается уплотненной и без микронеровностей, что повышает прочность резьбы. Резьбы можно накатывать на заготовках из различных материалов. Материал считается пригодным, если его относительное удлинение $\delta \geqslant 12\,\%$. При накатывании резьб рекомендуется применять в качестве смазочно-охлаждающей жидкости эмульсию или масло.

Для получения резьбы методом пластической деформации на внутренней поверхности применяют раскатники (рис. 16), которые имеют заборную часть с конической резьбой длиной $l_1 = 3P$ для глухих и длиной $l_1 = (10 \div 20)P$ — для сквозных отверстий. Калибрующая часть выполнена с цилиндрической резьбой длиной $l_2 = (5 \div 8)P$. По всей рабочей части раскатника выполняется огранка $\Delta = 0{,}2 \div 0{,}6$ мм для уменьшения сил трения при обработке резьбы.

**Раскатывание внутренних цилиндрических резьб большого диаметра** осуществляется раскатной головкой (рис. 17, *а*), в корпусе *7* которой расположен опорный диск *1*, центрированный относительно корпуса по цилиндрической поверхности. На-

катные ролики *2* с кольцевыми нитками установлены на осях *4* посредством игольчатых подшипников. Оси *4* размещены в цилиндрических вкладышах *5*, лежащих на калиброванных прокладках *6* в цилиндрических отверстиях корпуса и опорного диска. Прокладки *6* удерживают ролики от осевых перемещений и позволяют регулировать их осевое положение. Вкладыши *5* удерживаются в корпусе и опорном диске болтами. Болты также крепят опорный диск к корпусу. Шарнирные фиксаторы *8* предотвращают осевое перемещение партии обработанных деталей в зону накатывания.

Предварительно по резьбовому кольцу-калибру с помощью регулировочных прокладок устанавливают относительное осевое смещение роликов. Затем, отпустив болты и вращая опорный диск относительно корпуса по центрирующей поверхности, осуществляют разворот роликов на угол, равный углу подъема резьбы. С помощью прокладок ролики устанавливают на диаметр накатываемой резьбы и фиксируют болтами. Для извлечения партии накатанных деталей головку снимают с оправки.

Структурные изменения в поверхностном слое металла повышают прочность раскатанной резьбы по сравнению с нарезанной; шероховатость поверхности улучшается при этом на два-три квалитета.

*Резьбонакатная головка для конических резьб* позволяет в процессе формообразования конической резьбы осуществлять радиальный отвод резьбонакатных роликов, установленных (рис. 17, *б*) на эксцентриковых осях. Отвод происходит одновременно с осевым перемещением торца заготовки. Сердечник, связанный с втулкой *3*, перемещается вместе с пальцем *4*, на котором закреплены ролики, расположенные в специальных пазах корпуса 6 и хвостовика 7. При повороте корпуса относительно хвостовика механизм раскрытия головки обеспечивает радиальный отвод резьбонакатных роликов *1*.

Кинематическая *схема вибронакатывания* винтовых поверхностей представлена на рис. 18. Деформирующий элемент *1* совершает относительно обрабатываемой винтовой поверхности принудительное возвратно-поступательное движение во взаимно перпендикулярных направлениях по касательной плоскости, положение которой определяется углом наклона $\alpha$ и углом подъема $\beta$ указанной винтовой поверхности.

Обработку осуществляют на токарно-винторезном станке. Шпиндель станка сообщает поверхности *2* вращательное

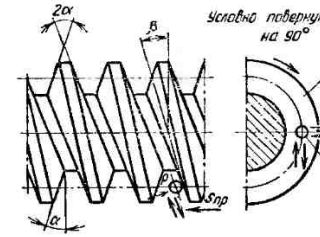



**Рис. 18. Схема вибронакатывания винтовых поверхностей:**
*1* – деформирующий элемент; *2* – обрабатываемая поверхность; *P* – усилие вдавливания деформирующего элемента (Н)

движение с частотой *n*, а установленной в резцедержателе виброголовке – продольную подачу $S_{пр}$, соответствующую шагу винтовой поверхности.

Деформирующий элемент получает от виброголовки колебательное движение во взаимно перпендикулярных плоскостях: в радиальной и тангенциальной. Это движение характеризуется определенными кинематическими параметрами.

На процесс вибронакатывания винтовых поверхностей большое влияние оказывают также и динамические параметры.

Изменяя взаимосвязанные кинематические и динамические параметры и амплитуду колебаний в тангенциальном направлении, можно получить систему канавок, расположенных на обрабатываемой поверхности в определенном порядке.

Для вибронакатывания винтовых поверхностей применяют специальное устройство (рис. 19), которое работает следующим образом. От электродвигателя *8*, закрепленного на щите, через гитары со сменными зубчатыми колесами *a*, *b*, *c* и *d* вращательное движение сообщается валу *5* и коническим зубчатым колесам *4*. Вращение вала *5* и регулируемого эксцентрика *6* посредством тяги *7* преобразуется в колебательное движение штока *9* в радиальном направлении вдоль образующей обрабатываемой поверхности.

На другом конце штока смонтирован кронштейн *1* узла тангенциальных колебаний. В кронштейне посредством цилиндрических направляющих *18* установлена подвижная скоба *16*, а на ней – деформирующий элемент *17*, получающий в тангенциальном направлении колебательное движение через скобу *16*, сменный эксцентрик *15* и конические зубчатые колеса *2*. Последним вращение передается от шарнирно-телескопической муфты *3* и конической передачи *4* электромеханического привода.

Для точной настройки и фиксации деформирующего элемента относительно обрабатываемой поверхности в корпусе *11* имеются механизмы поворота (две червячные передачи *13* и *14*)

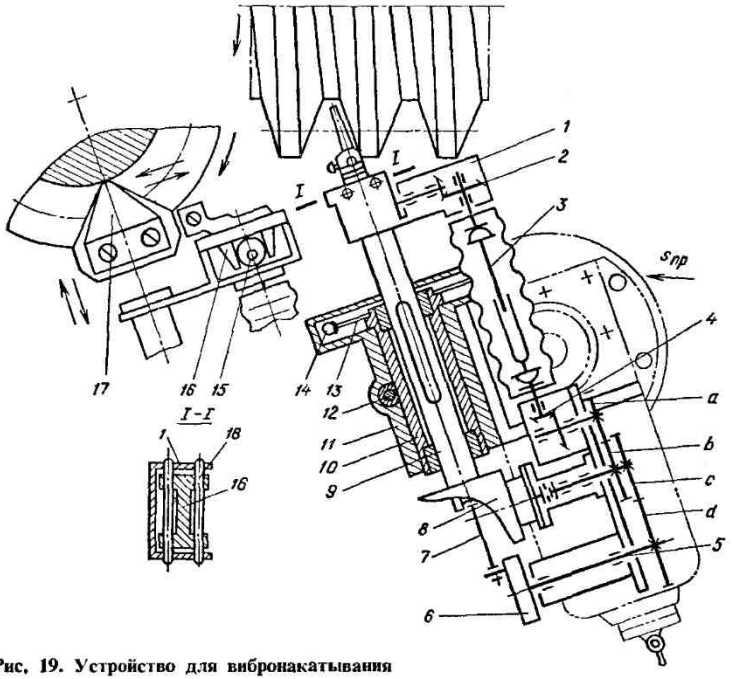



**Рис. 19. Устройство для вибронакатывания**

и фиксации (фиксатор *12* между корпусом и втулкой *10*). Описанное устройство устанавливают на резцедержателе станка при помощи угольника.

С учетом сложности формы и труднодоступности обрабатываемой поверхности применяется комплект инструментов и наконечников, обеспечивающих вибронакатывание винтовых поверхностей червяков с модулем 1—20 мм и ходовых винтов с шагом 2—48 мм. В качестве деформирующего элемента служат термически обработанные шарики из стали ШХ15 или ШХ9 или сферические наконечники из твердого сплава ВК6М или Т15К6.

На рис. 20, *а* представлен деформирующий элемент, состоящий из державки *1*, шарика *5*, бронзового подпятника *4*, плоской пружины *2* и пластины *3*, прикрепленной двумя винтами к державке. В усовершенствованном деформирующем элементе (рис. 20, *б*) использован твердосплавный наконечник *6*, установленный в посадочном пазе на шарнирной оси *7*. Пло-

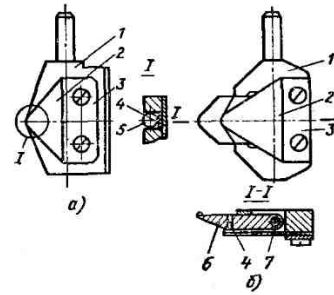



**Рис. 20. Деформирующие элементы:** *1* – державка; *2* – плоская пружина; *3* – пластина; *4* – бронзовый подпятник; *5* – деформирующий шарик; *6* – твердосплавный наконечник; *7* – шарнирная ось

ская пружина *2* прикреплена к державке *1* посредством пластины *3* и двух винтов. Пружина опирается на подпятник *4* находящийся на наконечнике *6*, и обеспечивает необходимое усилие вдавливания деформирующего элемента. Деформирующие элементы имеют цилиндрическую посадочную шейку, позволяющую удобно монтировать их на виброголовке.

Усилие вдавливания при вибронакатывании составляет 40–150 Н. От усилия вдавливания и радиуса сферической части деформирующего элемента зависит глубина канавки микрорельефа, меняющаяся в пределах 2–6 мкм для термически обработанных и в пределах 3–14 мкм для термически необработанных винтовых поверхностей.

*Глава 11*

# ПЛАЗМЕННО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Плазменно-механическая обработка (ПМО) относится к комбинированным методам обработки металлов, в которых основное механическое воздействие на заготовку совмещается с дополнительным тепловым. Плазменно-механическая обработка позволяет в 3—10 раз увеличить объем металла, удаляемого в единицу времени, при обработке высокопрочных, маломагнитных и коррозионно-стойких сталей, а также титановых и некоторых жаропрочных сплавов.

Сущность ПМО состоит в последовательном и согласованном воздействии на обрабатываемый материал плазменной дуги и режущего инструмента. Время нахождения металла под непосредственным воздействием плазменной дуги определяется скоростью главного движения и диаметром пятна нагрева и составляет сотые или тысячные доли секунды. За это время происходит тепловое разупрочнение обрабатываемого материала, что приводит к снижению сил резания в 1,2—3 раза. Принципиальная схема ПМО представлена на рис. 1.

ПМО применяется на токарных и токарно-карусельных станках для обработки цилиндрических, конических и плоских поверхностей, а также для расточки отверстий диаметром, значительно превышающим размеры плазматрона.

В зависимости от теплофизических свойств обрабатываемого металла, мощности теплового источника, диаметра пятна контакта и скорости перемещения плазменной дуги относительно заготовки нагрев последней может происходить как с расплавлением, так и без расплавления поверхности.

ПМО классифицируется по следующим основным признакам:

виду обработки (точение, строгание, фрезерование);

состоянию удаляемого материала (с оплавлением металла и его сдуванием плазменной струей; с оплавлением, частичным сдуванием металла плазменной струей и удалением нагретого металла лезвийным инструментом; с нагревом срезаемого слоя и ограничением зоны нагрева посредством водоохлаждаемых

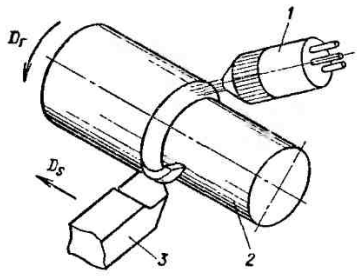



Рис. 1. Принципиальная схема ПМО: *1* – плазмотрон; *2* – обрабатываемая заготовка; *3* – резец

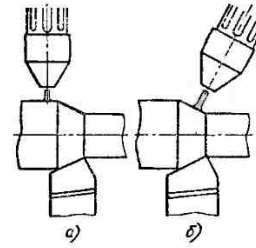



Рис. 2. Схемы ПМО с накоплением (*а*) и без накопления (*б*) тепла, вводимого плазменной дугой

экранов; с нагревом до температуры, меньшей температуры плавления, и удалением подогретого металла);

виду плазмообразующего газа (воздушно-плазменная, аргоно-плазменная и др.);

расположению плазменной дуги относительно обрабатываемой заготовки и режущего инструмента (без накопления тепла; с накоплением тепла, вводимого плазменной дугой; с дополнительным движением плазменной дуги в направлении, перпендикулярном к ее основному движению).

При ПМО без накопления тепла (рис. 2, *а*) пятно дуги находится на поверхности резания на заданном расстоянии от резца. Оптимальным в данном случае является нагрев слоя шириной, равной величине подачи, когда тепло практически отводится вместе со стружкой. Угловое положение плазмотрона относительно поверхности заготовки выбирается с учетом максимального использования тепловой мощности плазменной дуги. В процессе обработки опорная точка плазменной дуги перемещается со скоростью, равной скорости перемещения резца.

При ПМО с накоплением тепла (рис. 2, *б*) опорное пятно дуги находится на обрабатываемой поверхности заготовки и накопление тепла происходит за счет того, что диаметр пятна дуги (4–5 мм) несколько превышает величину подачи на оборот.

При ПМО на токарных станках отливок (например, из хромоникелевой стали с песчано-керамической коркой) плазмотрон устанавливается по схеме, показанной на рис. 3. Плазменная дуга расположена по касательной к поверхности резания и под углом к оси отливки. При этом обеспечивается прогрев

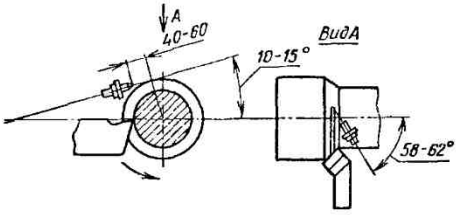



**Рис. 3. Схема установки плазмотрона**

заготовки на глубину срезаемого слоя и на величину продольной подачи до температуры плавления, частичное сдувание расплавленного металла плазменной струей с образованием лунки (канавки), площадь которой составляет 80% площади снимаемого резцом металла. Образование канавки способствует увеличению площади поверхности, через которую подводится тепло, и распространению нагрева в глубь заготовки. Размеры канавки и ее положение на поверхности резания определяются теплофизическими свойствами обрабатываемого материала, а также расположением плазменной дуги и ее направлением относительно обрабатываемой поверхности.

Глубина канавки составляет несколько десятых долей миллиметра. При этом основная масса металла выдавливается под воздействием плазменной дуги на свободную поверхность среза, вследствие чего происходит выравнивание нагрева по ширине. Поэтому целесообразно использовать режимы нагрева, обусловливающие появление канавки выплавления, при грубых, черновых операциях, происходящих с большой глубиной резания. При обработке с подачами менее 0,5 мм образование канавки, как правило, является нежелательным; и скорость перемещения теплового источника должна быть увеличена, а мощность его снижена. Этот метод подогрева характерен для чистовой и получистовой обработки, осуществляемой на высоких скоростях резания и малых подачах с использованием минералокерамических резцов.

Основными элементами оборудования для ПМО являются плазмотрон, источник питания, система газо- и водоснабжения и системы управления с манипулятором.

Требования, предъявляемые к плазменному оборудованию, следующие:

в качестве плазмообразующего газа, обеспечивающего необходимый подвод энергии, целесообразно применять воздух, который наиболее экономичен и безопасен в условиях механи-

ческих цехов; его применение обусловливает максимальную силу тока источника питания (400 А), при котором могут работать электроды с гафниевой активной вставкой, выпускаемой промышленностью;

напряжение холостого хода должно обеспечивать надежное возбуждение дежурной дуги и устойчивое горение основной на оптимальном расстоянии 40–60 мм сопла от заготовки (на установке АПР–403 это расстояние должно быть 40–50 мм). При неравномерном припуске на обработку возможно резкое увеличение длины свободно горящей дуги (до 60–80 мм), что приводит в некоторых случаях к ее обрыву. Поэтому напряжение холостого хода установки должно быть 320 В, что позволяет увеличить расстояние устойчивого перехода с дежурной дуги на основную до 50–60 мм;

для обработки прерывистых поверхностей необходимо применять только постоянно горящую дежурную дугу, а не импульсную, так как при задержке на 0,1с при переходе от дежурной дуги на основную резец при скорости 60 м/с будет срезать до 200 мм холодного металла;

необходимая высокая скорость нарастания силы тока основной дуги до номинального значения;

плазмотрон для ПМО должен быть быстросъемным, чтобы можно было заменять его одновременно с заменой режущего инструмента без значительного увеличения вспомогательного времени;

конструкция плазмотрона должна обеспечивать защиту от короткого замыкания при попадании стружки;

конструкция манипулятора плазмотрона должна обеспечить возможность установки последнего относительно поверхности резания, когда при образовании канавки выплавления осуществляется оптимальное распределение теплового потока.

Изменение угла наклона плазмотрона относительно поверхности резания существенно влияет на распределение теплового потока в условиях расплавления поверхностных слоев материала, образования канавки и переноса расплава по поверхности резания. С расплавом переносится до 40% эффективной тепловой мощности плазменной дуги.

Плазмотрон – специальное устройство, в котором дуговой разряд интенсивно обжимается потоком рабочего плазмообразующего газа, вследствие чего удается получить стабилизированную плазменную дугу, способную сохранить нагревающие свойства при достаточном удалении от поверхности обрабаты-

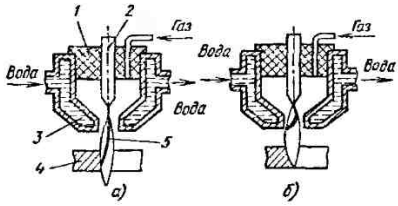



**Рис. 4. Схема дугового плазмотрона прямого (*а*) и косвенного (*б*) действия:**
*1* – изолятор; *2* – электрод; *3* – сопло; *4* – обрабатываемая заготовка; *5* – электрическая (плазменная) дуга

ваемого материала. Элементы плазмотрона – катод и анод – активно охлаждаются водой через систему внутренних каналов. Дуговой разряд образуется между катодом и заготовкой (прямая дуга) (рис. 4, *а*) или между катодом и соплом (косвенная или независимая дуга) (рис. 4, *б*).

Основные технические характеристики некоторых отечественных плазменных установок, которые применяются для ПМО, представлены в табл. 1.

Существуют три типа источников питания для установок ПМО.

Выпрямители с регулированием тока с помощью дросселей насыщения, просты в обслуживании и надежны в работе; этими источниками комплектуется большинство серийно выпускаемых типов плазменного оборудования (АПР-402 и АПР-403). Вследствие большой инерционности и низкого $\cos\varphi$ при работе выход на требуемый режим нагрева происходит не сразу, что позволяет применять эти источники для прерывистого точения.

Индуктивно-емкостные преобразователи с вертикальными

**1. *Плазменные установки, применяемые для ПМО***

| Модель установки | Напряжение холостого хода, В | Номинальная мощность дуги, кВт | Сила номинального рабочего тока, А | Плазмообразующий газ |
|---|---|---|---|---|
| АПР-402 | 300 | 100 | 400 | Воздух |
| АПР-403 | 300 | 80 | 400 | |
| АПР-404 | 320 | 100 | 400 | |
| УМПО-401 | 320 | 100 | 400 | |
| ОПР-6-2М | 340/180 | 140 | 700 | Азот, аргон, водород |
| «Плазма-4» | 300 | 60 | 300 | Аргон, азот, воздух |
| УПР-201 | 180 | 24 | 200 | Воздух |
| «Киев-4» | 180 | 50 | 300 | |

вольт-амперными характеристиками благодаря использованию резонансных свойств контура; применены в установке АПР-402.

Тиристорные выпрямители с обратной связью по току нагрузки; более компактны, экономичны и практически безынерционны, что позволяет в настоящее время считать их наиболее перспективными.

К инструменту, используемому для ПМО, предъявляют следующие требования:

резцы должны обладать достаточной прочностью, особенно режущей части, в связи со значительными нагрузками, испытываемыми инструментом;

передняя поверхность лезвия резцов должна быть по возможности свободной от прихватов и зажимных элементов, так как их наличие создает повышенную опасность пакетирования стружки;

материал режущей кромки должен иметь высокую красностойкость и хорошо выдерживать динамические нагрузки.

При черновой ПМО рекомендуется применять резцы с твердосплавными (Т5К10, ВК8) режущими пластинами. В связи с особенностями ПМО и большим нагревом стружки при использовании резцов с механическим креплением режущих пластин особое внимание должно быть обращено на хороший контакт пластин с опорной поверхностью для улучшения условий отвода тепла в резец. Рекомендуется применять твердосплавные пластины большей толщины (по сравнению с пластинами для холодной обработки) или же располагать их в корпусе резца тангенциально.

Для ПМО стальных отливок и поковок на режимах резания $v = 20 \div 40$ м/мин, $t \leqslant 30$ мм, $S = 1{,}5$ мм/об рекомендуется конструкция сборных резцов, состоящая из корпуса, режущей пластины, опорной пластины (вкладыша), элементов механического крепления и системы внутреннего охлаждения проточной водой (рис. 5).

В связи с повышенным изнашиванием инструмента в конструкции резца предусмотрена возможность регулирования положения пластин после их переточки.

Рекомендуются режущие пластины по ГОСТ 2209–82: 0125, 0145, 0147, 0149, 0151, 0249 толщиной более 12 мм, шириной 18–20 мм, длиной 40–50 мм. На передней поверхности пластин должны быть предусмотрены стружкозавивающие канавки шириной 15–16 мм и глубиной 1–1,2 мм.

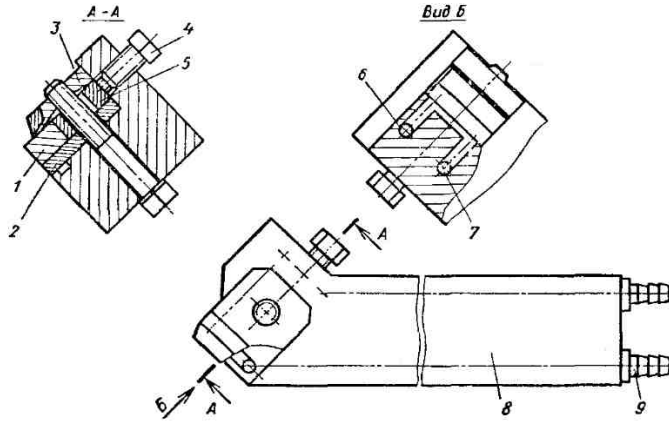



**Рис. 5. Сборный резец с внутренним водяным охлаждением:**
*1* – пластина твердого сплава; *2* – опорная пластина; *3* – прихват со стружколомом; *4* – винт; *5* – сухарь; *6*, *7* – каналы для циркуляции воды; *8* – державка; *9* – штуцер

Для ПМО углеродистых и низколегированных сталей рекомендуются пластины из твердых сплавов Т5К10 и Т5К12, а для ПМО коррозионно-стойких и легированных сталей и сплавов пластины – из ВК6М, ВК8.

Рекомендуемые геометрические параметры резцов с пластинами из твердого сплава, применяемых при ПМО сложнолегированных сплавов, представлены в табл. 2.

Для плазменно-механической обработки характерны не только определенные режимы резания (скорость резания $v$, подача $S$, глубина резания $t$), но и режимы нагрева (напряжение в плазменной дуге $U$, В и сила тока дуги $I$, А). Для наиболее часто применяемых при ПМО материалов основные технологические параметры нагрева и режимов резания представлены в табл. 3.

Так как промышленностью в настоящее время станки для ПМО не выпускаются, то для этой обработки используются модернизированные действующие металлорежущие станки, которые оснащаются токоподводом; манипулятором с системой управления; устройством защиты от излучения и шума; автоматическим компенсатором тепловых деформаций заготовки; устройством для дробления и транспортирования нагретой стружки; вентиляционной системой.

**2. Геометрические параметры режущего инструмента**

| Обрабатываемый материал | Вид заготовки, диаметр, мм | $\gamma$ | $\gamma_f$ | $\alpha$ | $\lambda$ | $\alpha_1$ | $\varphi$ | $\varphi_2$ | $f$, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | градусы | | | | | | | |
| ВДП, 22К, 10ГН2МФА, 20Х2Н4МФА, 38ХН3МФА, 25Х2НМФА | Слитки, 500–1350 | | | | | | | | |
| 38ХНМФА, 38ХН3МФА | Поковки, 2500 | 10 | −15 | 8 | 0 | – | 60 | – | 1,5 |
| 110Г13Л | Отливки, 2270 | 0 | −15 | 6 | 15 | – | 60 | – | 3,0 |
| | Отливки, 500 | 0 | −5 | 8 | 0 | – | 45 | – | 1,6 |
| 38ХН1МА, 35ХМ | Поковки, 220–425 | 5 | −7 | 10 | 0 | – | 60 | – | 0,7 |
| 35Х3Н2МА | Отливки, 800 | 5 | −7 | 7 | 0 | – | 60 | – | 0,7 |
| 15Х2Н2МФА | Поковка, 800 | 12 | 0 | 8 | 0 | – | 45 | – | 0,4 |
| 34ХН3МФА | Поковка, 800 | 7 | −15 | 12 | 0 | – | 45 | – | 0,9 |
| 15ХН2МФА | Поковка, 4650 | 12 | 0 | 8 | 0 | – | 45 | – | 0,7 |
| 35КХ6Ф | – | 6 | 0 | 8 | – | 8 | 45 | 30 | 0,5 |
| СП22 | – | 10 | 3 | 8 | – | 8 | 45 | 30 | 0,5 |
| 47НД | – | 8 | 0 | 8 | – | 8 | 45 | 30 | 0,5 |

При обработке дисков и подрезке торцов, когда резец и плазмотрон перемещаются параллельно, возможно смещение пятна нагрева на обработанную поверхность, что недопустимо. Для устранения этого явления можно использовать конструкцию следящего устройства, представленного на рис. 6, в которой к суппорту *1* станка с установленным на нем резцедержателем *2* и резцом крепится корпус *4* устройства. В корпусе *4* расположены подвижная направляющая *5* и пружина *6*. На направляющей закреплены следящий упор и ограничитель хода. Направляющая посредством стойки неподвижно соединена с плазмотроном *10*. В процессе работы корпус получает перемещение вместе с суппортом к оси вращения заготовки. При этом подвижная направляющая под действием пружины постоянно прижимает следящий упор к поверхности резания в точке, симметричной центру пятна нагрева, что обеспечивает дополнительное перемещение плазмотрона, необходимое для

**3. Режимы резания и нагрева при точении некоторых материалов**

| Обрабатываемый материал | | Инструментальный материал | Режим | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | нагрева | | резания | | |
| Вид заготовки, диаметр, мм | Марка | | $I$, А | $U$, В | $v$, м/мин | $t$, мм | $S$, мм/об |
| Слитки, 500–1350 | ВДП, 22К, 22К, 10ГН2МФА, 20Х2Н4МФА, 38ХН3МФА, 25Х2НМФА | Т5К10 ВК8 | 220–300 | 100–180 | 18–36 | 8–25 | 1,5–3 |
| Поковки, 2500 | 35ХНМФА, 38ХН3МФА | Т5К10 | 250–300 | 130–140 | 28–50 | 25 | 2,5–3 |
| Отливка, 2270 | 110Г13Л | ВК8 | 600 | 130 | 10 | 4–5 | 6–8 |
| Отливка, 500 | 110Г13Л | Т15К6 (Т5К10) | 250 | 130 | 16–18 | 6–8 | 2,65 |
| Поковка, 220–425 | 38ХН1МА, 35ХМ | Т5К10 | 280–300 | 105–115 | 30–40 | 10–20 | 1,3–2 |
| Отливка, 800 | 35Х3Н2МА | Т5К10 | 270–280 | 100–110 | 65–70 | 8–10 | 1–1,6 |
| Поковка, 800 | 15Х2Н2МФА | Т5К10 | 260 | 140 | 100 | 7 | 1,6 |
| Поковка, 800 | 34ХН3МФА | Т15К6 | 200–250 | 130 | 20–25 | 6–8 | 2–2,6 |
| | 15Х2Н2МФА | Т5К10 | 350–380 | 130 | 60 | 15 | 2 |
| | Марганцовистые стали | Т5К10 Т14К8 | 220–250 | 180 | 15–25 | 10–20 | 2,5–3,5 |
| | Коррозионно-стойкие стали | Т5К10 | 220–250 | 100–190 | 15–35 | 15–20 | 2–3 |
| – | ЦТ3 | ВК8 | 120–200 | 120–160 | 20–30 | 5–20 | 1,4–2,8 |
| – | Углеродистые стали | Минералокерамика | 280 | 190 | 100–800 | 15–20 | 1,5–3 |
| – | Сталь 40Х | Т5К10 | 300 | 150 | До 45 | До 30 | До 2,5 |

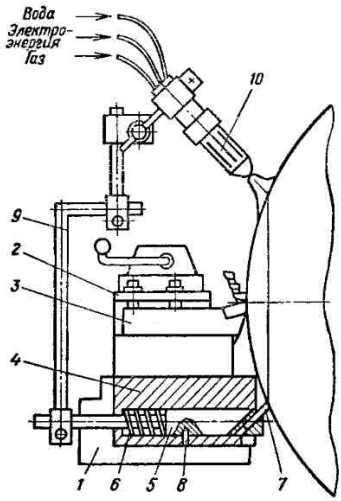



**Рис. 6. Схема следящего устройства:**
*1* – суппорт; *2* – резцедержатель; *3* – резец; *4* – корпус; *5* – направляющая; *6* – пружина; *7* – упор; *8* – ограничитель хода; *9* – штатив; *10* – плазмотрон

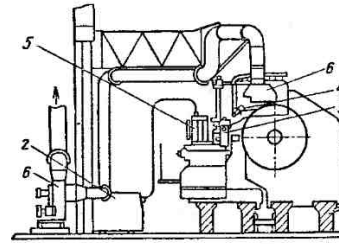



**Рис. 7. Установка для ПМО слитков:**
*1* – станок; *2* – источник питания; *3* – манипулятор; *4* – плазмотрон; *5* – пульт управления; *6* – вытяжная вентиляция

непрерывного выведения пятна нагрева на поверхность резания.

На рис. 7 показана установка для ПМО слитков, полученных методом вакуумно-дугового переплава (ВДП), состоящая из токарного станка, источника питания плазменной дуги *2*, манипулятора плазмотрона, пульта управления *5* и вытяжной вентиляции *6*.

Вытяжная вентиляция состоит из заборной части (с габаритными размерами 500 × 600 мм), системы фланцев и трубопроводов. Через подвижные фланцы она связана с системой шарнирно-соединенных трубопроводов диаметром 315 мм. Трубопровод жестко скреплен с суппортом станка, что позволяет заборной части оставаться в одном положении над зоной резания на высоте ~200 мм от заготовки. Для повышения эффективности местного отсоса с трех сторон заборной части крепятся свесы из асбестовой ткани. Связь вентиляционной системы с суппортом станка осуществляется с помощью хомута, регулируемого штока, расположенного перпендикулярно оси станка, и стойки, закрепленной на плите резцедержателя. В системе

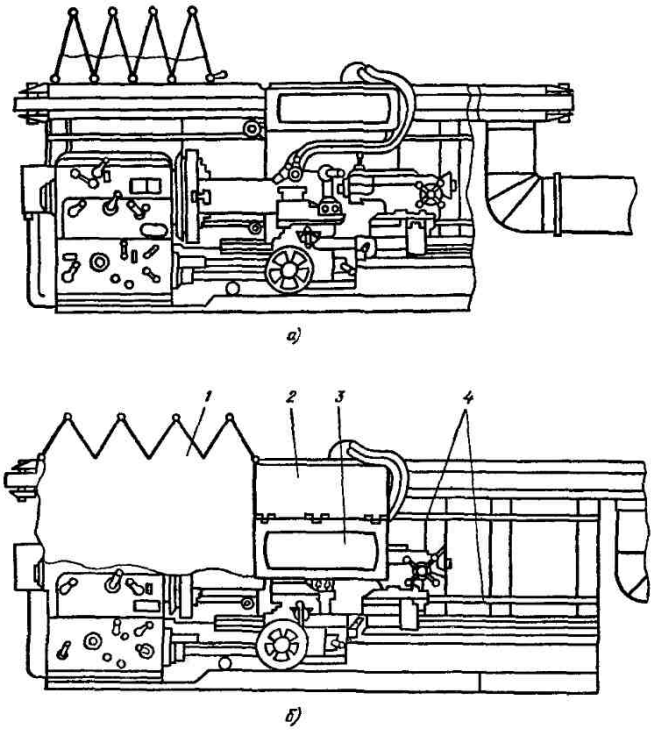



**Рис. 8. Токарно-винторезный станок 165 для ПМО с защитными устройствами:** *а* – при открытой зоне резания; *б* – при закрытой зоне резания; *1* – защитная шторка; *2* – кожух; *3* – крышка с экраном; *4* – направляющие

использован вентилятор высокого давления ВВД-9 производительностью до 8000 м$^3$/ч.

Для защиты оператора станка от воздействия ультрафиолетового излучения станки оснащаются защитными шторками, позволяющими закрывать зону обработки. Шторки свободно перемещаются по направляющим и крепятся к защитному кожуху. Токарно-винторезный станок 165 для ПМО с защитными устройствами показан на рис. 8.

При точении конических слитков необходимое постоянство длины плазменной дуги и расположение ее опорной точки на поверхности резания обеспечивается манипулятором, представленным на рис. 9.

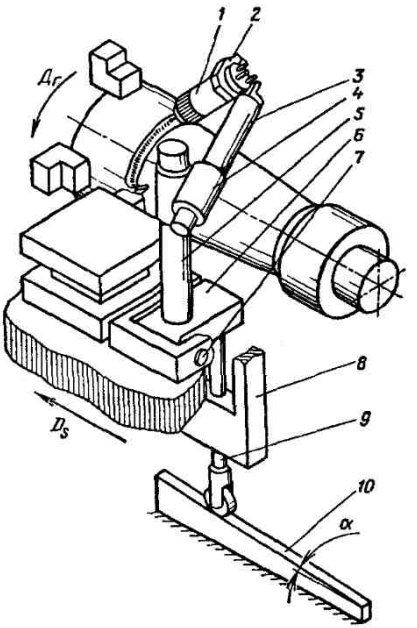



**Рис. 9. Манипулятор для ПМО конических слитков:**
*1* — плазмотрон; *2* — хомут; *3* — штанга; *4* — крестовина; *5* — стойка; *6* — основание; *7* — ось; *8* — корпус; *9* — толкатель; *10* — копир; $D_s$ — движение подачи

Корпус манипулятора жестко закреплен на суппорте станка и перемещается вместе с резцедержателем вдоль заготовки. Копир, неподвижно установленный на поворотном столе станка, действует через толкатель с роликом на основание, которое поворачивается вокруг оси.

Вместе с основанием вокруг той же оси поворачивается стойка с крестовиной, штангой и хомутом, в котором зажимается плазмотрон.

*Глава 12*

# ОБРАБОТКА И ДОВОДКА КАЛИБРОВ

Доводка – технологическая операция, обеспечивающая получение высокой точности размеров и малой шероховатости поверхности, а также правильной геометрической формы обрабатываемых поверхностей. Она применяется только для обработки стальных деталей, термически обработанных до высокой твердости, а также деталей из твердых сплавов и минералокерамики.

Доводку выполняют притирами, форма которых является обратной копией формы детали. Для снятия слоя металла поверхность притира насыщают абразивными порошками, при применении притиров из твердых материалов применяют различные абразивно-полирующие пасты.

Припуск, оставляемый на доводку, должен быть минимальным, поэтому обработка поверхностей, предшествующая доводке (шлифование, тонкое точение и т. д.), должна обеспечить высокую точность геометрической формы, заданную шероховатость и отсутствие прижогов.

Сущность процесса доводки заключается в относительном перемещении обрабатываемой детали по притиру или, наоборот, притира по детали. При этом слой маталла с поверхности детали снимается либо кристаллами абразива, удерживаемыми притиром, либо различными абразивно-полирующими материалами или пастами. Доводку по применяемым абразивно-полирующим материалам делят на два вида: механическую и химико-механическую.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ДОВОДКИ

**Механическая доводка микропорошками.** Сущность механической доводки заключается в следующем. Если зерна абразивного порошка расположить между двумя притирами, то при перемещении одного из них по другому происходит вдавливание зерен в поверхность притиров. Внедрение в поверхность притира абразивных зерен называют шаржированием. Поверхность притира после шаржирования представляет собой режу-

щий инструмент, образованный большим числом абразивных частиц, острые грани которых незначительно выступают из поверхности притира. При перемещении обрабатываемой детали по притиру с нее снимается слой металла, толщина которого зависит от величины выступающих острых граней и от давления на деталь при доводке. В свою очередь, величина выступающих острых граней частиц зависит от размера зерен исходного абразивного порошка, а давление зависит от требуемого качества доводки; обычно оно равно 0,12—0,16 МПа.

Давление на деталь в течение всего периода доводки является переменной величиной, так как в начале доводки обрабатываемая деталь соприкасается с поверхностью притира только своими неровностями и контактное давление на абразивные зерна высокое. По мере удаления неровностей и увеличения площади соприкосновения притира с деталью давление на частицы абразива уменьшается, а следовательно, уменьшается и снимаемый слой металла. К концу доводки абразивные частицы удаляют только тончайшие слои металла, обеспечивая требуемую шероховатость поверхности.

**Химико-механическая доводка пастами.** Сущность метода состоит в том, что под воздействием химических веществ, входящих в состав паст, окисная пленка, покрывающая поверхность металла, размягчается и при движении притира срывается зернами полирующего порошка. Обработанная часть поверхности металла вновь окисляется; таким образом процесс повторяется, причем металл удаляется в первую очередь с вершин выступов. После удаления выступов пленка снимается ровным слоем со всей поверхности доводимой детали. Процесс автоматически прекратится, если не будет увеличено давление. Применяя различные химические элементы и полирующие порошки, можно изменять величину снимаемой пленки и тем самым регулировать время доводки.

## МАТЕРИАЛ ПРИТИРОВ

Материалы для изготовления притиров любой формы и назначения должны удовлетворять следующим условиям: поскольку поверхность притира при доводке участвует в работе, то для уменьшения его изнашивания и сохранения правильной геометрической формы твердость материала притира должна быть наиболее высокой; материал притира должен быть максимально мягким, так как при этом легче произвести шаржиро-

вание, а частицы абразива надежнее удерживаются в поверхности притира. Второе условие особенно важно при шаржировании притиров крупнозернистыми абразивными порошками, так как с увеличением зерен требуются бóльшие усилия для вдавливания их в поверхность притира.

Для изготовления притиров применяют чугун, мягкую сталь, бронзу, медь, стекло. Выбор того или иного материала для притиров производят в каждом отдельном случае с учетом формы и размеров обрабатываемой поверхности детали, способа доводки и применяемых абразивно-полирующих материалов.

Наиболее распространенным материалом притиров является *серый чугун*, обеспечивающий хорошую шаржируемость и обладающий высокой износостойкостью. Качество отливок, химический состав, твердость и структура чугуна имеют большое значение для доводочных работ. Чугун с перлитовой структурой более твердый и износостойкий, поэтому его применяют в тех случаях, когда требуется сохранить длительное время сложный профиль притира. В этом случае некоторое увеличение трудоемкости доводочных работ компенсируется уменьшением времени на восстановление изношенного профиля притира и, главное, обеспечивает правильную геометрическую форму обрабатываемой детали. Из перлитового чугуна изготовляют притиры для доводки профильных калибров, резьбовых калибров-колец и т.п. Чугун с ферритовой структурой является самым мягким, шаржируется хорошо, но обладает низкой износостойкостью.

*Стальные притиры*, изготовленные из мягкой отожженной стали, плохо поддаются шаржированию, поэтому их применяют только в тех случаях, когда невозможно использовать притиры из чугуна. Например, доводку резьбовых колец мелких размеров выполняют притирами из стали, так как чугунные притиры применять невозможно вследствие их хрупкости.

*Притиры из цветных металлов* применяют только в единичном производстве при необходимости повышения шероховатости поверхности на деталях типа валов, при этом обработку производят на обычных токарных станках притиром в виде разрезной втулки, поджимаемой в процессе доводки специальным жимком.

Для окончательной отделки поверхности детали с получением зеркального блеска применяют *притиры из зеркального*

*стекла* или стекла марки «Пирекс». Стеклянные притиры невозможно шаржировать абразивными порошками любой зернистости, поэтому доводку на них производят с применением различных паст.

## АБРАЗИВНО-ПОЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Абразивно-полирующие материалы делятся на твердые и мягкие (пасты). Абразивная способность различных твердых материалов определяется величиной снимаемого металла при одних и тех же условиях, а стойкость определяется величиной снимаемого металла до полного изнашивания абразивных зерен. Абразивная способность и стойкость зерен определяется маркой выбранного абразивного материала и его твердостью.

При выполнении доводочных работ в качестве абразивных материалов применяют электрокорунд нормальный, электрокорунд белый, монокорунд, электрокорунд титанистый, карбид кремния зеленый, карбид бора и алмазы.

Для предварительной доводки стальных закаленных деталей применяют электрокорунд нормальный, а для окончательной электрокорунд белый. Применение электрокорунда повышает производительность операции и качество отделки поверхности.

Монокорунд и электрокорунд титанистый являются материалами, обладающими значительно большей стойкостью по сравнению с электрокорундом и, следовательно, повышенной производительностью.

Карбид кремния по сравнению с электрокорундом обладает большей твердостью, но вследствие хрупкости быстро разрушается, что ведет к снижению производительности.

Карбид бора по своей твердости уступает только алмазам и обеспечивает высокую производительность, но по качеству отделки поверхности значительно уступает электрокорундам.

Карбид кремния, карбид бора и алмазные порошки в основном применяют при доводке твердых сплавов и керамики.

Наибольшее применение в качестве твердых составляющих абразивно-доводочных и полировальных смесей находят алмазные микропорошки четырех марок: АМ и АН (из природных алмазов) и АСМ и АСН (из синтетических). Микропорошки АН и АСН обладают повышенной абразивной способностью, рекомендуется для обработки специальных видов керамики и других труднообрабатываемых материалов.

К мягким абразивно-полирующим материалам (пастам), применяемым при доводке, относятся окись хрома, окись железа и различные пасты. Наибольшее распространение получили пасты ГОИ (Государственный оптический институт). Одной из основных составляющих паст ГОИ является окись хрома, прокаленная вместе с серой.

Пасты ГОИ выпускают трех сортов: 1) грубая паста темно-коричневого цвета с абразивно-полирующей способностью 17—35 мкм, содержащая окись хрома, прокаленную вместе с серой при температуре 1600 °С; 2) средняя паста темно-зеленого цвета с абразивно-полирующей способностью 7—16 мкм и температурой прокаливания 1200 °С; 3) тонкая паста светло-зеленого цвета с абразивно-полирующей способностью 1-7 мкм и температурой прокаливания 600 °С.

Для тонких доводочных работ абразивная промышленность выпускает микрошлифпорошки М63, М50, М40, М28, М20, М14, М10, М7, М5, М3 Отечественной промышленностью выпускаются также шлифпорошки из синтетических алмазов марок АС2, АС4, АС6, АС15, АС20 и АС32 (хрупкость зерен уменьшается, а прочность увеличивается по расположению марок).

**Характеристика алмазных паст.** Промышленность СССР выпускает алмазные пасты 12 видов зернистости, которые подразделяются на четыре группы: грубые, средние, мелкие, особо мелкие.

Алмазные пасты выпускаются светлых тонов, чтобы удобнее было наблюдать за процессом притирки: правильно выбранные материал притира и паста в процессе притирки темнеют. Это указывает на то, что в процессе обработки от притираемой детали отделяются частички снимаемого металла.

**Выбор зернистости алмазных паст.** Качество и производительность притирки зависит главным образом от правильного выбора материала притира и состава пасты, особенно от ее зернистости. Характеристики алмазных паст приведены в табл. 1. Пасты средней и мелкой зернистости используют в тех случаях, когда требуется исключительно высокое качество поверхности.

Получение необходимой шероховатости поверхности при доводке зависит от качества смеси, т.е. от зернистости абразивных зерен и степени их шаржирования в поверхность притира, а также от вида и количества смазочного материала.

**1. Характеристика алмазных паст**

| Марка | Размер зерна (зернистость), мкм | Цвет упаковки | Группа пасты |
|---|---|---|---|
| АП100 | 100–80 | Красный с черной полосой | Грубая |
| АП80 | 80–60 | » » серой » | |
| АП60 | 60–40 | » » белой » | |
| АП40 | 40–28 | Зеленый с черной полосой | Средняя |
| АП28 | 28–20 | » » серой » | |
| АП20 | 20–14 | » » белой » | |
| АП14 | 14–10 | Голубой с черной полосой | Мелкая |
| АП10 | 10–7 | » » серой » | |
| АП7 | 7–5 | » » белой » | |
| АП5 | 5–3 | Желтый с черной полосой | Особо мелкая |
| АП3 | 3–1 | » » серой » | |
| АП1 | 1 и менее | » » белой » | |

В качестве связующего вещества применяют смесь олеина и стеарина с различными маслами.

*Олеиновая кислота* (олеин) является наиболее употребляемым компонентом доводочных паст.

Олеин обладает высокой химической активностью; избыточное количество олеина (более 25%) может вызвать коррозию металла. Промышленность выпускает три марки олеина: А, Б и В. Для приготовления абразивно-доводочных смесей чаще всего используют марки А и Б.

*Стеариновая кислота* (стеарин) относится к разряду одноосновных предельных карбоновых кислот. Температура плавления 69,6 °С, температура кипения 291 °С, относительная молекулярная масса 284,49. Стеарин выпускается четырех сортов. Чаще всего для приготовления смесей используются первый и второй сорта. Стеарин обладает высокой поверхностной активностью, хорошо смачивает твердые тела, в воде не растворяется, хорошо растворяется в горячем этиловом спирте и эфире.

*Парафин* представляет собой белую кристаллическую массу – смесь твердых высокомолекулярных углеводородов предельного характера. Нефтяные парафины являются поверхностно-нейтральными веществами, не растворяющимися в воде и не смывающимися. Серийно выпускается высокоочищенный парафин марок $В_1$50-52, $В_2$52-54, $В_3$54-56, $В_4$56-58, технически

очищенный парафин Т, используемый для синтеза жирных кислот, неочищенный спичечный $Н_е$ и неочищенный высокоплавкий $Н_в$ парафины.

*Вазелин технический* [смазка универсальная низкоплавкая (УН)] – смесь петролатума, парафина, церезина, индустриального и цилиндрового масел и кубовых отходов приборных масел, а также тяжелых парафиновых и озокеритовых дистиллляторов. Температура его каплепадения должна быть не ниже 54 °С.

*Масло индустриальное* выпускается нескольких марок, отличающихся кинематической вязкостью: индустриальное И-12А, индустриальное И-20А, индустриальное И-30А, индустриальное И-50А. Цифры указывают вязкость ($м^2/с$) масла.

*Масло веретенное АУ.* Температура вспышки 163 °С, застывания 45 °С.

Связующие вещества (связки), составляющие неабразивную часть, играют активную роль в процессе абразивной доводочно-притирочной обработки.

Оценивают пригодность той или иной связки, как и абразивно-доводочной смеси, по следующим показателям:

техническим (интенсивность съема припуска, степень улучшения шероховатости, антикоррозионность, технологичность приготовления и использования);

санитарно-гигиеническим (нетоксичность, степень кожно-раздражающего, аллергического действия на организм, степень и быстрота биологического разложения, способность утилизации);

экономическим (себестоимость, срок хранения);

эстетическим (внешний вид, окраска, запах и др.).

Выбор связки зависит от операции, для которой паста предназначается.

Для придания пасте определенной твердости в нее добавляют парафин. Пасты на основе парафина обеспечивают меньший съем металла, чем пасты с таким же содержанием стеарина или олеиновой кислоты. Они применяются для обработки деталей, к качеству поверхности которых предъявляются очень высокие требования по светоотражательной способности. Наименьший съем металла дают смеси с вазелиновым или трансформаторным маслом.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИТИРОВ

Устройство, форма и размеры притиров зависят от особенностей обрабатываемой поверхности и размеров обрабатываемой детали. По форме притиры делят на цилиндрические и конические для доводки внутренних поверхностей тел вращения; плоские для доводки плоскостей и цилиндрических поверхностей методом обкатывания; специальные и фасонные для доводки асимметричных и фасонных поверхностей.

По виду обработки притиры делятся на черновые и чистовые. Черновые притиры предназначаются для предварительной обработки, а чистовые – для окончательной. Черновые притиры имеют канавки, выполняющие роль резервуаров, для абразивно-доводочных смесей и отходов в процессе обработки. Чистовые притиры, как правило, канавок не имеют.

**Выбор притира и требование к нему.** Конструктивное исполнение притиров связано с геометрическими особенностями обрабатываемых поверхностей и теми требованиями, которые предъявляются к качеству обработки. Для обработки внутренних поверхностей (цилиндрических гладких, ступенчатых, фасонных) применяют стержень-притир. Притиры для обработки наружных поверхностей тел вращения имеют разнообразное конструктивное оформление.

Геометрическая форма притира, предназначенного для доводки наружных и внутренних поверхностей тел вращения, должна точно соответствовать форме обрабатываемой поверхности. Допустимые отклонения от геометрической формы при изготовлении притиров составляют несколько микрон или десятые доли микрона. Диаметры притиров для доводки наружных и внутренних поверхностей тел вращения должны обеспечить некоторый зазор между притиром и обрабатываемой поверхностью. Например, при черновой доводке зазор между притиром и обрабатываемой поверхностью должен составлять 0,4–0,1 мм, а при чистовой – 0,1–0,05 мм.

Стержни-притиры (рис. 1) для доводки отверстий, как правило, имеют продольные канавки для смеси. Конусность внутренней поверхности 1 : 50, 1 : 30 и даже 1 : 20, что дает возможность удерживать стержень-притир на противодержателе, не искажая его формы.

**Эксплуатация притиров.** Притир является точным инструментом, поэтому допуски на его изнашивание или деформацию составляют несколько микрон. Чем выше точность доводки,

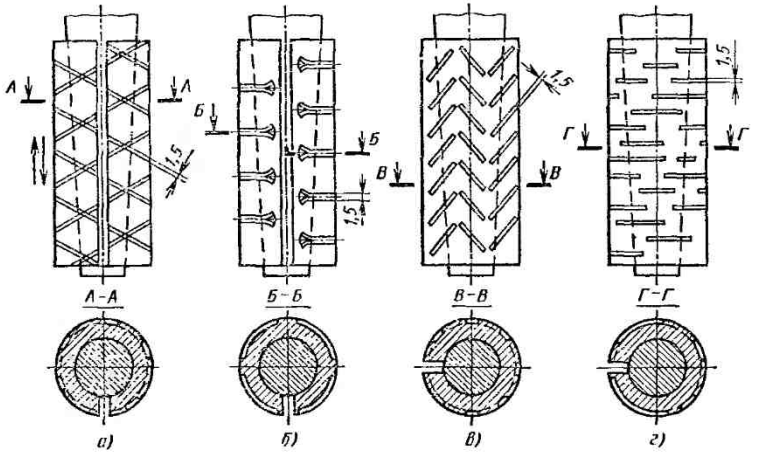



**Рис. 1. Притиры для доводки цилиндрических отверстий в виде стержней с канавками:**
*а* – двойными; *б* – эксцентриковыми; *в* – «елочкой»; *г* – расположенными в шахматном порядке

тем более жесткие требования предъявляются к инструменту.

Основные правила эксплуатации притиров следующие:

устанавливая притиры на станок или на оправку не следует применять большую силу зажима, так как это может вызвать деформацию притира, снизить его точность и вызвать появление трещин;

шероховатость рабочей части притира должна быть лишь на один-два квалитета ниже шероховатости, которая должна быть достигнута на данной операции; нарушение этого правила приводит к браку в работе;

после каждой операции рекомендуется удалять обработанную абразивную смесь с притира, так как это позволяет избавиться от глубоких царапин-рисок на обрабатываемой поверхности;

на рабочих местах и в кладовой притиры следует укладывать и хранить в специальной таре.

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАЛИБРОВ

Калибры-пробки и калибры-кольца для проверки цилиндрических, конических, резьбовых наружных и внутренних поверхностей изготовляют в основном из легированных термообра-

ботанных сталей, твердость которых составляет $HRC_э 56{,}1 - 61$. Погрешность их изготовления должна быть равна нескольким микронам, а шероховатость $Ra = 0{,}02 \div 0{,}16$ мкм.

Малый допуск на калибрах обусловлен современными требованиями взаимозаменяемости деталей.

Для увеличения срока эксплуатации гладких и резьбовых калибров их изготовляют из твердого сплава, из безвольфрамового твердого сплава и минералокерамики. Износостойкость этих калибров значительно выше, чем у калибров из термически обработанной стали.

Но иногда на производстве проявление магнитных свойств сталей и твердых сплавов, из которых изготовлены калибры, недопустимо. В этих случаях применяют калибры из немагнитной коррозионно-стойкой стали, твердость и стойкость которых в несколько раз меньше, чем у калибров, изготовленных из термообработанной легированной стали.

Комплект гладких или резьбовых калибров для проверки наружных или внутренних поверхностей состоит из двух штук – проходного и непроходного. Резьба на кольцах-калибрах малого диаметра (до 30 мм), изготовленных из стали, обычно нарезается комплектом метчиков, состоящим из четырех штук; эти метчики имеют разницу по среднему диаметру 0,05 мм.

После термической и окончательных операций (токарной, шлифовальной и слесарной) резьбовые кольца-калибры доводятся по всем параметрам, т. е. по точности наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы, шагу, углу профиля резьбы и шероховатости поверхностей с помощью комплекта притиров, также состоящего из четырех штук.

Резьба на кольцах-калибрах, изготовленных из твердых и безвольфрамовых сплавов, а также из минералокерамики, предварительно нарезается резцом на токарном станке с последующей обязательной доводкой, так как эти сплавы дают усадку по всем размерам после термообработки.

*Гладкие калибры из пластифицированного твердого сплава* отличаются большой износостойкостью. Заготовки из пластифицированного твердого сплава ВК3М или ВК6М, имеющие форму тюбика или диска, зажимают в разжимное кольцо в патроне токарного станка и производят их обработку острозаточенными и доведенными резцами из твердого сплава Т15К6. Сверлить их можно обычными быстрорежущими сверлами, меняя их по мере затупления.

Обработку заготовок следует вести при частоте вращения шпинделя 1000–1600 об/мин. При правильной заточке резца пластифицированный сплав обрабатывается легко, стружка образуется сливная, а обработанная поверхность получается чистой и блестящей.

Каждая партия пластифицированного сплава имеет при дальнейшем спекании свою степень усадки. Коэффициент усадки обычно колеблется в пределах 1,23–1,28.

После спекания гладкие калибры-пробки, калибры-кольца или специальные установочные кольца шлифуют с припуском на доводку 0,015–0,025 мм. Доводку производят притиром, шаржированным алмазной пастой и зажатым в обойму с поджимающими винтами.

*Технология изготовления резьбовых калибров-пробок из твердого сплава* заключается в следующем: не подвергнутую термообработке заготовку из пластифицированного твердого сплава ВК6М закрепляют в разжимном кольце; затем подрезают ее торец, сверлят и растачивают отверстие. После этого заготовку надевают на центровую оправку с прижимной гайкой. На оправке протачивают наружную поверхность заготовки и снимают фаски резцами из сплава Т15К6, имеющими передний и задние углы, равные 12°.

Наружная резьба шлифуется на резьбошлифовальном станке при окружной скорости шлифовального круга 45 м/с и частоте вращения детали 4 об/мин. Нарезать резьбу на сыром пластификате шлифовальным кругом можно только при условии, что этот круг будет сухим и непромасленным.

Для удаления налипших частичек пластификата на шлифовальный круг и предохранения его от засаливания пользуются капроновой щеткой, установленной на противоположной стороне круга.

После нарезания резьбы на калибре выбираются заходы до полного профиля резьбы с двух сторон. Все размеры пластифицированной заготовки резьбового калибра необходимо умножить на коэффициент усадки ($K_y$), который имеется в паспорте каждой партии твердого сплава.

**Пример.** Обработать резьбовой калибр М20×1,5 с коэффициентом усадки $K_y = 1{,}27$. Чтобы получить нужные размеры на калибре с припуском под шлифование и доводку, необходимо иметь наружный диаметр $20{,}3 \cdot 1{,}27 = 25{,}78$ мм; средний диаметр $19{,}4 \cdot 1{,}27 = 24{,}64$ мм; шаг резьбы $1{,}5 \cdot 1{,}27 = 1{,}905$ мм. Шаг резьбы калибра $P_c$ на сыром пластификаторе из сплавов

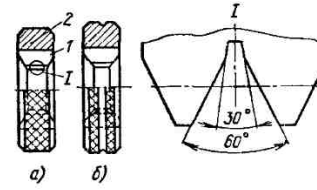



**Рис. 2. Резьбовое калибровое проходное (*а*) и непроходное (*б*) кольцо из твердого сплава:**
*1* – рабочая часть; *2* – обойма

ВК6М и ВК3М следует корректировать в сторону уменьшения. Расчет шага ведется по формуле

$$P_c = P_{черт}(K_y - 0{,}025).$$

Тогда $P_c = 1{,}5(1{,}27 - 0{,}025) = 1{,}87$ мм.

После спекания с учетом коэффициента усадки шаг будет равен $1{,}5 \pm 0{,}01$ мм.

Ввиду некоторой сложности изготовления алмазных резьбовых кругов большого диаметра с углом 30° провал делается специальным чугунным притиром-кольцом, шаржированным крупной алмазной пастой АС40. В качестве доводочного материала употребляется алмазная паста АСМ14. На всех острых кромках калибра снимаются фаски или алмазным кругом при шлифовании резьбы, или алмазными брусками. Хвостовики калибров вставляют в ручку, и комплект резьбового калибра готов к работе.

**Изготовление резьбовых калибров-колец из твердого сплава.** Резьбовое твердосплавное калибровое кольцо состоит из рабочей части в виде ободка из твердого сплава ВК6М, запрессованного в обойму из анодированного алюминия (рис. 2). Пластифицированная заготовка рабочей части калибра зажимается в разрезное кольцо, растачивается по внутреннему диаметру и на ней снимаются фаски с двух сторон.

Нарезание метрической резьбы с углом 60° в кольце осуществляется резцом из сплава Т15К6, заточенным алмазным кругом, имеющим передний и задние углы, равные 12°. Нарезание резьбы производится при частоте вращения шпинделя 500 об/мин.

**Пример.** Обработать резьбовое калиброванное кольцо с размером М20 × 1,5 и коэффициентом усадки $K_y = 1{,}27$.

Внутренний диаметр проходного кольца по нормали равен 18,3 мм; на доводку остается 0,2 мм и, таким образом, внутренний диаметр будет 18,1 мм. Умножив этот размер на $K_y = 1{,}27$, получим 23,0 мм. Этот размер и выдерживается при растачивании заготовки из сырого пластифицированного сплава. По лимбу поперечного суппорта токарного станка прорe-

зается резьба на глубину 2,6 мм. Шаг резьбы для сырого кольца рассчитывается так же, как и для пробки; в нашем примере шаг будет равен 1,87 мм. Для того чтобы начальные витки резьбы не ломались и не выкрашивались, необходимо снять заходы до полного профиля резьбы с двух сторон.

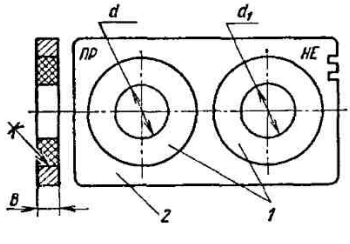
После спекания рабочая часть резьбового кольца прессуется в обойму из анодированного алюминия, имеющую накатку и габаритные размеры обычного кольца данного размера по нормали, после чего резьбу доводят чугунными резьбовыми притирами с углом 60°, шаржированными алмазной пастой. Для предварительной доводки внутренней резьбы применяется алмазная паста АС40, для окончательной – паста АСМ14/10.

Помимо большой износостойкости, калибры из твердого сплава обладают также хорошей коррозионной стойкостью.

**Гладкие калибры-пробки.** Минимальный диаметр калибра-пробки равен 6 мм. Заготовка рабочей части делается из обожженной керамической трубки, которая разрезается отрезным алмазным кругом на круглошлифовальном станке на шайбы нужной высоты и шлифуется по торцам. Заготовка, изготовленная из керамики ВК94-1, приклеивается эпоксидной смолой к посадочному месту. После этого рабочая часть шлифуется по наружному диаметру с припуском на доводку (+0,014 мм) на шлифовальном станке алмазным кругом. Далее рабочая часть доводится по наружному диаметру обычным чугунным притиром с алмазной пастой АСМ 7/5 до требуемого размера. Готовый калибр вставляется в пластмассовую ручку, на которой маркируется наименование и размер калибра.

**Гладкие немагнитные калибры-кольца и скобы.** Минимальный диаметр калибра-кольца 10 мм. На рис. 3 показан калибр-кольцо, состоящий из рабочей части, выполненной из материала ВК94-1, и основания из Д16Т.

Основание *2* фрезеруется на вертикально-фрезерном станке. Рабочая часть (обожженная трубка) разрезается на кольца в размер *B* алмазным отрезным кругом.




Рабочие поверхности с размерами $d$ и $d_1$ шлифуются внутренней шлифовальной головкой («Фортуна») с алмазным

**Рис. 3. Калибр-кольцо:**
*1* – рабочая часть; *2* – основание

кругом формы А1ПП (ГОСТ 16168 – 80Е) с припуском на доводку 0,05 – 0,07 мм.

Доводка производится на обычном чугунном притире-барабане алмазной пастой АСМ14/10 или АСМ 7/5 (ГОСТ 9206 – 80Е). Размеры выдерживаются по специальным контрольным калибрам. Покрытие основания – АНОКС черный.

Расточка отверстий в основании под готовые рабочие кольца осуществляется на токарном станке с зазором 0,01 – 0,03 мм. Кольца клеятся эпоксидной смолой к основанию.

**Резьбовые немагнитные калибры-пробки.** Минимальный диаметр калибра-пробки М8. Калибр-пробка выполнен из материала ВК94-1, а хвостовик – из Д16Т. Все операции (до шлифования по наружному диаметру включительно) те же, что и для гладких калибров-пробок.

После шлифования по наружному диаметру производится шлифование профиля резьбы на резьбошлифовальном станке алмазным кругом формы А2П (ГОСТ 16179 – 82Е) с припуском на доводку, затем срезание острых заходных витков резьбы с обеих сторон калибра на том же резьбошлифовальном станке алмазным кругом формы 1А1 (ГОСТ 16167 – 80).

Доводка резьбы до размера выполняется обычным резьбовым чугунным притиром-кольцом, шаржированным алмазной пастой АСМ 7/5. Затем выполняется запрессовка готового калибра в пластмассовую ручку и маркировка.

**Резьбовые немагнитные калибры-кольца.** Минимальный диаметр калибра-кольца М2,5.

Для изготовления резьбовых калибров-колец без термообработки используется пластификат керамики ВК94-1 (порошок двуокиси алюминия), полуспеченный с каучуком. Пластификат имеет коэффициент усадки $K_y$ при окончательном обжиге, равный 1,16 – 1,17. Размеры заготовки кольца рассчитываются с учетом $K_y$ и припуска на доводку.

Резьба в кольце нарезается двусторонним твердосплавным резцом из сплава Т15К6 (рис. 4), имеющим с одной стороны резьбовой профиль с углом 30°, а с другой – прямоугольную режущую кромку $C$, равную шагу резьбы.

Для получения резьбового кольца с шагом $P = 1$ мм в пластификате надо нарезать резьбу с шагом 1,17 мм. В заготовке из пластификата нарезается резьба с углом 30°. Чтобы резьба в кольце начиналась с полного профиля, необходимо при обратном вращении шпинделя и подаче суппорта от токаря

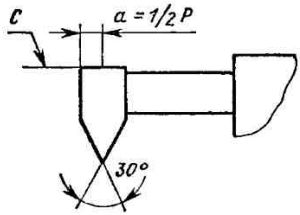



Рис. 4. Твердосплавной резьбовой резец

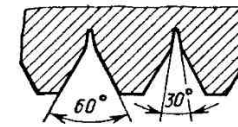



Рис. 5. Резьбовой профиль

прямоугольной режущей кромкой *C* снять заходную нитку. Расстояние *a* должно быть равно 1/2 шага резьбы в заготовке. Это обусловлено тем, что профиль резьбы калибр-кольца имеет угол 60° и провал 30° по наружному (наибольшему) диаметру резьбы (рис. 5), так как калибром-кольцом всегда проверяется резьба на детали по среднему диаметру.

Получение угла профиля в 60° из угла профиля в 30°, нарезанного в заготовке из пластификата, осуществляется доводкой после окончательного обжига при температуре 1750 °С.

Доводка резьбового калибра-кольца выполняется обычными резьбовыми чугунными разжимными притирами. Обойма для готового кольца вытачивается из сплава Д16Т. Обойма растачивается под наружный диаметр кольца с зазором 0,01 – 0,03 мм. После анодирования обойма приобретает черный цвет; в нее вклеивается эпоксидной смолой готовое керамическое кольцо. На обойме маркируется наименование и размер резьбового калибра-кольца.

**Доводка цилиндрических и конусных резьбовых калибров.** Трудности при доводке резьбовых конусных калибров заключаются прежде всего в том, что для непроходного кольца при шаге 1,5; 1; 0,75 мм и менее наружная площадка резьбы калибров составляет всего 0,03 – 0,06 мм. Чтобы изготовить притир для этих контркалибров, нужно иметь резец с площадкой на вершине не более 0,02 мм. Притир базируется на наружной поверхности витков контркалибра. Очень медленно осуществляется доводка плоскости резьбы по ее среднему диаметру.

Чтобы ускорить процесс доводки, применяется притир с удаленной через шаг ниткой резьбы. Притир (рис. 6) нарезают резцом с площадкой у вершины, равной шагу резьбы. Для этого на притире фрезеруют произвольно одну канавку

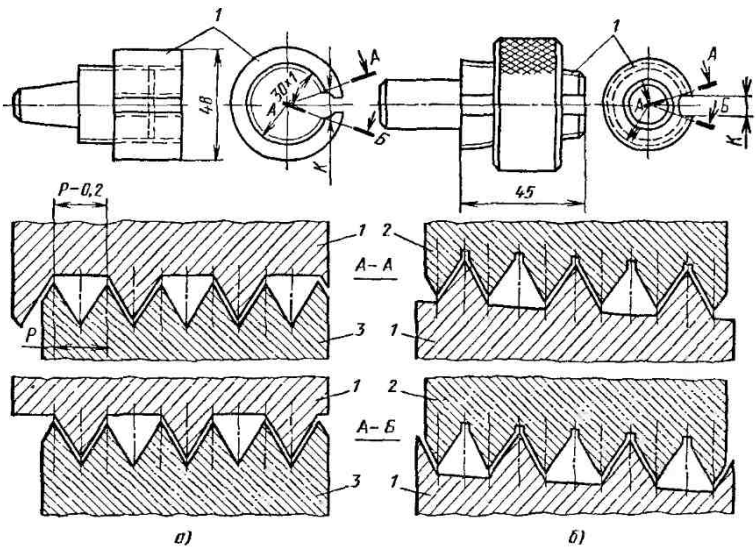



**Рис. 6. Схема доводки резьбовых цилиндрических (*а*) и конусных (*б*) калибров притиром с удаленной через шаг ниткой резьбы:**
*1* – притир; *2* – калибр-кольцо; *3* – контр-калибр

*К* (рис. 6, *а*). Токарный станок настраивают на шаг резьбы калибра. Резьбовой резец с площадкой у вершины, равной шагу резьбы минус 0,15–0,2 мм, вводят в канавку *К* и через шаг прорезают в притире канавку шириной, которая на 0,2 мм меньше шага резьбы, но с углом подъема, соответствующим ее шагу. После этого резец вводят с другой стороны в ту же канавку *К* притира. Затем резец отводят, и притир поворачивают на один оборот без нарезания резьбы. При третьем обороте резец опять вводят в канавку притира и за этот оборот прорезают вторую канавку, которая отстает от первой на два шага резьбы.

Этот способ нарезания витков применяется для получения как наружных, так и внутренних притиров. При доводке таким притиром калибра вершина профиля резьбы не соприкасается с телом притира, и притир доводит калибр только по его среднему диаметру. Доводка осуществляется в 2–3 раза быстрее, чем при применении обычных притиров.

Применение притиров со снятой через шаг резьбой позволяет просто и точно изготовлять и такие сложные инстру-

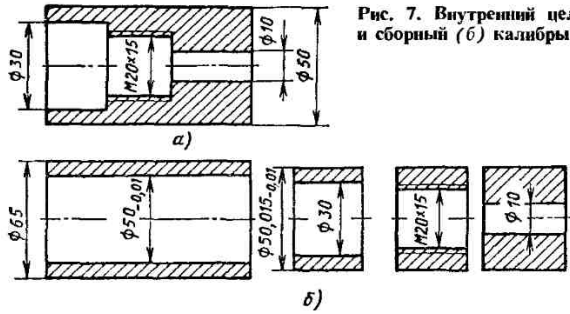



**Рис. 7. Внутренний цельный *(а)* и сборный *(б)* калибры соосности**

менты, как конусные калибры для резьбы Бриггса (рис. 6, *б*).

**Изготовление калибров соосности.** Калибры для проверки соосности деталей имеют несколько поверхностей разного диаметра, которые должны быть расположены строго соосно.

Изготовление наружных калибров соосности не представляет особых затруднений. Для этого нужно тщательно выполнить на калибре технологические центровые отверстия, и тогда допуск на несоосность отдельных участков калибра может быть легко выдержан в пределах 3¬5 мкм. Намного труднее изготовить внутренний калибр соосности (рис. 7, *а*). Диаметры калибра 30 и 10 мм и резьба М20 × 1,5 должны быть соосны в пределах 0,004 мм. Изготовление цельного калибра (рис. 7, *а*) трудоемко при доводке как гладкой, так и резьбовой части, так как доводку приходится выполнять в упор.

Для повышения технологичности изготовления его выполняют из четырех деталей: наружной обоймы и трех отдельных элементов (рис. 7, *б*). Обойму шлифуют и доводят по внутреннему диаметру для создания цилиндра по всей длине с допуском в пределах 0,005 – 0,01 мм.

Каждое из трех колец доводят по внутренним размерам обычным порядком. После этого в центрах шлифуют гладкую оправку с конусом 0,005 мм и на ней выполняют окончательную обработку наружных поверхностей гладких колец.

Перед сборкой калибра кольца охлаждают струей сжатого воздуха, а обойму опускают в масло, нагретое до 50 – 60 °С. После этого обойму ставят торцом на плиту и опускают в нее кольца в требуемом порядке. После выравнивания температуры обеспечивается необходимая посадка.

Описанным выше способом достаточно просто могут быть изготовлены различные многоступенчатые калибры.

*Глава 13*

# НОРМИРОВАНИЕ ТОКАРНЫХ РАБОТ

## ЭЛЕМЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Производственный процесс представляет собой совокупность действий, в результате которых исходный материал превращается в готовое изделие. Его элементами являются: подготовка производства, хранение и транспортирование заготовок, их обработка и сборка, обслуживание рабочих мест и т. д.

Технологический процесс – это часть производственного процесса, непосредственно связанная с изменением формы, размеров, внешнего вида и свойств заготовки. Технологический процесс состоит из операций, установок, позиций, переходов и приемов, которые рассматриваются при нормировании.

Операция – законченная часть технологического процесса, выполняющаяся с одной или несколькими одновременно обрабатываемыми заготовками, непрерывно, на одном рабочем месте, одним или несколькими рабочими. Она является основным элементом планирования и учета.

Установка – часть операции, выполняемая при одном неизменном закреплении одной или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок.

Позиция – каждое из различных взаимных положений заготовки или инструмента при их неизменном закреплении на станке в поворотных приспособлениях, револьверных головках и т. п.

Переход – часть операции (установки или позиции), выполняемая при неизменности обрабатываемой поверхности (или поверхностей), режущего инструмента и настройки станка на определенный режим резания.

При нормировании учитывают также приемы и движения, связанные с взятием и перемещением инструмента, заготовки и т. д.

Для записи разрабатываемых технологических процессов применяется документация, установленная ГОСТ 3.1102–81.

**Виды технологических документов, используемых при токарной обработке.** Технологическая инструкция (ТИ) предназначена для описания технологических процессов, методов и приемов,

повторяющихся при изготовлении и ремонте изделий (составных частей изделий), и правил эксплуатации средств технологического оснащения.

Маршрутная карта (МК) предназначена для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса, включая контроль и перемещения по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативов и трудовых затратах.

Карта технологического процесса (КТП) предназначена для операционного описания технологического процесса в технологической последовательности, по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

Карта типового технологического процесса (КТТП) предназначена для описания типового (группового) технологического процесса в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. Применяется эта карта совместно с ведомостью деталей к типовому (групповому) технологическому процессу (ВТП).

Операционная карта ОК предназначена для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов.

Карта типовой (групповой) операции (КТО) предназначена для описания типовой (групповой) технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах. Применяется совместно с ВТП.

Карта технологической информации (КТИ) предназначена для указания дополнительной информации, необходимой при выполнении отдельных операций (технологических процессов) и связанной с применением уникальных средств технологического оснащения, прогрессивных методов изготовления или ремонта изделия.

Карта наладки (КН) предназначена для указания дополнительной информации к технологическим процессам (операциям) по наладке средств технологического оснащения. Применяется при многопозиционной обработке для станков с ЧПУ, при групповых методах обработки и т. п.

Технико-нормировочная карта (ТНК) предназначена для разработки расчетных данных к технологической операции по нормам времени (выработки), описания выполняемых приемов и применяется при решении задач нормирования трудозатрат.

В практике работ токарей-универсалов чаще применяются следующие карты: МК, ТИ, КТТП, КТО и КТИ.

## МЕТОДЫ НОРМИРОВАНИЯ И ТАРИФИКАЦИЯ ТОКАРНЫХ РАБОТ

Правильное нормирование имеет большое значение для роста производительности труда и интенсификации производства.

Существуют следующие разновидности норм:

опытные – устанавливаются на операцию или комплекс операций на основании опыта нормировщика и данных об аналогичных работах;

статистические – устанавливаются по отчетным статистическим данным;

технически обоснованные – рассчитываются по элементам операции с учетом производственных возможностей и проектирования операции с применением наиболее производительного оборудования и научной организации труда.

Расчет технически обоснованных норм времени производится на основе общемашиностроительных нормативов режимов резания, а также норм времени на выполнение типичных вспомогательных работ и ручных приемов. Эти нормы устанавливаются путем обработки фотохронометражных наблюдений передовых методов работы.

На основе рассчитанной нормы времени устанавливаются расценки на выполняемую работу (операцию) в соответствии с ее квалификацией – тарифным разрядом.

Тарификация токарных работ проводится по шестиразрядной сетке, учитывающей требуемую точность, габариты и сложность обрабатываемых деталей. Расценки для оплаты работ определяются тарифными коэффициентами с соотношением 1:2 или 1:1,8: например, для токаря первого разряда – 1,0, второго – 1,11, третьего – 1,25, четвертого – 1,41, пятого – 1,59 и шестого – 1,8.

К токарям-универсалам соответствующего разряда предъявляются определенные квалификационные требования.

Токарь 4-го разряда должен уметь:

проводить токарную обработку и доводку сложных деталей по 7—10-му квалитетам точности на универсально-токарных станках, в том числе валов диаметром до 500 мм и длиной до 5000 мм, включая глубокое сверление и расточку до 2000 мм; обработку новых и переточку выработанных прокатных валков; обработку деталей с эксцентрично расположенными отверстиями, коленчатых и распределительных валов с полированием шеек; обработку тонкостенных деталей (толщина стенки до 1 мм и длина до 200 мм);

производить нарезание наружной и внутренней одно- и двухзаходной резьбы различного профиля, включая ходовые винты с нарезкой длиной до 2000 мм и суппортные гайки длиной до 100 мм, метчики, калибровые кольца и пробки;

производить установку деталей в различных приспособлениях и на угольнике с выверкой в двух плоскостях, а также наладку станка для выполнения всех указанных работ и проверку его на точность по всем позициям.

Токарь 5-го разряда должен уметь:

проводить токарную обработку и доводку сложных ответственных, крупногабаритных деталей и узлов, а также инструмента с большим количеством переходов по 6-му и 7-му квалитетам точности, требующих перестановок и комбинированного крепления при помощи различных приспособлений и точной выверки в нескольких плоскостях, в том числе: обработку гребных валов и колонн прессов длиной до 15 000 мм, а также новых и переточку выработанных прокатных валков с калибровкой сложного профиля; обтачивание наружных и внутренних фасонных поверхностей и сопряженных с криволинейными цилиндрическими поверхностями, с труднодоступными для обработки и измерения местами типа пресс-форм и мерительного инструмента; коленчатых валов с числом шеек более шести и распределительных валов дизелей длиной до 6000 мм;

проводить полную обработку сложных резьбовых деталей; ходовых винтов с длиной нарезки до 7000 мм с применением нескольких люнетов; многозаходных резьб различного профиля и шага и окончательное нарезание профиля червяков по 8-й, 9-й степеням точности; резьбовых калибров, гребенок с доводкой шлифования и притиры с треугольной, прямоугольной и трапецеидальной нарезкой;

читать сложные чертежи со ступенчатыми разрезами, выполнять эскизную деталировку по сборочным чертежам и пользоваться таблицами тригонометрических функций при расчетах по обработке конических поверхностей, а также устранять вибрации, конусность и эллиптичность при обработке, установив их причины.

Токарь 6-го разряда должен уметь:

вести токарную обработку и доводку на универсальных токарных станках особо сложных экспериментальных и дорогостоящих деталей и инструмента по 2—5-му квалитетам с большим количеством переходов и установок, с труднодоступными для обработки и измерений местами, требующих при установке комбинированного крепления и высокоточной выверки в различных плоскостях, в том числе: выполнять операции по доводке и полированию по 5-му квалитету с несколькими сопрягающимися поверхностями; нарезать ответственные многозаходные резьбы особо *сложного профиля любого модуля* и шага, производить окончательное нарезание профиля червяков по 6—7-й степеням точности; проводить токарную обработку особо сложных крупногабаритных, ответственных деталей и узлов, а также тонкостенных длинных деталей, подверженных деформации, на универсальных и уникальных токарных станках;

проводить необходимые расчеты для выполнения особо сложных работ, пользуясь справочниками и паспортами станков, а также обрабатывать детали по сложным чертежам и эскизам и применять передовые методы токарей-новаторов; применять специальные приспособления для наружного и внутреннего шлифования деталей на токарном станке; нарезать коническую внутреннюю и наружную резьбу, модульную и питчевую многоходовые резьбы; выполнять работы по затылованию инструмента и деталей на токарно-затыловочном станке, а также приемку токарного станка после капитального ремонта и инструментальную проверку по всем позициям.

Каждый токарь определенного разряда должен иметь знания и умения для выполнения всех работ токарей более низких разрядов; знать и соблюдать в работе правила охраны труда, пожарной безопасности, электробезопасности, санитарии и внутреннего распорядка.

Кроме того, все токари-универсалы должны знать основы экономики труда и производства в объеме требований общих положений «Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих»; для технически правильного вы-

полнения работ по своей квалификации иметь необходимые знания по основам теории резания и выбору оптимального режима обработки, знать геометрию, правила термообработки, заточки и доводки нормального и специального режущего инструмента, устройство сложного контрольно-измерительного инструмента и приборов; особенности конструкций станков, виды и способы предупреждения брака.

Кроме соблюдения приведенных тарифно-квалификационных требований токари 4, 5 и 6-го разрядов должны:

уметь проводить плазменно-механическую обработку труднообрабатываемых материалов, обслуживание и наладку плазменных установок (для токарей 6-го разряда);

знать элементы педагогических приемов и методики обучения прикрепленных токарей при подготовке их на более высокие разряды.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА ТОКАРНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Состав нормы времени $T_{вр}$ на механическую обработку в серийном и единичном производстве показан на рис. 1.

Подготовительно-заключительное время ($T_{пз}$) идет на получение задания (наряд, чертеж, технологическая карта); ознакомление с заданием и получение инструктажа; получение, осмотр, проверку заготовки, инструмента и приспособлений; установку приспособления и наладку оборудования; сдачу готовой продукции, оснастки и остатков материала.

Подготовительно-заключительное время рассчитывается на всю партию деталей. Оно определяется по нормативам или по результатам фотографии рабочего времени. На одну операцию или деталь доля $T_{пз}$ составляет $T_{пз}/n$ при $n$ деталей в партии. Штучное время $T_{шт}$ затрачивается на полную обработку детали, включая время резания и управление станком и дополнительное время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности.

При определении себестоимости операции используется также штучно-калькуляционное время

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n};$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{д} = T_{о} + T_{в} + T_{д},$$

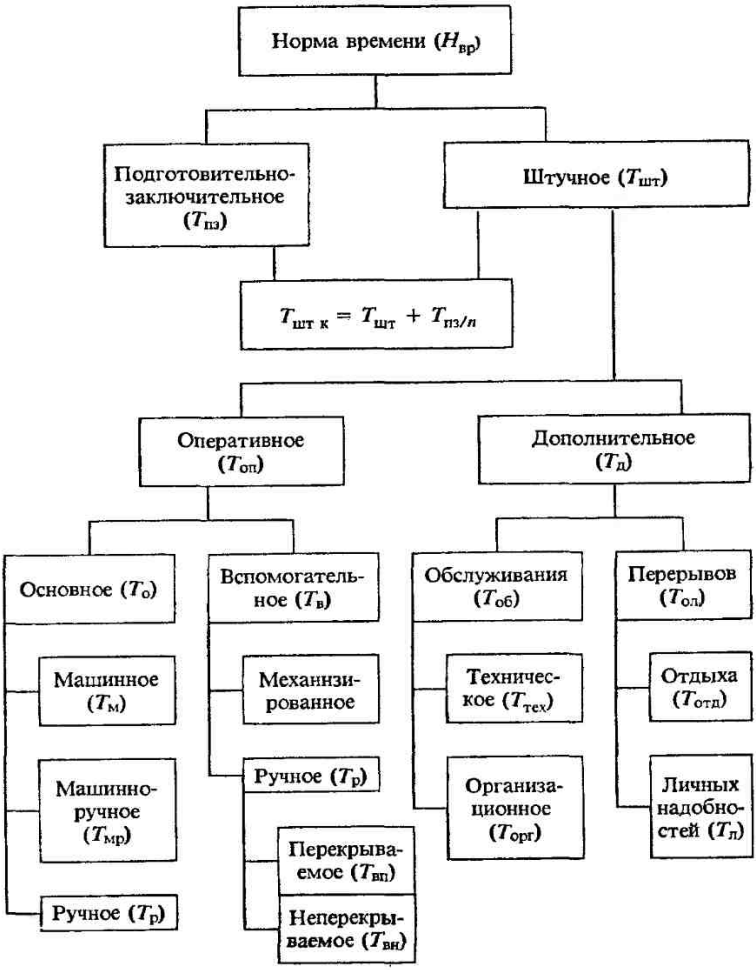



**Рис. 1. Состав нормы времени на механическую обработку в серийном и единичном производстве**

где $T_{оп}$ – оперативное время, затрачиваемое непосредственно на обработку; $T_о$ – основное технологическое время, затрачиваемое на процесс резания [оно состоит из машинного $T_м$, машинно-ручного $T_{мр}$ (например, шлифовка шкуркой, развертывание с ручной подачей) и $T_р$ – ручного (например клеймение детали)]; $T_в$ – вспомогательное время, затрачиваемое на установку и съем заготовок, перестановку приспособления и инструмента, управление станком, контроль деталей в процессе обработки, перемещение заготовок в пределах рабочего места; $T_д$ – дополнительные затраты времени на обслуживание рабочего места $T_{об}$ [в том числе техническое $T_{тех}$ (подналадка оборудования в процессе работы, замена инструмента, удаление стружки со станка) и организационное $T_{орг}$ (приемка и сдача смены, осмотр, чистка и смазка станка, уборка рабочего места), а также время на отдых и личные надобности $T_{ол}$].

Порядок расчета технически обоснованной нормы времени в мелкосерийном и единичном производстве приводится на рис. 2.

Расчеты машинного времени $T_м$ для типичных случаев токарной обработки приведены в табл. 1.

Вспомогательное время $T_в$ устанавливается по нормативам вспомогательного времени. При этом учитывается время, перекрывающееся машинным $T_{вп}$ и неперекрывающееся $T_{вн}$, входящее в состав нормы $T_{оп}$.

Нормы вспомогательного времени на выполнение комплекса приемов (подвод и отвод инструмента, включение и выключение подач и вращения шпинделя, промеры), связанных с процессом обработки, разработаны для основных видов токарных операций.

В нормативах вспомогательного времени на выполнение комплексов приемов учтено время на взятие пробных стружек, контрольные промеры и холостые (вспомогательные) перемещения каретки и суппорта. Время $T_в$ зависит от типа и размеров оборудования; размеров обрабатываемой поверхности, характера и заданной точности обработки, числа переходов и измерений со взятием пробной стружки.

В зависимости от серийности размера партий обрабатываемых деталей вводятся поправочные коэффициенты $K_{тв}$ на величину вспомогательного времени, указанного в нормативах (табл. 2).

Дополнительное время на операцию

$$T_д = T_{об} + T_{ол} = T_{тех} + T_{орг} + T_{отд} + T_л$$

принимается в процентах от оперативного времени обработки. В условиях серийного производства, при работе с механической подачей $T_д$ принимают в размере 4% от $T_{оп}$.

## ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ И СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ

Общая трудоемкость изготовления продукции складывается из технологической трудоемкости, т.е. суммы затрат времени основных производственных рабочих, выполняющих все операции технологического процесса (заготовительного, механообработки, сборки, термообработки, окраски и др.), и затрат рабочего времени по обслуживанию основного производства вспомогательными рабочими этих цехов и всеми рабочими вспомогательных цехов предприятия.

Себестоимость производства определяется стоимостью затраченных основных и вспомогательных материалов и суммой выплаченной заработной платы всему персоналу предприятия, а также другими платежами, связанными с производственным процессом.

Эти расходы можно отнести к одной детали или операции, и получить их себестоимость.

Себестоимость обработки детали (руб.)

$$C = M + З\left(1 + \frac{a_1 + a_2}{100}\right),$$

где $M$ – стоимость материала, затраченного на изготовление единицы продукции, за вычетом стоимости отходов, руб.; $З$ – заработная плата производственных рабочих, руб.; $a_1$ – процент начислений на заработную плату; $a_2$ – процент цеховых и общезаводских накладных расходов на заработную плату*[1].

*[1] Определяется, как отношение всех цеховых и общезаводских затрат, за вычетом стоимости материалов и заработной платы, к величине выплаченной зарплаты (основных рабочих) за определенный период.

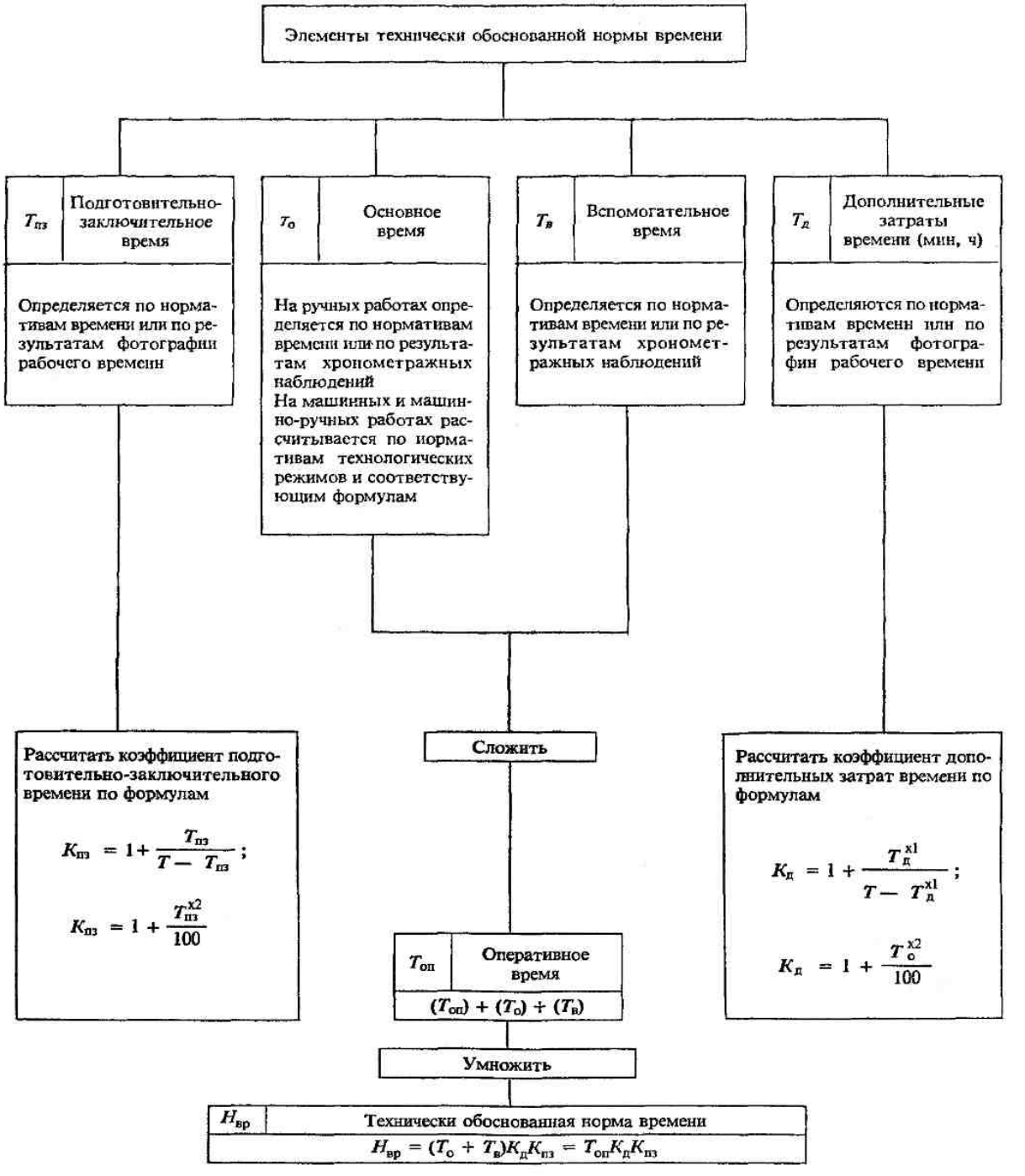
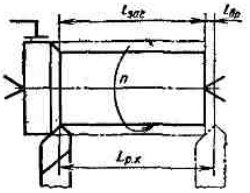



**Рис. 2. Расчет технически обоснованных норм времени в мелкосерийном и единичном производстве**

[x1] В минутах или часах
[x2] В процентах

## 1. Формулы для подсчета машинного времени $T_м$ (мин)

### Продольное точение



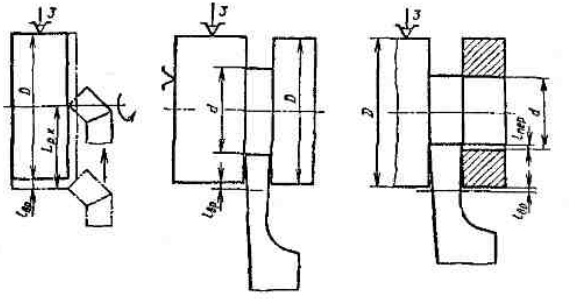

**При работе в упор**

$$L_{р.х} = l_{заг} + l_{вр}$$

**При работе на проход**

$$L_{р.х} = l_{заг} + l_{вр} + l_{пер}$$

### Поперечное точение




**При подрезании торца**

$$L_{р.х} = \frac{D}{2} + l_{вр}$$

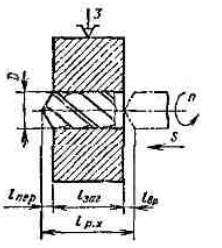
**При работе в упор**

$$L_{р.х} = \frac{D-d}{2} + l_{вр}$$

**При отрезании**

$$L_{р.х} = \frac{D-d}{2} + l_{вр} + l_{пер}$$

### Сверление




**При работе на проход**

$$L_{р.х} = l_{заг} + l_{вр} + l_{пер}$$

$$L_{р.х} = l_{заг} + l_{вр}$$

Принятые обозначения. $L_{р.х}$ – длина рабочего хода инструмента, мм;
$n$ – частота вращения заготовки в минуту, об/мин;
$v$ – скорость резания, м/мин;

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{318}{D}; \quad T_м = \frac{L_{р.х}}{nS}$$

$S$ – подача, мм/об

Величина заработной платы определяется по штучно-калькуляционному времени $T_{шт.к}$, тарифному разряду работы $p$ и часовой ставке $ч$ первого разряда (руб.), установленной для предприятия:

$$З = \frac{T_{шт.к}}{60} p \cdot ч.$$

Более точно себестоимость продукции (руб.) определяется путем раздельного учета затрат, зависимых и независимых от объема производства:

$$С = М + О + П + И + З\left(1 + \frac{a_1 a_3}{100}\right),$$

где $О$ – расходы на эксплуатацию (электроэнергию, смазку, ремонт) и амортизацию оборудования и соответствующей части здания; $П$, $И$ – расходы на содержание и амортизацию приспособлений и инструментов (расходы $О$, $П$, $И$ рассчитываются как приходящиеся на единицу продукции *1); $a_з$ – процент накладных расходов, определяемый после вычета из суммы всех производственных расходов затрат на $О$, $П$, $И$, $М$ и $З$.

Определение себестоимости с выделением зависимых расходов требует довольно тщательных расчетов и выполняется экономистами предприятия.

---

*1 В некоторых случаях зависимые от размера выпуска продукции расходы $О$, $П$, $И$ относят к 1 мин работы оборудования.

**2. Поправочные коэффициенты на $T_в$ в зависимости от размера партии обрабатываемых деталей и основного времени $T_о$**

| $T_о$, мин | Коэффициент $K_{тв}$ при количестве деталей в партии | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1–2 | 3–5 | 6–10 | 11–20 | 21–30 |
| До 3 | 1,5 | 1,4 | 1,15 | 1,0 | 0,85 |
| Св. 3 до 15 | 1,4 | 1,15 | 1,0 | 0,85 | 0,75 |
| » 15 » 60 | 1,2 | 1,0 | 0,85 | 0,75 | — |

Снижение себестоимости операции (руб.) за счет более рационального ее выполнения при неизменных заготовке и оборудовании можно определить по формуле

$$\Delta C = (C' - C'') = (3' - 3'')\ \left(1 + \frac{a_1 a_2}{100}\right) =$$

$$= (T'_{шт.к} - T''_{шт.к}) \frac{p \cdot ч}{60} \left(1 + \frac{a_1 a_2}{100}\right),$$

где $C$, $C''$, $3'$, $3''$, $T'_{шт.к}$, $T''_{шт.к}$ – соответственно себестоимость выполнения операции, заработная плата и штучно-калькуляционное время по первому и второму вариантам.

*Глава 14*

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Основными причинами выхода оборудования из строя являются: несоблюдение правил эксплуатации, плохой уход за ним, перегрузки, несвоевременная замена изнашиваемых деталей, поломки; неправильная регулировка подшипников и других соединений станка; изнашивание рабочих элементов станка.

Интенсивность изнашивания уменьшается при правильной эксплуатации станков, а также при использовании прогрессивных методов обработки и упрочнения поверхностей деталей в процессе их изготовления и ремонта.

Для оборудования характерны три стадии изнашивания трущихся поверхностей: 1) приработка, зависящая от материала и качества обработки поверхности детали; 2) нормальное изнашивание – пропорциональное времени работы и величине нагрузки на единицу площади; 3) интенсивное (аварийное) изнашивание, сопровождающееся нарушением работы сопряжения (появляются стуки, схватывание трущихся поверхностей и разрушение деталей). При аварийном изнашивании резко возрастает трудоемкость и стоимость ремонта.

В результате изнашивания возникают повреждения деталей внутри узлов станка, не нарушающие их взаимодействие, но вызывающие вибрации, стуки и частичную потерю точности вследствие увеличения зазоров и соединениях, а также рабочих поверхностей базовых деталей и узлов (направляющие станины, суппортов), приводящих к потере точности.

Основным видом изнашивания токарных станков является «выработка» направляющих станины и каретки, а также срабатывание вкладышей подшипников скольжения. Величины износа зависят от условий работы станка и метода обработки направляющих.

Сопротивляемость поверхности изнашиванию зависит от материала, высоты и расположения неровностей микропрофиля. На трущихся поверхностях должны быть замкнутые микрополости, удерживающие смазочный материал. В случае очень гладких поверхностей смазочный материал выдавливается, происходит трение без смазочного материала, что сопровож-

**1. Допустимый износ деталей**

| Наименование деталей | Условия работы | Допустимый износ, мм |
|---|---|---|
| Направляющие станины *1 | При точности обработки на станке по 8–9-му квалитетам | 0,1–0,2 |
| | В станках повышенной точности | 0,02–0,03 |
| Шейки: | | |
| шпинделей | В подшипниках скольжения | 0,01–0,05 |
| | В подшипниках качения | 0,01–0,02 |
| валов коробок | Во втулках скольжения | (0,001–0,01)$D$ |
| Шлицы валов *2 | – | 0,1–0,15 |
| | При $v < 5$ м/с с безударной односторонней нагрузкой | (15–20) %$b$ |
| Зубья колес *3 | При $v \leqslant 5$ м/с с ударной нагрузкой | (10–15) %$b$ |

*1 На длине 1000 мм.
*2 По ширине.
*3 По толщине.
Примечание. $D$ – диаметр шейки, мм; $b$ – ширина шлицев вала и номинальная толщина зуба.

дается явлениями схватывания и разрушения поверхностей. Принудительная смазка направляющих станины станка и наличие защитных щитков снижает величину износа в 1,25–1,5 раза.

Затраты на ремонт*1 сокращаются вследствие повышения качества ухода за станками (смазки, защиты направляющих от чугунной и абразивной пыли, от забоин и т. д.); регулярных технических осмотров и своевременного устранения мелких неисправностей и повреждений деталей, замены изношенных; своевременных текущих и капитальных ремонтов с соблюдением ремонтных циклов согласно принятой системе планово-предупредительных ремонтов (ППР).

Ориентировочные данные о допустимых износах деталей токарных станков приведены в табл. 1.

## ЕДИНАЯ СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ЕСППР)

ЕСППР предусматривает систему технических осмотров, малых, средних и капитальных ремонтов, которая должна обеспечивать длительную работоспособность оборудования.

*1 Суммарная стоимость ремонтов универсального станка за период его эксплуатации равна стоимости 8–10 таких новых станков.

Время между двумя капитальными ремонтами составляет ремонтный цикл. Содержание элементов ремонтного цикла представлено в табл. 2.

Приведенные в табл. 2 виды ремонтов и техническое обслуживание, выполняемые в определенные сроки по графику, называются плановыми. Аварийные ситуации (поломка деталей, заедание в соединениях и другие отказы станка) вызывают необходимость выполнения технических осмотров и аварийных ремонтов. В случаях крупных поломок и трещин в корпусных деталях, когда станок подлежит списанию, может осуществляться восстановительный ремонт.

Структура ремонтных циклов в зависимости от размеров токарных станков приведены в табл. 3.

В последнее время вследствие улучшения технического обслуживания станков стали применять ремонтные циклы без

**2. Виды работ ремонтного цикла**

| Вид работы | Содержание работ |
|---|---|
| Технический осмотр (О) | Наружный осмотр и опробование всех механизмов станка. Частичная разборка, мелкий ремонт и замена износившихся деталей, выявление деталей, подлежащих ремонту и замене при очередном ремонте |
| Малый ремонт (М) | Разборка двух-трех узлов, включая шпиндельный (кроме прецизионных и тяжелых станков). Ремонт и замена износившихся деталей. Регулировка всех механизмов и испытание на холостом (вспомогательном) ходу всех частот вращения шпинделя и подач с проверкой на шум и нагревание узлов и деталей. Составление предварительной дефектной ведомости |
| Средний ремонт (С) | Выполнение всех работ малого ремонта. Разборка и ремонт узлов шпинделя, коробок скоростей и подач, фартука, насосов охлаждения и смазки. Замена и ремонт всех деталей со сроком службы по ремонтному циклу, включая подшипники шпинделя и детали фрикциона. Частичное шабрение подшипников и направляющих станины и суппортов |
| Капитальный ремонт (К) | Выполнение всех работ среднего ремонта. Полная разборка всех узлов и ремонт базовых деталей. Восстановление точности, мощности и производительности станка согласно паспортным данным и ТУ. Проверка и устранение дефектов фундамента. Окраска со шпаклевкой всех необработанных наружных и внутренних поверхностей. Опробование станка на холостом (вспомогательном) ходу и в работе. Сдача по ГОСТ 18097—72 |

**3. Структура ремонтных циклов**

| Тип станка, его масса, т | Структура ремонтного цикла | Число осмотров *1 |
|---|---|---|
| Легкие и средние, до 10 | К – $М_1$ – $М_2$ – С – $М_3$ – $М_4$ – К | 1 |
| Крупные, до 100 | К – $М_1$ – $М_2$ – $С_1$ – $М_3$ – $М_4$ – $С_2$ – $М_5$ – $М_6$ – К | 3 |
| Особо крупные, более 100 | К – $М_1$ – $М_2$ – $М_3$ – $С_1$ – $М_4$ – $М_5$ – $М_6$ – $С_2$ – $М_7$ – $М_8$ – $М_9$ – К | 3 |

*1 Между двумя очередными ремонтами.

Примечание. Индексы 1, 2, ..., 9 – порядковый номер ремонта.

**4. Средняя периодичность межремонтных периодов**

| Обрабатываемый материал | Наработка до капитального ремонта | | | | Межремонтный период | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | в станко-часах | в годах при работе в смену | | | в станко-часах | в месяцах при работе в смену | | |
| | | одну | две | три | | одну | две | три |
| Чугун и цветные металлы | 27 500 | 13,5 | 7,0 | 4,5 | 3500 | 18 | 9 | 6 |
| Конструкционные стали | 34 100 | 17 | 8,5 | 6,0 | 3800 | 23 | 11 | 8 |

**5. Ремонтосложность (условные единицы) токарных станков**

| Виды работ | Марка станка | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1А616 | 1К62 | 1А616П | 163 | 1А64 |
| Механические | 9 | 11 | 12 | 15 | 20 |
| Электротехнические | 6 | 8,5 | 6 | 14 | 16 |

среднего ремонта: К – О – $М_1$ – О$М_2$ – О – $М_3$ – О – К.

Ремонтный цикл устанавливается расчетно-аналитическим путем в зависимости от числа часов работы оборудования и его типа.

Средняя периодичность межремонтных периодов для мелких и средних станков нормальной точности в зависимости от наработки до капитального ремонта приведена в табл. 4.

Трудоемкость ремонтного обслуживания зависит от сложности конструкции, размеров и массы станков и определяется ремонтосложностью (табл. 5). Для крупных токарных станков

**6. Трудоемкость ремонтообслуживания (нормо-часы) на единицу ремонтосложности**

| Вид работ | Осмотр перед капитальным ремонтом | Технический осмотр | Ремонт | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | мелкий | средний | капитальный |
| Слесарные<br>Станочные | 1,0<br>0,1 | 0,75<br>0,1 | 4,0<br>2,0 | 16,0<br>7,0 | 23,0<br>10,0 |
| Прочие | — | — | 0,1 | 0,5 | 2,0 |
| Итого | 1,1 | 0,85 | 6,1 | 23,5 | 35,0 |

1658, 1660, 1680 ремонтосложность составляет соответственно 38, 42 и 62 единицы.

В табл. 6 приведены трудоемкости плановых ремонтов и осмотров на единицу ремонтосложности согласно ЕСППР.

Технические осмотры станков проводятся при участии станочника-оператора, работающего на станке.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Виды работ по техническому обслуживанию и исполнители этих работ указаны в табл. 7.

В руководствах к станкам изложены правила их технического обслуживания. Ими необходимо пользоваться и при технических осмотрах.

В процессе технического обслуживания станков ведется изучение причин неполадок, намечаются меры по устранению конструктивных недостатков и модернизации оборудования, а также уточняются карты технического обслуживания. Очень важно при этом учитывать опыт работающих на станках токарей.

Операционные нормы планового технического обслуживания рассчитываются на 1000 ч оперативного времени работы оборудования. На их основе определяется численность ремонтного персонала (слесари, электрики, смазчики). Для учета количества часов, отработанных станком, применяют специальные счетчики. Точный учет работы оборудования позволяет при

**7. Основные виды работ по техническому обслуживанию токарных станков и исполнители этвх работ**

| Вид работ | Узлы станков, подлежащие обслуживанию | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Механическая часть | Электрическая часть | ЧПУ | Смазочная система |
| **Плановые** | | | | |
| Плановый (полный) осмотр | 1, 2 | 3, 1 | 4, 1 | 5 |
| Ежемесячный и периодический (частичный) осмотр | 1, 2 | 3, 1 | 4, 1 | 5 |
| Ежемесячный уход за станком | 1 | 1 | — | — |
| Ежесменное смазывание | 1 | — | — | — |
| Пополнение и замена смазочного материала через 40 ч работы (и более) | 2, 5 | 3, 5 | — | 5 |
| Промывка механизмов и смазочной системы | 1, 2 | — | — | 5 |
| Периодическая чистка от пыли | — | 3 | 4 | — |
| Профилактическая регулировка механизмов, подтяжка крепежных деталей и замена быстроизнашивающихся деталей | 2 | 3 | — | — |
| Проверка геометрической точности станка | 2, 1 | — | — | — |
| **Неплановые** | | | | |
| Замена или восстановление работоспособности случайно отказавших деталей | 2, 1 | 3, 1 | 4, 1 | 5, 1 |
| Восстановление случайных нарушений регулировки | 2, 1 | 3, 1 | 4, 1 | 5, 1 |

Примечание. Принятые обозначения исполнителей: 1 — оператор, 2 — слесарь, 3 — электрик, 4 — электронщик, 5 — смазчик.

правильном техническом обслуживании сократить число плановых ремонтов на 30—50%.

**Плановые осмотры** оборудования проводятся в заранее установленные сроки, по графику; **неплановые** — при отказах станка в работе и при авариях. При технических осмотрах проводят следующие работы: проверку и исправление всех креплений, головок болтов резцедержателя; подтяжку клиньев и прижимных планок; зачистку забоин и задиров на трущихся поверхностях станин и суппортов; регулировку зазоров в под-

**8. Допустимые силы для поворота рукояток управления станком**

| Масса станка, т | Установка рукояток | Частота использования рукояток | Допустимая сила, Н |
|---|---|---|---|
| До 1 | Точная | Нерегламентирована | 20 |
| | Рабочая | | 40 |
| Св. 1 | Точная | Часто | 80 |
| | Рабочая | Редко | 160 |

шпинниках шпинделя, ходовых винтах и гайках фартука и суппортов, фрикционов и тормозов; проверку переключений частот вращения шпинделя и величин подач; проверку и мелкий ремонт систем: охлаждения, смазочной, гидравлической и пневматической; проверку наличия дефектов ограждений и щитков и их устранение; проверку состояния механизмов станка с частичной разборкой и заменой деталей и выявление деталей, требующих замены при очередном ремонте.

В процессе технических осмотров и после ремонтов проверяются также силы, необходимые для поворота рукояток управления станков (табл. 8) и натяжения клиновидных ремней.

С помощью моментомеров или динамометрических ключей (рис. 1) определяют величину крутящего момента $M_{кр}$ (кН·м). Для нахождения фактической силы необходимо $M_{кр}$ разделить на радиус $R$. Перед началом работы на хвостовике ключа устанавливают сменную насадку для соединения с осью маховика или рукоятки. Динамометрический ключ ДК-25 используется также для регламентированной затяжки резьбовых соединений станков ( в пределах 2,5 кН·м).

Для обеспечения нормальной работы станков регулярно проводят проверку натяжения клиновидных ремней с помощью приспособления, представленного на рис. 2. Планка *1* накладывается на ветви ремня. К рукоятке *4* прикладывается сила $Q$, сжимающая тарированную пружину 5, которая перемещает

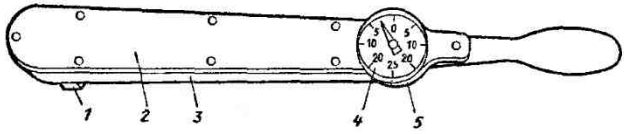



**Рис. 1. Динамометрический ключ ДК-25:**
*1* – хвостовик для сменной головки; *2* – торсионная часть; *3* – корпус; *4* – индикатор; *5* – поворотный диск для установки стрелки индикатора на нуль

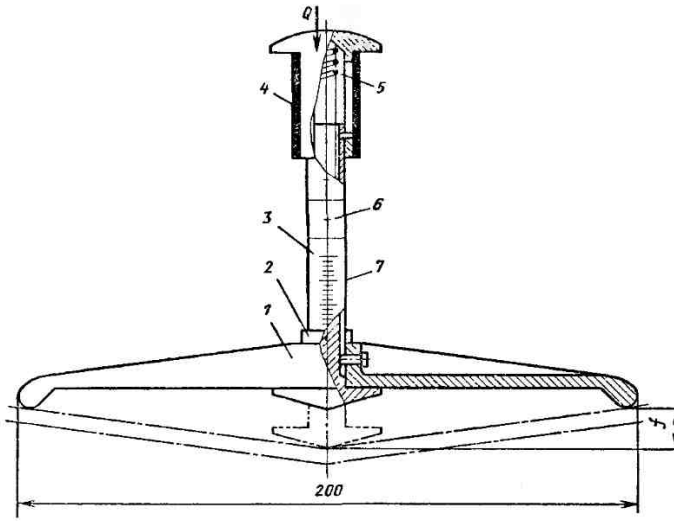



**Рис. 2. Приспособление для контроля натяжения приводных ремней**

стержень *3* с двумя шкалами. По шкале *6* определяют силу (кН), а по шкале *7* – перемещение стержня *3*, т. е. стрелку прогиба ремня *f*, равную 1 – 15 мм. Фактическое натяжение ремня определяется по табл. 9 и сравнивается с данными табл. 10, в которой приведены нормативные значения натяжения ремней разных сечений. Указательное кольцо *2* (см. рис. 2), установленное на стержне *3*, служит для отсчета величин по шкале *7*.

Многоручьевые клиноременные приводы должны комплектоваться ремнями строго одинаковой длины; разница даже в 2 – 3 мм вызывает повышенное изнашивание перегруженных ремней.

**9. Эталоны стрел прогиба**

| Сечение клиновидных ремней | Допустимая сила нагружения ветви, Н | Эталон стрелы прогиба, мм | Фактическая сила натяжения ветви ремня, Н |
|---|---|---|---|
| О | 25 | 8 | 70 |
| А | 35 | 8 | 120 |
| Б | 35 | 6 | 165 |
| В | 45 | 5 | 275 |

**Примечание.** Эталоны стрелы прогиба ветви ремня определяют экспериментально.

**10. Нормы натяжения клиновидных ремней**

| Сечение ремня | Расчетный диаметр шкива, мм | Сила натяжения одной ветви ремня (в покое), Н |
|---|---|---|
| О | 63–90 | 50 |
| | 90 и более | 70 |
| А | 90–120 | 100 |
| | 125 и более | 120 |
| Б | 125–160 | 165 |
| | 180 и более | 210 |
| В | 200–224 | 275 |
| | 250 и более | 350 |

**Приемка отремонтированных станков** происходит с участием станочника-оператора. В приемку входят следующие работы: внешний осмотр, испытание на холостом ходу, испытание под нагрузкой в работе; проверка точности; испытание на жесткость.

**При внешнем осмотре** проверяются комплектность станка по технической документации, внешний вид по ТУ и качество сборки станка без его включения.

Результаты внешнего осмотра заносятся в акт сдачи станка из ремонта.

Перед началом **испытания на холостом** (вспомогательном) **ходу** в полости корпусных деталей следует залить масло, масленки заполнить смазочным материалом, все трущиеся и движущиеся части агрегата смазать и провести опробование всех органов управления станком вручную.

Обкатка станка производится с обильной подачей смазочного материала на малых частотах вращения в течение не менее 30 мин, после чего масло заменяется.

Испытание механизмов главного движения и подач производится на всех ступенях. При максимальном числе оборотов шпиндель должен работать до достижения установившейся температуры его подшипников, но не менее 30 мин.

При наибольшей частоте вращения допускается нагрев: для подшипника скольжения шпинделя до 70 °С, для подшипников качения до 85 °С, для подшипников механизмов подачи до 50 °С.

Необходимо, чтобы «мертвые» ходы подающих винтов были минимальными; приводные ремни не проскальзывали на

шкивах, а последние не имели торцового и радиального биения; чтобы обеспечивалось надежное действие тормозных устройств и фрикционных муфт; включение и выключение их должно быть легким и плавным.

Движущиеся узлы станка должны перемещаться плавно, без скачков; величины их ходов после автоматического выключения механизмов перемещения должны обеспечивать безопасную работу станка, а реверсирование должно происходить без рывков и ударов.

У станков, имеющих автоматизированные узлы, необходимо проверить безотказность их действия.

Вибрация органов управления, самопроизвольные смещения, провертывание и заедание не допускаются. Значения сил на рукоятках ручного управления должны находиться в пределах, указанных в табл. 8.

Электрооборудование должно действовать безотказно при всех режимах работы станка, пуске и остановке, обеспечивать надежное действие защитных и аварийных блокировок, конечных выключателей и пускорегулирующей аппаратуры.

В станках с гидроприводом требуется проверить исправность гидросистемы, отсутствие резкого шума*[1] и утечек масла, плавность и равномерность гидравлической подачи в диапазоне от минимальной до максимальной.

Необходимо провести проверку поступления масла ко всем трущимся поверхностям станка как при пуске, так и во время его работы, проверить надежность работы масляных насосов и устройств для очистки масла (фильтры, сетки и пр.), а также легкость регулирования количества подаваемого смазочного материала.

Система охлаждения должна обеспечивать достаточную и непрерывную подачу охлаждающей жидкости, безотказность действия насоса без заливки при его пуске, отсутствие утечки через соединения и легкость регулирования количества подаваемой жидкости и направления ее струи.

В процессе холостой обкатки станка необходимо проверить надежность действия защитных устройств на открытых зубчатых, ременных и цепных передачах, маховиках и других вращающихся деталях.

---

*[1] Проверку на шум проводят по ГОСТ 12.1.003–83.

Испытание на холостом (вспомогательном) ходу завершают проверкой технической характеристики станка, которая в результате проведения ремонта могла подвергнуться изменениям.

Подлежат сверке с паспортными данными частоты вращения шпинделя, перемещения кареток, суппортов и другие характеристики.

Проверку частот вращения шпинделя начинают с низшей ступени и проводят по два раза на каждой ступени. Допускается отклонение фактических данных от паспортных не более чем на 5%.

Результаты сверки с паспортными данными изменений технической характеристики станка в результате модернизации, совмещенной с ремонтом, вносятся в акт приемки станка из ремонта.

**Испытание под нагрузкой** производят обработкой образцов на средних ступенях частот вращения шпинделя, при номинальной мощности с кратковременной перегрузкой до 25% на черновом или чистовом режиме в зависимости от назначения станка в течение не менее 30 мин.

При испытании под нагрузкой проверяется безотказность действия всех механизмов станка: электро- и гидроаппаратуры; смазочной системы и системы охлаждения; устройств, предназначенных для защиты от перегрузок; тормозов; фрикционов при перегрузке на 25% сверх номинальной мощности, отсутствие буксования и самовыключения.

Неравномерность движений отдельных узлов, возникновение вибраций, следов дробления на обрабатываемых поверхностях при максимальной нагрузке не допускаются.

У станков, предназначенных для обдирочных работ, в процессе испытания под нагрузкой проверяется соответствие фактически потребляемой мощности паспортным данным. Мощность не должна превышать более чем на 5% мощность, полученную расчетом по выбранному режиму обработки заготовки, с учетом паспортного КПД станка.

Станки, предназначенные для чистовых отделочных работ, проверяются на соответствие паспортным данным шероховатости обрабатываемых поверхностей, на отсутствие следов от обработки и вибраций, рисок и задиров.

Результаты проверки потребляемой мощности и качества обработанной поверхности (шероховатость) заносятся в акт сдачи станка из ремонта.

## ПРОВЕРКА СТАНКОВ НА ТОЧНОСТЬ

Проверка производится после испытания на холостом ходу и под нагрузкой.

В испытания на точность станка входят измерения геометрической точности самого станка и точности деталей, обрабатываемых на станке. Испытание на точность станков производится в соответствии с требованиями ГОСТ 8–82Е.

Перед испытанием на точность станок устанавливают на фундамент, стенд или другое жесткое, надежное основание на башмаках или клиньях (без затяжки фундаментных болтов) и выверяют по уровню в продольном и поперечном направлениях.

Если точность выверки станка по уровню в ГОСТ 8–82Е не указана, то определяемое по уровню отклонение не должно превышать 0,04/1000 мм.

При проверке станков на точность должны применяться средства измерения, соответствующие по точности требованиям государственных стандартов.

Перечень проверок токарных станков на точность приведен в табл. 11.

**11. Перечень проверок станков на точность по ГОСТ 18097–72***

| № проверки | Содержание проверок |
|---|---|
| 1.1 | Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости (распространяется на передний и задний суппорты) |
| 1.2 | Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости (распространяется на задний и передний суппорты) |
| 1.3 | Одновысотность оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли (или оси вращения шпинделя) задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости |
| 1.4 | Параллельность перемещения задней бабки относительно перемещения суппорта |
| 1.5 | Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя под патрон |
| 1.6 | Осевое биение шпинделя |
| 1.7 | Торцовое биение опорного буртика шпинделя |
| 1.8 | Радиальное биение конического отверстия шпинделя |
| 1.9 | Параллельность оси вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскостях |

*Продолжение табл. 11*

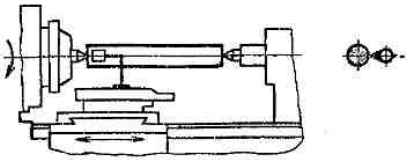
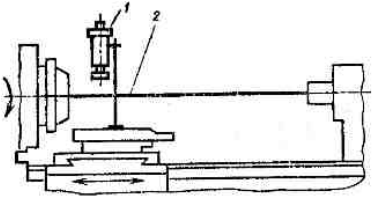
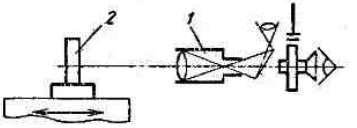
| № проверки | Содержание проверок |
|---|---|
| 1.10 | Параллельность продольного перемещения верхних салазок суппорта оси вращения шпинделя в вертикальной плоскости |
| 1.11 | Перпендикулярность перемещения поперечного суппорта оси вращения шпинделя |
| 1.12 | Параллельность перемещения пиноли задней бабки перемещению суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскостях |
| 1.13 | Параллельность оси конического отверстия пиноли относительно перемещения суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскостях |
| 1.14 | Точность кинематической цепи от шпинделя до суппорта (ходового винта) |
| 1.15 | Осевое биение ходового винта |
| 1.16 | Радиальное биение конического отверстия пиноли задней бабки |
| 1.17 | Параллельность продольного перемещения заднего суппорта продольному перемещению переднего суппорта |

Приведенные в ГОСТ 18097—72* допустимые отклонения параметров относятся к станкам общего назначения классов Н и П. Для станков более высокой точности и специального назначения в паспортах указываются дополнительные требования. Так, для станков, предназначенных для финишной обработки резцами, оснащенными эльбором, допуск на осевое и радиальное биение шпинделя равен 0,005 мм, вибрации вершины резца не более 0,05 мм на холостом ходу и жесткость не менее 20 Н/мкм.

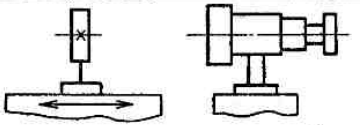
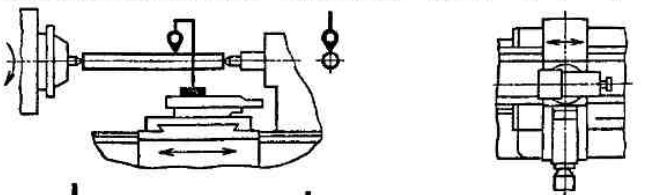
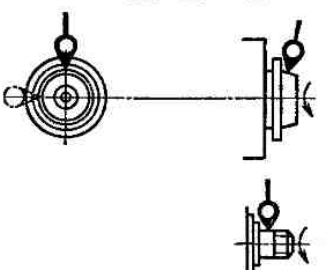
Проверки выполняются посредством центровых и консольных оправок, индикаторов, микроскопа со струной, автоколлиматора, зрительной трубы с визиром и уровня. Методы проверки зависят от размера станков.

Полная проверка точности станков по 17 позициям проводится после ремонтов. При технических осмотрах выполняются проверки 1.1, 1.2, 1.5, 1.6 и 1.10 и производится опробование станка в работе. В табл. 12 указан порядок проведения проверок, а допустимые отклонения по этим проверкам в табл. 13. В табл. 14 приведены данные о выполнении проверок станка на точность обработки, а допустимые отклонения — в табл. 15.

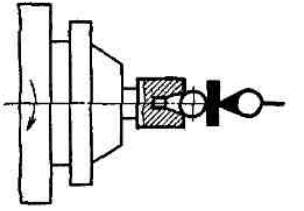
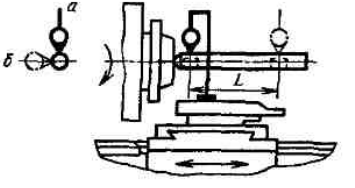
## 12. Проверка станков на геометрическую точность (ГОСТ 18097—72*)

| № проверки | Содержание проверок | Контроль результатов | |
|---|---|---|---|
| 1.1 | Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости | При длине хода суппорта < 1600 мм  | Показания индикатора на концах оправки должны быть одинаковы. В противном случае погрешность установки вычитают из результатов промежуточных замеров |
| | | При длине хода суппорта > 1600 мм   |   |
| | | Измерения производятся микроскопом *1* по струне *2* на участках ≤ 0,1 длины хода суппорта, но не более 1000 мм | Измерения осуществляются автоколлиматором *1* и визиром *2* на участках ≤ 0,1 длины хода суппорта, но не более 500 мм |

*Продолжение табл. 12*

| № проверки | Содержание проверок | Контроль результатов |
|---|---|---|
| | |  Измерения производятся посредством зрительной трубы *1* и визира *2* на участках $\leqslant 0{,}2$ длины хода суппорта, но не более 1000 мм |
| 1.2 | Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости | При длине хода суппорта $< 1600$ мм, при длине хода суппорта $> 1600$ мм  |
| 1.5 | Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя передней бабки под патрон |  Шпиндель должен сделать не менее двух оборотов. На станки с несъемными планшайбами проверка не распространяется |

*Продолжение табл. 12*

| № проверки | Содержание проверок | Контроль результатов |
|---|---|---|
| 1.6 | Осевое биение шпинделя передней бабки |  |
| 1.9 | Параллельность оси вращения шпинделя продольному перемещению суппорта |   *а* – в вертикальной плоскости; *б* – в горизонтальной плоскости |

## 13. Допустимые отклонения (мкм) по проверкам станков на геометрическую точность

| Класс точности станка | Наибольшая длина перемещения, мм | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | До 125 | Св. 125 до 200 | Св. 200 до 320 | Св. 320 до 500 | Св. 500 до 800 | Св. 800 до 1250 | Св. 1250 до 2000 | Св. 2000 до 3200 | Св. 3200 до 5000 | Св. 5000 до 8000 | Св. 8000 до 12 500 |
| | **Проверка 1.1** | | | | | | | | | | |
| Н | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 65 |
| П | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | — | — |
| В | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | — | — | — | — |
| | **Проверка 1.2** | | | | | | | | | | |
| Н | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 |
| П | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | — | — |
| В | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | — | — | — | — |

**Проверки 1.5 и 1.6**

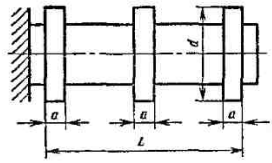
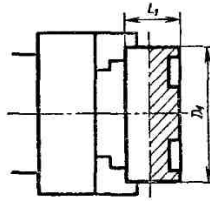
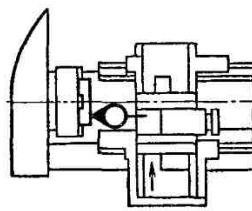
| Класс точности станка | Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | До 250 | Св. 250 до 800 | Св. 800 до 1600 | Св. 1600 до 3200 | Св. 3200 до 6300 |
| | Допуск, мкм | | | | |
| Н | 8 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| П | 5 | 7 | 10 | — | — |
| В | 3 | 5 | — | — | — |

**Проверка 1.9**

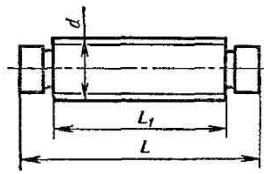
| Класс точности станка | Номер проверки | Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 250 | | Св. 250 до 400 | | Св. 400 до 800 | | Св. 800 до 1600 | | Св. 1600 до 3200 | | Св. 3200 до 6300 | |
| | | Допуск, мкм | | | | | | | | | | | |
| Н | 1,9а | 12 | $L$ = 150 мм | 16 | $L$ = 200 мм | 20 | $L$ = 300 мм | 35 | $L$ = 300 мм | 40 | $L$ = 300 мм | 40 | $L$ = 300 мм |
| | 1,9б | | | 8 | | 12 | | 16 | | 20 | | 25 | |
| П | 1,9а | 10 | | 10 | | 12 | | 20 | | — | | — | |
| | 1,9б | 4 | | 5 | | 8 | | 10 | | — | | — | |
| В | 1,9а | 8 | | 6 | | — | | — | | — | | — | |
| | 1,9б | 3 | | 3 | | — | | — | | — | | — | |

Примечание. Свободный конец оправки может отклоняться вверх и в направлении к резцу переднего суппорта.

## 14. Проверка станков на точность обработки (ГОСТ 18097–72*)

| № проверки | Содержание проверок | Контроль результатов | |
|---|---|---|---|
| 2.1 | Точность геометрической формы цилиндрической поверхности образца 1*1 |  | $a$ – постоянство диаметра в поперечном сечении; $б$ – постоянство диаметра в любом сечении (см. табл. 15)<br>Образец 1 – валик или диск $d \geqslant \geqslant -\frac{1}{8}D$, но не более 300 мм; $L \approx \frac{1}{2}D$, но не более 500 мм; $a =$ $= 20$ мм при $L \leqslant$ $\leqslant 100$ мм (два пояска)<br>$D$ – наибольший диаметр заготовки, обрабатываемый на данном станке |
| 2.2 | Плоскостность торцовой поверхности образца 2*1) |  <br>  <br>Замер индикатором или контрольной линейкой и щупом | Образец 2 – диск $D_1 \geqslant \frac{1}{2}D$, но не $> 1000$ мм, $L_1 \geqslant$ $\geqslant \frac{1}{8}D$<br>При $D_1 = 200$ мм допускается $\geqslant 3$ кольцевых пояска |

*Продолжение табл. 14*

| № проверки | Содержание проверок | Контроль результатов | |
|---|---|---|---|
| 2.3 | Точность шага резьбы, нарезанной на станке*2) |   | Шаг резьбы и диаметр должны быть примерно равны шагу и диаметру ходового винта; $L \geqslant d$, но не больше 1000 мм, $L_1 \leqslant 500$ мм |

*1 Образец устанавливается в патроне или в отверстии шпинделя.
*2 Проверку 2.2 допускается не проводить в случае выполнения проверки 1.14.

**15. Допустимые отклонения (мкм) при проверке станков на точность обработки**

| Класс точности станка | Номер проверки | Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | До 250 на длине $L=100$ мм | Св. 250 до 400 на длине $L=200$ мм | Св. 400 до 800 на длине $L=300$ мм | Св. 800 до 1600 на длине $L=300$ мм | Св. 1600 до 3200 на длине $L=500$ мм | Св. 3200 до 6300 на длине $L=500$ мм |
| **Проверка 2.1** | | | | | | | |
| Н | 2.1а | 6 | 8 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| | 2.1б | 10 | 20 | 30 | 40 | 65 | 80 |
| П | 2.1а | 4 | 5 | 7 | 10 | — | — |
| | 2.1б | 7 | 12 | 20 | 25 | — | — |
| В | 2.1а | 2,5 | 3 | 5 | — | — | — |
| | 2.1б | 5 | 8 | 12 | — | — | — |

| Класс точности станка | Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | До 250 на длине $L=100$ мм | Св. 250 до 400 на длине $L=200$ мм | Св. 400 до 800 на длине $L=300$ мм | Св. 800 до 1600 на длине $L=300$ мм | Св. 1600 до 3200 на длине $L=500$ мм | Св. 3200 до 6300 на длине $L=1000$ мм |
| **Проверка 2.2** | | | | | | |
| Н | 10 | 16 | 20 | 25 | 40 | 80 |
| П | 6 | 10 | 16 | 20 | — | — |
| В | 4 | 5 | 10 | — | — | — |

| Класс точности станка | Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | | | |
|---|---|---|---|---|
| | До 250 на длине $L=50$ мм | Св. 250 до 800* | Св. 800 до 1600* | Св. 1600* |
| | **Проверка 2.3** | | | |
| Н | 20 | 40 | 50 | 70 |
| П | 16 | 30 | 40 | — |
| В | 12 | 25 | — | — |

* На длине $L - 300$ мм.

Станки, работающие на особо точных финишных операциях, подвергаются проверке на технологическую точность между плановыми ремонтами. Эти станки вносятся в специальную ведомость и проверяются по графику не реже 1 раза в три месяца. Проверка выполняется по инструкционной карте, составленной для данного типа станков и операций. Результаты проверки заносятся в контрольную карту данного станка.

## ПРОВЕРКА СТАНКОВ НА ЖЕСТКОСТЬ

Методы проверки регламентированы ГОСТ 18097–72*.

Прибор для измерения жесткости токарных станков показан на рис. 3. Прибор устанавливается в резцедержатель и воздей-

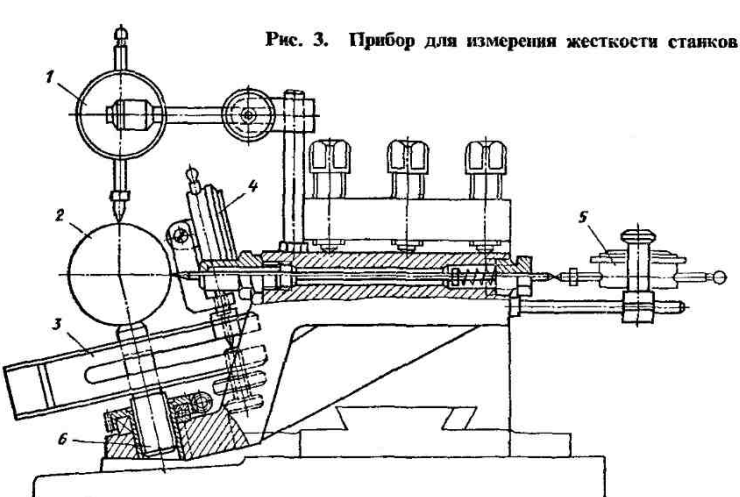



**Рис. 3. Прибор для измерения жесткости станков**

## 16. Параметры испытания станков на жесткость

| Параметр | Значения параметров | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | 4000 | 5000 |
| Расстояние от точки приложения силы до резцедержателя | 21 | 28 | 28 | 38 | 38 | 50 | 50 | 67 | 67 | 90 | 90 | 120 | 120 | 160 | 160 | 210*1 | 210*1 | 280 |
| Расстояние от точки приложения силы до торца корпуса задней бабки | 50 | 60 | 70 | 80 | 95 | 115 | 140 | 170 | 200 | 235 | 270 | 310 | 360 | 410 | 475 | 560 | 650 | 700 |
| Диаметр оправки в точке измерения перемещения | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 40 | 40 | 45 | 45 | 45 | 80 | 80 | 120 | 120 | 160*1 | 160*1 | 200*1 |

*Продолжение табл. 16*

| Параметр | Значения параметров, мм | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Конус Морзе | | | | | | | Конусность 1 : 10 и 1 : 7 | | | | | | | | |
| Конусное отверстие в шпинделе (переходной втулке) или пиноли для упорных центров*2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| Расстояние от точки приложения силы до торца шпинделя (переходной втулки) или пиноли, мм | 22 | 28 | 36 | 45 | 55 | 70 | 90 | 100 | 110 | 120 | 135 | 150 | 170 | 190 | 210 | 230 |

*1 Допускается увеличение расстояния от точки приложения силы до резцедержателя до 280 мм и диаметра оправки в точке измерения перемещения до 460 мм в случае невозможности подвода резцедержателя суппорта в заданное положение.

*2 По ГОСТ 13214—79, ГОСТ 18259—72 и ГОСТ 18260—72.

Примечание. Наибольшее расстояние от торца шпинделя до торца корпуса задней бабки находится в пределах 0,75—0,85 наибольшего межцентрового расстояния.

**17. Силы и допустимые отжатия при испытании станков на жесткость**

| Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Класс точности станка | Прилагаемая сила, $P$, Н | Допустимое отжатие, мм, для проверок заготовок с $D$, мм | |
|---|---|---|---|---|
| | | | < 1000 | > 1000 |
| 100 | Н | 700 | 0,04 | 0,05 |
| | П | 560 | 0,025 | 0,03 |
| 125 | Н | 1000 | 0,05 | 0,07 |
| | П | 800 | 0,03 | 0,04 |
| 160 | Н | 1400 | 0,07 | 0,10 |
| | П | 1120 | 0,04 | 0,06 |
| 200 | Н | 2000 | 0,10 | 0,13 |
| | П | 1600 | 0,06 | 0,08 |
| 250 | Н | 2800 | 0,13 | 0,16 |
| | П | 2240 | 0,08 | 0,10 |
| 320 | Н | 4000 | 0,16 | 0,20 |
| | П | 3200 | 0,10 | 0,13 |
| 400 | Н | 5600 | 0,20 | 0,27 |
| | П | 4480 | 0,13 | 0,17 |
| 500 | Н | 8000 | 0,27 | 0,35 |
| | П | 6400 | 0,18 | 0,22 |
| 630 | Н | 11 200 | 0,35 | 0,47 |
| | П | 8960 | 0,22 | 0,30 |
| 800 | Н | 16 000 | 0,47 | 0,60 |
| | П | 12 800 | 0.30 | 0,40 |
| 1000 | Н | 22 400 | 0,60 | 0,80 |
| | П | 17 920 | 0,40 | 0,50 |
| 1250 | Н | 31 500 | 0,80 | 1,05 |
| | П | 25 200 | 0,50 | 0,65 |
| 1600 | Н | 45 000 | 1,05 | 1,40 |
| | П | — | — | — |
| 2000 | Н | 63 000 | 1,40 | 1,80 |
| | П | — | — | — |
| 2500 | Н | 90 000 | 1,8 | 2,3 |
| | П | — | — | — |

*Продолжение табл. 17*

| Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | Класс точности станка | Прилагаемая сила, $P$, Н | Допустимое отжатие, мм, для проверок заготовок с $D$, мм | |
|---|---|---|---|---|
| | | | < 1000 | > 1000 |
| 3200 | Н | 125000 | 2,3 | 3,0 |
| | П | — | — | — |
| 4000 | Н | 185000 | 3,0 | 3,8 |
| | П | — | — | — |
| 5000 | Н | 250000 | 3,8 | 4,8 |
| | П | — | — | — |

Примечание. Перед каждой нагрузкой все подвижные части (суппорт, пиноль и корпус задней бабки) перемещать, а шпиндель проворачивать. Суппорт подводить к линии центров. Болтовые крепления выполнять без применения удлинителей.

ствует посредством нагрузочного винта *6* через динамометр *3* на оправку *2*, в центрах. Величина нагрузки отсчитывается по индикатору *4*, величины отжатия – по индикаторам *1* и *5*. В табл. 16 указаны основные параметры при проверке станков на жесткость. Полученные данные сравниваются с нормативными (табл. 17).

## ИСПЫТАНИЯ СТАНКОВ НА ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ

Кроме обязательных испытаний станков по ГОСТ 18079–72* проводится их проверка на виброустойчивость при особо высоких требованиях к шероховатости поверхности, а также при работе алмазными и эльборовыми резцами.

Критерием виброустойчивости является максимальная ширина среза стружки, после увеличения которой возникают вибрации. Испытания проводят во всем диапазоне частот вращения шпинделя при двух-трех подачах. Для патронных станков сравнительные испытания удобно проводить на конусных образцах, устанавливаемых в коническом отверстии шпинделя. Длина рабочей части образца 150–200 мм; уклон – 5–7 мм на 1000 мм длины; начальная глубина резания 1–2 мм. Увеличиваясь по мере продвижения резца к передней бабке, она при определенной ширине среза вызывает вибрации. Возникновение их может быть ускорено или замедлено путем уменьшения или увеличения подачи. Оценка уровня вибраций проводится согласно ГОСТ 12.2.009–80*.

*Глава 15*

# ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Борьба за экономное использование сырья, материалов, топлива, энергии невозможна без технического творчества рабочих, в результате которого рождаются изобретения и рационализаторские предложения. Каждое внедренное предложение – это экономия живого и овеществленного труда, важный показатель ускорения научно-технического прогресса.

Правовая охрана рационализаторских предложений направлена на развитие и поощрение массового технического творчества трудящихся.

Законы нашего государства охраняют авторство новатора на каждое созданное им новшество, наделяют его разнообразными авторскими правами и льготами.

## НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ, РАЦИОНАЛИЗАТОРСКОЙ И ПАТЕНТНОЙ РАБОТЫ В СССР

Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий (Госкомизобретений) является общесоюзным органом государственного управления; он осуществляет общее руководство делом развития изобретательства и рационализации и организации использования открытий, изобретений, рационализаторских предложений, промышленных образцов и товарных знаков в стране, несет ответственность за состояние и дальнейшее развитие работ в этой области.

Всю работу по развитию массового изобретательства и рационализации Госкомизобретений проводит в контакте и при участии Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов, профсоюзных и других общественных организаций.

Кроме того, Госкомизобретений дано право устанавливать единые формы документов, относящихся к оформлению правовой охраны открытий, изобретений, рационализаторских предложений, промышленных образцов и товарных знаков и давать обязательные для исполнения всеми министерствами, ведомствами, предприятиями указания и разъяснения по применению

Положения об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях, а также других законодательных актов.

Госкомизобретений издает два официальных бюллетеня: «Открытия, изобретения», «Промышленные образцы, товарные знаки » – информационные материалы по отечественным и зарубежным открытиям, изобретениям, промышленным образцам и товарным знакам, а также теоретический и научно-практический журнал «Вопросы изобретательства» и другую литературу по этим вопросам.

Госкомизобретений регистрирует открытия и изобретения в государственных реестрах, производит отбор важных изобретений и рекомендует их для внедрения в народное хозяйство.

Руководство развитием изобретательства и рационализации в отдельных отраслях народного хозяйства, а также планирование и контроль за внедрением изобретений и рационализаторских предложений возлагаются на соответствующие министерства, ведомства (п. 83 Положения).

Руководство изобретательством и рационализацией возможно на предприятиях (организациях), где созданы соответствующие отделы и бюро по рационализации и изобретательству (БРИЗы). Жалобы изобретателей и рационализаторов по ряду вопросов рассматриваются администрацией совместно с комитетом профсоюза, Всесоюзным обществом изобретений и рационализаторов (ВОИР) или судом.

Основные направления работы органов ВОИР в области изобретательской, рационализаторской и патентно-лицензионной деятельности определены нормами устава ВОИР с дополнениями и уточнениями, внесенными на V съезде ВОИР в апреле 1978 г. и на VI съезде ВОИР – в мае 1983 г.

Под руководством профсоюзов наряду с ВОИР осуществляют работу научно-технические общества (НТО), созданные в 1955 г. Они образуются по отраслевому признаку; их важнейшими задачами являются: содействие изобретательству и рационализации; использование научных и технических достижений; распространение передового опыта в отраслях народного хозяйства, соответствующих их профилю. Свою деятельность НТО осуществляют в контакте с ВОИР.

## ОТКРЫТИЯ

Открытием признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений

материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания. Открытие совершается в различных областях знаний и представляет собой совершенно новое научное достижение, ранее неизвестное человечеству.

Автором открытия может считаться только тот, кто раньше других оповестил об установлении им новой закономерности, свойстве или явлении материального мира.

Открытия регистрируются в Госкомизобретений, а авторам открытий выдаются дипломы. Диплом есть документ, выдаваемый на имя автора открытия и удостоверяющий признание выявленных закономерностей, свойств и явлений материального мира открытием, приоритет и авторство на открытие, с чем связано приобретение автором ряда прав и льгот, предусмотренных законодательством.

## ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретением признается новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи в любой области народного хозяйства, социально-культурного строительства или обороны страны, дающие положительный эффект.

Изобретательским правом охраняется не материальный объект сам по себе, а техническое решение, в нем выраженное. Техническое решение может быть признано изобретением, если оно обладает новизной, существенными отличиями и дает положительный эффект.

Техническое решение считается новым при условии, что до даты приоритета заявки (подачи ее в Госкомизобретений) сущность этого или тождественного решения не была раскрыта в СССР или за границей для неопределенного круга лиц настолько, что стало возможным его осуществление. Раскрытие сущности решения может произойти либо опубликованием его в СССР или за границей, либо демонстрацией на выставке, либо в результате открытого применения и т. д. Во всех этих случаях становится доступным копирование решения, что влечет за собой утрату им новизны. Новизна устанавливается на момент, с которого определяется приоритет заявки. Опубликование данных о техническом решении или иное распространение их для всеобщего сведения после подачи заявки в Госкомизобретений не порочит новизны предложения.

При определении новизны используют как советские, так и зарубежные источники, т.е. данные об уровне развития техни-

ки по соответствующей отрасли в мировом масштабе. Если решение является новым в одной или нескольких отраслях или даже всего народного хозяйства в СССР, но не ново для другой страны, то у предложения новизна отсутствует. Изложенные требования указывают на то, что изобретением может быть признано решение, новое по сравнению с достигнутым, известным, современным уровнем техники; такая новизна называется абсолютной (мировой); такая новизна требуется и по праву многих стран.

Решение признается обладающим существенными отличиями, если по сравнению с решениями, известными в науке и технике на дату приоритета заявки, оно характеризуется новой совокупностью признаков, дающих положительный эффект.

Признаком технического решения является также положительный эффект. Под положительным эффектом понимается та конкретная польза, которую принесет применяемое изобретение: т. е. рост производительности труда, увеличение выпуска продукции, снижение затрат на материалы, топливо, в целом себестоимости, повышение качества продукции, улучшение техники безопасности и т. д. Следовательно, в одних случаях положительный эффект может выражаться в количественных показателях, в других – в качественных, в третьих – в тех и других. Положительный эффект достигается в ряде случаев при отсутствии экономии, но полезен в другом отношении, например улучшает условия труда.

Объектом изобретения могут являться: новое устройство, способ, вещество, а также применение перечисленных объектов по новому назначению.

Советское законодательство предусматривает две формы правовой охраны изобретений: авторское свидетельство и патент. Право выбора одной из указанных форм правовой охраны, как правило, принадлежит автору.

Авторское свидетельство есть документ, удостоверяющий признание предложения изобретением, приоритет изобретения, авторство на изобретение, исключительное право государства на использование и распоряжение изобретением и закрепляющий за автором права и льготы, предусмотренные законодательством.

Право на получение авторского свидетельства или патента на изобретение переходит по наследству.

Если изобретение создано несколькими лицами – соавторами, то авторское свидетельство выдается каждому из соавто-

ров. Авторские свидетельства могут получить и иностранцы, а равно и их правоприемники.

Патент – документ, удостоверяющий признание предложения изобретением, приоритет изобретения, авторство на изобретение и исключительное право патентообладателя на изобретение. Это значит, что обладатель (владелец) патента сам решает вопрос о том, как поступить с изобретением; продать ли его или выдать лицензию (разрешение) на его использование другим.

Основные требования оформления заявки на изобретение установлены в п. 44 Положения об открытиях, изобретениях и рацпредложениях и Указаниями по составлению заявки на изобретение Э3-1-74, утвержденными Госкомизобретений.

В состав заявки входят: заявление о выдаче авторского свидетельства или патента; описание предполагаемого изобретения с формулой изобретения. Для наиболее полного раскрытия сущности и значимости изобретения представляются чертежи, схемы, акт испытаний и другие материалы, иллюстрирующие предполагаемое изобретение, если они необходимы; справка о творческом участии каждого из соавторов в создании изобретения; аннотация, содержащая краткое изложение того, что раскрыто в описании изобретения, в его формуле и других материалах заявки, с указанием области применения и возможности использования изобретения. Заявка представляется в трех экземплярах.

Формы заявок на изобретение см. в Приложениях (формы № 1 и 3).

При подаче заявки на авторское свидетельство советские организации кроме указанных материалов обязаны представить заключение о новизне технического решения (включая сведения о проведенных патентных исследованиях) с указанием возможных областей применения в народном хозяйстве и ожидаемого технико-экономического или иного эффекта. При необходимости к заявке должны быть приложены акты испытаний и другие документы, подтверждающие возможность получения заявленного объекта изобретения или его эффективность.

## РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Рационализаторским предложением признается техническое решение, являющееся новым и полезным для предприятия, которому оно подано, и предусматривающее изменение конструк-

ций изделий, технологии производства и применяемой техники или изменение состава материала.

Новизна обычно оценивается с учетом уровня техники на данном предприятии. Но если предложение подается в министерство (ведомство) в качестве отраслевого, то оценку новизны ведут уже от достигнутого уровня техники в данной отрасли в целом.

Предложение будет признано полезным, если его использование позволяет получить положительный эффект. Положительный эффект может быть экономическим, техническим или иным. В первом случае использование предложения дает экономию; во втором – обеспечивает совершенствование средств производства без получения экономии; в третьем – оказывается полезным в другом отношении (например, повышает качество изделий, снижает опасность производственного травматизма и т. д.).

Рационализаторское предложение – результат творческого труда, и если лица, оказывающие техническую помощь автору (в подготовке чертежей, составлении расчетов и т. д.), не принимали непосредственного участия в творчестве, то они не могут считаться соавторами рационализаторского предложения. Для признания предложения рационализаторским автор независимо от того, где он работает, должен подать письменное заявление на предприятие, к деятельности которого относится тема предложения. В заявлении должно содержаться краткое описание того, в чем состоит предложение, для какой цели оно предназначено и как следует его осуществить. В необходимых случаях к заявлению прилагаются чертежи, схемы или эскизы.

Предприятие, принявшее к рассмотрению заявление на рационализаторское предложение, обязано его зарегистрировать в журнале и по просьбе автора в пятидневный срок после поступления такой просьбы выдать ему или выслать справку, удостоверяющую факт и дату поступления заявки (по дате регистрации). Эта справка в случае спора о первенстве сможет подтвердить право на первенство.

Автору предоставлено право дополнять или изменять описание, чертежи или эскизы, не меняя сущности предложения. Все это разрешается ему до вынесения решения о признании предложения рационализаторским или об его отклонении.

В настоящее время сложились три системы приема заявлений на рационализаторское предложение: централизованная, децентрализованная и смешанная. При централизованной си-

стеме заявления принимают только БРИЗ предприятия; чаще всего такая система характерна сравнительно для небольших предприятий. При децентрализованной системе заявление принимают уполномоченные (инженеры по изобретательству) соответствующих подразделений предприятия (цехов, отделов и т. д.), которые выполняют все необходимые действия по подготовке материалов.

При смешанной системе применяется последовательно децентрализованный и централизованный порядок приема заявлений. Вначале заявление регистрируется в цехе, отделе, а затем в ОИЗиРе (БРИЗе), в результате чего оно получает двойной регистрационный номер.

Установлены обязательные сроки рассмотрения заявлений на рацпредложение и вынесения по ним решения. Для предприятия этот срок составляет максимально 15 дней, а для министерства (ведомства) – 1,5 месяца со дня поступления.

Авторство и другие права рационализатора подтверждаются удостоверением на рационализаторское предложение. При соавторстве удостоверение выдается каждому соавтору с указанием и других соавторов. Если предложение принято к использованию несколькими предприятиями, то удостоверение выдается каждым предприятием, принявшим предложение к использованию. При выдаче министерством удостоверения на то предложение, на которое уже рационализатор получил удостоверение от предприятия, действие этого удостоверения прекращается.

Споры об авторстве и денежном вознаграждении за рационализаторское предложение могут быть возбуждены в суде только после вынесения решения о признании предложения рационализаторским и принятии его к использованию.

Вознаграждение исчисляется и выплачивается автору (авторам) организацией, выдавшей удостоверение, за каждое использованное рационализаторское предложение в отдельности.

Размер вознаграждения за рационализаторское предложение зависит от годового экономического эффекта:

| Сумма годового экономического эффекта, руб. | Вознаграждение |
|---|---|
| До 100 | 17%, но не менее 10 р. |
| От 100 до 500 | 7% + 10 р. |
| От 500 до 1000 | 5% + 20 р. |
| От 1000 до 5000 | 3% + 40 р. |
| От 5000 до 50 000 | 2% + 90 р. |

| | |
|---|---|
| От 50 000 до 100 000 . . . . . | 1% + 590 р. |
| От 100 000 и выше . . . . . | 0,5% + 1090 р., но не выше 5000 р. |

При этом, если вознаграждение не превышает 200 р., то оно выплачивается в полном размере. Если вознаграждение превышает 200 р., то оно выплачивается в размере 25%, но не менее 200 р., а остальная часть выплачивается не позднее двухмесячного срока после окончания первого расчетного года использования рацпредложения. При этом расчет экономического эффекта, образовавшегося за первые 12 месяцев использования предложения, производится путем сопоставления уже не плановых, а фактических затрат до и после начала использования предложения.

После окончания 24 месяцев от начала использования рацпредложения, т. е. после окончания второго расчетного года, определяется фактический экономический эффект, от которого исчисляется размер вознаграждения, и в двухмесячный срок после окончания расчетного года производится доплата вознаграждения, полученная за первый год использования вознаграждения. Если рацпредложение не создает экономического эффекта, то вознаграждение определяется и выплачивается в соответствии с Инструкцией, утвержденной председателем Госкомизобретений 15 января 1974 г.

Заявление на рацпредложение должно быть оформлено автором (авторами) на бланке формы № Р-1 (см. приложение).

В заявлении, в разделе «Описание предложения», должны быть изложены цель усовершенствования конструкции изделия, технологии производства и применяемой техники или состава материала, содержание предлагаемого технического решения, включая данные, достаточные для его практического осуществления, а также сведения об экономическом или ином положительном эффекте.

Первенство рацпредложения определяется датой его поступления на предприятие, в организацию или учреждение, а по предложениям, поданным в министерство или ведомство,— датой поступления предложения в указанные органы.

Первенство признается за автором, который первым подал в установленном порядке предложение, даже в случае, если предложение было первоначально необоснованно отклонено и это отклонение не было обжаловано автором.

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБРАЗЦЫ

Промышленным образцом, на который распространяется правовая охрана, признается новое художественно-конструкторское решение изделия, определяющее его внешний вид, соответствующее требованиям технической эстетики, пригодное к осуществлению промышленным способом и дающее положительный эффект. Художественно-конструкторское решение признается новым, если совокупностью своих существенных признаков оно отличается от аналогичных решений в СССР или за границей и не раскрыто на дату приоритета заявки для неопределенного круга лиц настолько, что стало возможным его осуществление, если оно обладает художественной и информационной выразительностью, целостностью композиции, рациональностью формы и соответствует требованиям эргономики.

Под положительным эффектом понимается экономический, технический или иной общественно полезный результат, который может быть получен при использовании промышленного образца.

Действующее законодательство предусматривает две формы правовой охраны промышленного образца: свидетельство и патент. Право выбора правовой охраны на него принадлежит автору.

Размер вознаграждения (поощрительное, основное) за использование промышленного образца в СССР не может быть более 5 тыс. р. и менее 20 р. за один промышленный образец. В случае поступления валютных средств за использование промышленного образца за границей автору выплачивается независимо от выплат за него в СССР, вознаграждение в размере не более 5 тыс. руб. за один промышленный образец.

**Порядок подачи заявки на промышленный образец.** Заявка на выдачу свидетельства или патента на промышленный образец подается в Госкомизобретений, автором (соавторами), его (их) наследником (наследниками) или его (их) правоприемниками с указанием в заявке фамилии, имени и отчества автора (соавторов).

Заявка на выдачу свидетельства на промышленный образец, созданный автором (соавторами) в связи с выполнением служебного задания организации, составляется с участием автора (соавторов) и подается этой организацией в месячный срок со дня выявления им (ими) художественно-конструкторского решения изделия, соответствующего требованиям, предъявляе-

мым к промышленным образцам, или со дня внесения автором (соавторами) предложения о подаче заявки. Если заявка не подана организацией в этот срок, автор вправе подать ее самостоятельно, указав в заявке, что промышленный образец создан в связи с выполнением служебного задания и что организация не оформила заявку в установленный срок.

В таком же порядке подается заявка на выдачу свидетельства на промышленный образец, если он создан в связи с выполнением договора, заключенного автором с организацией, или с использованием денежной либо иной материальной помощи организации или в коллективе, работающем на общественных началах в организации.

В других случаях заявка на выдачу свидетельства на промышленный образец подается автором (соавторами) в Госкомизобретений либо непосредственно, либо через организацию, где работает автор (соавторы), либо через местную организацию ВОИР, которые обязаны в месячный срок со дня обращения автора оказать помощь в составлении заявки и направить ее в Госкомизобретений.

Заявитель имеет право дополнить или исправить представленные им материалы заявки в течение 2 месяцев со дня принятия заявки на выдачу свидетельства или патента на промышленный образец к рассмотрению.

Если дополнительные или исправленные материалы изменяют основные признаки заявленного художественно-конструкторского решения изделия, они должны быть оформлены заявителем в качестве самостоятельной заявки.

Документы заявки заполняются на пишущей машинке, подписи расшифровываются.

Текст документов заявки следует печатать с одной стороны белой гладкой бумаги формата 210 × 297 мм через 1,5 интервала шрифтом, у которого заглавные буквы имеют высоту не менее 4 мм, а строчные – не менее 3 мм. Все экземпляры должны быть четко отпечатаны шрифтом черного цвета, пригодным для репродуцирования.

Минимальный размер (мм) полей на листах описания должен составлять:

| | |
|---|---|
| вверх первого листа | 60 |
| верх последующих листов | 17 |
| левая сторона не менее | 20 |
| правая сторона не менее | 7 |
| низ не менее | 7 |

Каждый из документов заявки должен печататься на отдельном листе. Все листы документов заявки последовательно нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией и скрепляются таким образом, чтобы они могли при просмотре легко переворачиваться и разделяться для репродуцирования.

Текст не должен иметь исправлений, вставок, надписей или подчисток. Листы не должны иметь складок, перегибов и иных механических повреждений. Форму содержания заявления на промышленный образец см. в приложении 4 (форма № 2).

Когда открытое использование технического решения, признанного впоследствии изобретением, началось до подачи заявки на выдачу авторского свидетельства, в том числе если данное техническое решение было признано в установленном порядке рацпредложением, и при условии, что заявка подана в Госкомизобретений не позднее четырех месяцев со дня начала этого использования, исчисление пятилетнего срока для выплаты вознаграждения автора (соавторам) начинается с даты начала использования этого технического решения первым предприятием, организацией, учреждением в порядке, установленном абзацем п. 113 Положения об открытиях, изобретениях и рацпредложениях.

При этом под открытым использованием понимается использование технического решения в производственном процессе, в изготовляемой или эксплуатируемой продукции, в том числе и в опытных образцах, переданных в эксплуатацию, если сущность этого технического решения была раскрыта для неопределенного круга лиц настолько, что стало возможным его осуществление.

## *ПРИЛОЖЕНИЕ I*

**Форма № 1**

Утверждена постановлением Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий от 9 августа 1979 г. № 6(18)

В Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий

**ЗАЯВЛЕНИЕ**

Представляя нижеперечисленные документы, просим выдать авторское свидетельство на созданное в связи с выполнением служебного задания изобретение _____

(название изобретения)

нижеуказанному(ым) действительному(ым) автору (соавторам), а также свидетельство на это изобретение организации(ям)

(полное официальное наименование без сокращения)

* Изобретение создано при осуществлении экономического и научно-технического сотрудничества советской организации _____ с зарубежными организациями

(наименование организации)

(наименование зарубежной организации и страны ее местонахождения)

в рамках соглашения _____

(указывается, какое и когда заключено соглашение

и является ли изобретение совместным)

* Заполняется в соответствующих случаях.

**Автором (соавторами) изобретения является (являются):**

| Фамилия, имя, отчество | Место работы | Должность | Домашний адрес | Гражданство автора (указывается для иностранцев) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1.<br>2. | | | | |

Мы утверждаем, что в заявлении указаны все действующие авторы данного изобретения и что в связи с этим после принятия заявки к рассмотрению никакие другие лица не будут включаться в состав авторов. При этом нам известно, что соавторами изобре-

тения могут быть только лица, внесшие творческий вклад в создание изобретения, и что включение в соавторы лиц, не принимавших участия в творческой работе по созданию изобретения, влечет за собой ответственность в порядке, определяемом законодательством союзных республик.

Патентование изобретения за рубежом считаем целесообразным, нецелесообразным (соответствующее подчеркнуть).

Всю переписку по данной заявке вести по адресу:
с уполномоченным на это _____
(указывается фамилия и должность лица,

_____
уполномоченного на ведение переписки)

**Приложение**

1. Описание изобретения с формулой изобретения на ... листах в трех экземплярах.

2. Графические материалы (чертежи, схемы, графики и т. п.) в количестве ... фигур на ... листах в трех экземплярах.

3. Аннотация описания изобретения на ... листах в трех экземплярах.

4. Заключение о новизне технического решения (включая сведения о проведенных патентных исследованиях) с указанием возможных областей его применения в народном хозяйстве и ожидаемого технико-экономического или иного эффекта, на ... листах в двух экземплярах.

5. Справка о творческом участии соавторов в создании изобретения на ... листах в двух экземплярах.

6. Документ о возможности открытой публикации сведений об изобретении на ... листах в двух экземплярах.

7. Другие материалы (заключения, акты испытаний и т. п.) на ... листах.

Руководитель (руководители)
организации(ий) _____ (фамилия, инициалы)
(подпись)

Место печати

Авторы изобретения:
_____ (фамилия, инициалы)
_____ (фамилия, инициалы)

«_____» _____ 19_____ г.

**Форма № 3**

Утверждена постановлением Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий
от 9 августа 1979 г. № 6(18)

В Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий

## ЗАЯВЛЕНИЕ

Представляя нижеперечисленные документы, прошу (просим) выдать мне (нам) _____
(наименование охранного документа)
на изобретение _____
_____
_____
(наименование изобретения)

**Автором (соавторамв) изобретения является (являются)**

| Фамилия, имя отчество автора (авторов) | Место работы | Должность | Домашний адрес |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1.<br>2.<br>3.<br>и т. д. | | | |

Изобретение разработано (нужное подчеркнуть) не в связи с выполнением служебного задания, в связи с выполнением служебного задания, однако предприятие, организация, учреждение не оформили заявку в установленный срок. Я (мы) _____
(фамилия, инициалы)
утверждаю(ем), что в заявлении указаны все действительные авторы данного изобретения и что в связи с этим после принятия настоящей заявки к рассмотрению никакие другие лица не будут включаться в состав авторов.

При этом нам известно, что авторами изобретения могут быть только лица, внесшие творческий вклад в создание изобретения, и что включение в соавторы лиц, не принимавших участие в творческой работе по созданию изобретения, влечет за собой ответственность в порядке, определяемом законодательством союзных республик.

Секретную переписку следует вести через _____
(наименование и адрес организации)

Обычную переписку по данной заявке следует вести с автором

или с организацией _____
по адресу: _____

**Приложение**

1. Описание изобретения с формулой изобретения на ... листах в трех экземплярах.
2. Графические материалы (чертежи, схемы, графики и т. п.) в количестве ... фигур на ... листах в трех экземплярах.
3. Аннотация описания изобретения на ... листах в трех экземплярах.
4. Справка о творческом участии соавторов в создании изобретения на ... листах в двух экземплярах.
5. Заключение о новизне технического решения (включая сведения о проведенных патентных исследованиях) с указанием возможных областей его применения в народном хозяйстве на ... листах в двух экземплярах (при испрашивании авторского свидетельства).
6. Другие материалы (заключения, акты испытаний и т. п.) на ... листах.
7. Квитанция Госбанка СССР об уплате заявочной пошлины (представляется в одном экземпляре при испрашивании патента).

Авторы изобретения

_____ (фамилия, инициалы)
(подпись)
_____ (фамилия, инициалы)
(подпись)
_____ (фамилия, инициалы)
(подпись)

«_____» _____ 19_____ г.

**Типовая межведомственная**
**Форма № Р-1**

Утверждена приказом ЦСУ СССР
№ 681 от 18 августа 1976 г.

Руководителю _____
(наименование предприятия, организации, учреждения)

_____
Зарегистрировано
за № _____
«___» _____ 198 г.

| Фамилия, имя, отчество автора (соавтора) | Место работы или место жительства | Должность | Образование | Партийность | Год рождения |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |

**ЗАЯВЛЕНИЕ**
на рационализаторское предложение

Прошу (просим) рассмотреть предложение под наименованием:

_____

_____

(краткое наименование рационализаторского предложения)

_____

(признать его рационализаторским и принять к использованию)

Описание предложения

(писать разборчиво, без исправлений)

Предлагаю(ем) изменить конструкцию изделия, технологию производства или применяемой техники, изменение состава материала путем:

_____

(ненужное зачеркнуть)

_____

_____

Дополнительные сведения о предложении _____

_____

(указать, куда и когда ранее подавалось автором (соавторами) такое предложение, и решение принятое по нему)

Я (мы) утверждаю(ем), что действительно являюсь(емся) автором (соавторами) данного предложения.

Мне (нам) известно, что в случае признания предложения секретным я (мы) обязуюсь(емся) соблюдать правила секретности, в том числе Положением об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях.

Прилагаются: а) графические материалы (эскизы, чертежи, схемы, графики и т. п.) на ... листах;

б) технико-экономические расчеты, обоснования и т. п. на ... листах;

в) прочие материалы на ... листах.

Всего на ... листах

«_____» _____ 198___ г.

Автор (соавторы) _____

(подпись)

Заключения по предложению

А (а) производственного подразделения (цеха, стройучастка и т. п.)

_____

_____

_____

«___» _____ 198___ г. Должность _____ (подпись)

б) других подразделений (отдела главного механика, конструкторского бюро и т. п.) _____

_____

_____

«___» _____ 198___ г. Должность _____ (подпись)

**Принятое решение по предложению**

«_____» _____ 198___ г. Руководитель предприятия, организации, учреждения

(подпись)

Изменение нормативной и технической документации

| Наименование документа | № извещения | Дата изменения | Должность и наименование отдела | Подпись |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |

Удостоверение на рационализаторское предложение получил(и) «_____» _____ 198___ г. Автор (соавторы) _____

(подписи)

**Форма № 2**

Утверждена постановлением Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий от 24 января 1985 г. № 1 (1)
Согласована с Министерством легкой промышленности СССР

В Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий, ВНИИГПЭ
(121858, Москва, Бережковская наб., д. 24)

**ЗАЯВЛЕНИЕ**

Предоставляя нижеперечисленные документы, прошу (просим) выдать мне (нам) _____

(наименование охранного документа)

на промышленный образец _____

(название промышленного образца)

Автором (соавторами) промышленного образца является(ются): [1]

[1] Если соавторов много, то все данные о каждом соавторе указываются на отдельном листе, прилагаемом к заявлению.

| № по пор. | Фамилия, имя, отчество соавтора | Домашний адрес |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| и т. д. | | |

Промышленный образец создан не в связи с выполнением служебного задания; в связи с выполнением служебного задания, однако организация не оформила заявку в установленный срок (соответствующее подчеркнуть).

Я (мы) _____ утверждаю(ем), что в заявлении
(фамилия, инициалы)
указаны все действительные авторы данного промышленного образца и что в связи с этим, после принятия настоящей заявки к рассмотрению никакие другие лица не будут включаться в состав соавторов.

При этом мне (нам) известно, что автором (соавторами) промышленного образца могут быть только лица, внесшие творческий вклад в его создание.

Данные о конкретном творческом участии и доле участия в процентах каждого из соавторов в создании промышленного образца [2].

[2] Данные о творческом участии и доле участия в процентах могут быть указаны на отдельном листе, прилагаемом к заявлению.

| № по пор. | Фамилия, имя, отчество автора (соавтора) | Данные о конкретном творческом участии в создании промышленного образца | Доля творческого участия, % |
|---|---|---|---|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| и т. д. | | | |

Я (мы) утверждаю(ем), что до подачи настоящей заявки промышленный образец не демонстрировался (демонстрировался), не публиковался (публиковался), не применялся (применялся) открыто на территории СССР и за границей, не получил (получил) охрану по авторскому праву (соответствующее подчеркнуть)

(указывается дата – число, месяц, год – помещения экспоната на выставке; библиографические данные о публикации – когда подписано к печати; наименование издания; сведения об открытом применении: когда – число, месяц, год – начато открытое применение; сведения об охране по нормам авторского права как изделия декоративно-прикладного искусства)

Патентование промышленного образца за рубежом считаю(ем) целесообразным (нецелесообразным) в связи с _____

(соответствующее подчеркнуть)

Всю переписку по данной заявке следует вести с автором

(почтовый индекс, адрес, инициалы автора, ведущего переписку по данной заявке)

или с организацией

(почтовый индекс, адрес, краткое наименование организации; должность, фамилия, инициалы лица, ведущего переписку по данной заявке)

Приложение:

1. Комплект фотографий на _____ листах
2. Описание промышленного образца на _____ листах в двух экземплярах.
3. Чертежи, схемы, лекала конструкции на _____ листах.
4. Квитанция Госбанка СССР об уплате патентной пошлины (представляется при испрашивании патента).
5. Справка о патентно-информационном исследовании (при подаче заявки через организацию в порядке, предусмотренном п. 8.06 настоящих Указаний).
6. Другие материалы и документы, например ходатайство об отсрочке публикации, справка о помещении экспоната на выставку; раппорт рисунка изделия и др. на _____ листах.

Авторы (соавторы)
промышленного образца _____
(подпись) (фамилия, инициалы)

«_____» _____ 198___ г. _____
(подпись) (фамилия, инициалы)

# ПРИЛОЖЕНИЕ II

Настройка гитар токарно-затыловочного станка 1Е811

**Цепь затылования.** Формулы настройки гитары затылования: при включенной муфте $ЗМ_3$

$$u_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{c} = \frac{z}{16};$$

при выключенной муфте $ЗМ_3$

$$u_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{c} = \frac{z}{4}.$$

**Условия сцепляемости зубчатых колес гитары** затылования:

$$150 \geqslant a + b \geqslant 90; \quad 150 \geqslant b + c \geqslant 90;$$

$$256 \geqslant a + 2b + c \geqslant 200.$$

При затыловании леворежущих фрез в набор сменных колес гитары вводится промежуточное колесо $m$.

**Цепь дифференциального движения.** Формула настройки гитары дифференциальной цепи

$$u_\varphi = \frac{u}{h} \cdot \frac{j}{k} = \frac{225 \cdot z}{2Tu_п \cdot u_x},$$

где $T$ – шаг спиральной стружечной канавки; $u_п$ – передаточное отношение перебора.

При условии, что муфта $ЗМ_4$ разомкнута и зубчатое колесо $z = 29$ введено в зацепление с колесом $z = 58$, $u_{п_2} = \frac{29}{58} \cdot \frac{29}{58} = \frac{1}{4}$. Тогда при $u_x = \frac{z}{4}$ $u_\varphi = \frac{1800}{T}$, при $u_x = \frac{z}{46}$ $u_\varphi = \frac{7200}{T}$

При замкнутой муфте $ЗМ_4$ $u_п = 1$ и, следовательно, при $u_x = \frac{z}{4}$ $u_\varphi = \frac{450}{T}$, при $u_x = \frac{z}{16}$ $u_\varphi = \frac{1800}{T}$.

В случаях обработки фрез с правой стружечной спиральной канавкой в гитару устанавливается паразитное колесо $l$.

Условия сцепляемости зубчатых колес гитары дифференциала:

$u \leqslant 62$; $k \leqslant 63$; $142 \geqslant u + h \geqslant 64$; $u + h \geqslant j + 22$; $92 \geqslant u + l \geqslant 66$; $j + k \geqslant h + 2$; $h + l \geqslant 48$; $u + h + j + k \geqslant 122$.

**Цепь винторезного движения** согласует вращение шпинделя станка с вращением ходового винта. Движение на ходовой винт передается через реверсивный механизм двухпарную гитару и зубчатую муфту $ЗМ_2$. На реверсивный механизм движение от шпинделя передается напрямую (цепь $а$, $u = 1:1$) или через звено увеличения шага (цепь $б$, $u = 4:1$, цепь $в$, $u = 16:1$) переключением рукоятки.

Формулы настройки винторезной гитары:
без звена увеличения шага

$$u_y = \frac{d}{e} \cdot \frac{f}{g} = \frac{t_н}{12};$$

со звеном увеличения шага по цепи *б*

$$u_y = \frac{d}{e} \cdot \frac{f}{g} = \frac{t_н}{12 \cdot 4};$$

со звеном увеличения шага по цепи *в*

$$u_y = \frac{d}{e} \cdot \frac{f}{g} = \frac{t_н}{12 \cdot 16},$$

где $t_н$ – шаг нарезаемой (затылуемой) резьбы. Для резьбы дюймовой $t_н = t''_н \cdot 25{,}4$ мм и модульной $t_н = \pi m$ мм.

Условие сцепляемости зубчатых колес гитары:

$d \leqslant 86$; $d + e \geqslant f + 27$; $f + g \geqslant e + 22$; $155 \geqslant d + e \geqslant 87$; $d + e + f + g \geqslant 280$.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. **Аршинов В. А., Алексеев Г. А.** Резание металлов и режущий инструмент. М.; Машиностроение, 1975. 325 с.

2. **Бердичевский Е. Г.** Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки материалов/Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 294 с.

3. **Веревна Л. И.** Наладка и эксплуатация гидрокопировальных полуавтоматов. М.: Машиностроение, 1980. 187 с.

4. **Веревна Л. И., Усов Б. А.** Конструкция и наладка токарно-затыловочных станков. М.: Высшая школа, 1980. 216 с.

5. **Данилов Б. Ф.** Алмазы и люди. М.: Московский рабочий, 1982. 132 с.

6. **Денежный П. М., Стискин Г. М., Тхор И. Е.** Токарное дело. М.: Высшая школа, 1976. 281 с.

7. **Дибнер Л. Г.** Справочник молодого заточника металлорежущего инструмента. М.: Высшая школа, 1984, 160 с.

8. **Дьячков В. Б., Кобатов Н. Ф., Насинов М. У.** Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения/Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 341 с.

9. **Захарченко И. П.** Эффективность обработки инструмента сверхтвердыми материалами. М.: Машиностроение, 1982. 220 с.

10. **Камышный Н. И., Стародубов В. С.** Конструкция и наладка токарных автоматов и полуавтоматов. М.: Высшая школа, 1983. 269 с.

11. **Кацук В. А., Мелехин Д. А., Батмин Б. П.** Справочник заточника. М.: Машиностроение, 1982. 232 с.

12. **Коваленко В. А.** Контроль деталей, обработанных на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1983. 167 с.

13. **Кузнецов Ю. И., Маслов А. Ф., Байков А. Н.** Оснастка для станков с ЧПУ/Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 334 с.

14. **Кузнецов Ю. И.** Переналаживаемые приспособления к металлорежущим станкам. М.: Высшая школа, 1977. 261 с.

15. **Масловский В. В.** Технология обработки на доводочно-притирочных станках. М.: Высшая школа, 1979. 253 с.

16. **Металлорежущие** станки/Под ред. А. С. Проникова. М.: Машиностроение, 1981. 327 с.

17. **Пекелис Г. Д., Гельберг Б. Т.** Технология ремонта металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1984. 194 с.

18. **Режимы** резания труднообрабатываемых материалов/Справочник. М.: Машиностроение, 1976. 176 с.

19. **Семинский В. К., Вирченко П. Т., Платонов С. А.** Приспособления и инструменты для токарных работ. Киев: Техника, 1977. 156 с.

20. **Семинский В. К.** Пособие по повышению квалификации токарей. Киев: Техника, 1981. 186 с.

21. **Слепавин В. А.** Руководство для обучения токарей по металлу. М.: Высшая школа, 1983. 342 с.

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ


**Б**

**Базирование заготовки** по искусственным технологическим базам 401
– по конструкторской базе 400
– по необрабатываемой поверхности 400
– по правилу шести точек 400
**Базы** измерительные 399
– конструкторские 399
– технологические 399
– установочные 7, 8, 399
Бочкообразность 9

**В**

**Валки прокатных станов** – Предельные габаритные размеры 419
– Типовой маршрут обработки 420, 421
– Точность и шероховатость поверхности 420, 421
**Валы тяжелые** – Обработка механическая – см. под названиями операций, например, *Разметка* – Припуски на диаметр 409, 410 – Разновидности 408
– гидротурбин – Особенности обработки 415–418
– коленчатые крупные – Закрепление вала в кулачках при чистовом обтачивании 433 – Обработка шатунных шеек 430–433 – Ремонт 434 – Способы получения заготовок 427 – Типовой технологический маршрут обработки 430, 431
– паровых и газовых турбин – Заготовки для них 425, 426 – Квалитеты точности рабочих поверхностей
425 – Технологический маршрут обработки 427–429 – Условия работы 425
**Вибронакатывание винтовых поверхностей** – Деформирующие элементы 458, 459
– Схема 456, 457
– Устройство для вибронакатывания 457, 458
**Время машинное** 500
**Вставки** из композита 01 для комплектации различных типов резцов – Размеры 105
– цилиндрические с режущим элементом из композита 01 – Размеры 104
**Выглаживание алмазное** – Державки 22
– Назначение 22
– Режимы 22, 23
– Шероховатость и микротвердость 23

**Г**

**Гидросуппорт токарного станка** – Особенности конструкции 393, 394
**Гидроусилитель** 297
**Головка расточная быстросъемная** «Надежда» – Конструктивные особенности 81 – Установка резца на размер 81
– «Россия» – Конструктивные особенности 79, 80
– «Советская» – Конструктивные особенности 79, 80
**Головки многорезцовые** вращающиеся – Схемы обтачивания ими 354, 355
– невращающиеся – Схемы обтачивания ими 354, 355

**Головки резьбонакатные** для конических резьб 455, 456
– для цилиндрических резьб 454, 456
**Головки резьбонарезные** – Конструктивные разновидности 324, 325 – Преимущества 323
– невращающиеся винторезные – Особенности конструкции 324
– невращающиеся для нарезания внутренних резьб – Особенности конструкции 326
**Гребенки** 325
**Группы обрабатываемого материала** 180–183

Д

**Движение** подачи 46
– главное 45
– результирующее 47
**Державки расточные** с МРП – Классификация 68, 69
– Система обозначений 68, 69
**Доводка** – Назначение 472 – Припуск 472 – Притиры 472 – Сущность процесса 472
– механическая микропорошками – Сущность процесса 472, 473
– химико-механическая пастами – Сущность процесса 473
**Допуски на диаметр** под шлифование отверстий 13, 15
– при чистовом растачивании отверстий 13, 15
**Допуски промежуточные на обработку наружных цилиндрических поверхностей при черновом и чистовом точении** 13, 14

Ж

**Жидкости** смазочно-охлаждающие – Марки и их характеристики 250–253 – Свойства 249 – Типы 249
– подлежащие замене 257–259
– рекомендуемые вместо заменяемых СОТС 257–259

З

**Зажимы цанговые** – Назначение 301
**Закрепление заготовки** – Выбор схемы 329
**Заточка резцов** – Отклонения углов 118, 119
– Схема контроля углов 118, 119
**Затылование фрез** дисковых – Порядок наладки станка 281, 282
– резьбовых – Классы точности фрез 288
– червячных модульных – Типы 283–285 – Установка заготовки 284, 286
***Затылование шлифованием*** – Варианты 286
– Суппорты станков 284
**Зенкеры** – Величина стачивания за одну переточку 139
– Геометрические параметры 134, 136
– Допуск биения и обратная конусность 135
– Допустимый износ 139
– Конструктивные элементы 134
– Марки материалов режущей части 219
– Назначение 134
– Схемы контроля параметров 134
– Схемы резания ими 135
– Типы 138
**Зенковки** – Назначение 134

И

***Изобретения*** 529
**Инструмент режущий** – Величина стачивания за одну переточку 114
– Геометрические параметры 49, 50
– Допустимый износ 114
– Изнашивание 111–113

– Классификация 44
– Координатные плоскости 48, 49
– Материалы – см. под их названиями, например, *Стали инструментальные углеродистые*
– Понятия и определения углов 54–56
– Системы координат 50, 52
– Составные части 44
– Схемы переточки 113
**Шероховатость поверхностей** 112, 114
**Испытания станков** на виброустойчивость 526
– на холостом ходу 511
– под нагрузкой 513
**Источники питания для установок ПМО** 464

**К**

**Калибры** – Допуски 481 – Назначение 480, 481 – Типы 480, 481
– гладкие из пластифицированного твердого сплава – Износостойкость 481
**Калибры-кольца немагнитные** гладкие – Особенности изготовления и конструкции 484, 485
– резьбовые – Особенности изготовления и конструкции 485, 486
**Калибры-кольца резьбовые из твердого сплава** – Изготовление 483.
**Калибры-пробки** гладкие – Особенности конструкции и изготовления 484
– из твердого сплава – Технология изготовления 482, 483
– немагнитные резьбовые – Особенности конструкции и изготовления 485
**Калибры резьбовые** конусные – Доводка 486, 487
– цилиндрические 486, 487
**Канавки стружкозавивающие** 111
**Карта** маршрутная – Назначение 490
– наладки 491
– операционная 490
– технико-нормировочная – Назначение 491
**Карта технологического процесса** – Назначение 490
– типового 490
**Кассета для затачивания резьбовых пластин** 154
**Конусообразность** 9
**Конусы инструментальные Морзе** внутренние токарных станков и переходных втулок – Размеры 303
– наружные с лапкой – Размеры 303
– наружные с резьбовым отверстием – Размеры 304
– укороченные – Обозначения 302 – Размеры 302
**Конусы с нормальной конусностью** – Углы 304
**Корпусы универсальные для съемных вращающихся центров** 346
**Коэффициент поправочный в зависимости от отношения длины вылета к высоте державки резца при растачивании** 179, 185
**Коэффициент поправочный на скорость резания в зависимости** от вида обработки и отношения меньшего диаметра к большему 202
– от диаметра растачиваемого отверстия 202
– от марки инструментального материала 244
– от марки режущей части сверла 215
– от принятой стойкости инструмента 245
– от состояния обрабатываемой поверхности 201
– от стойкости режущего инструмента 201
– от угла в плане для всех групп обрабатываемых материалов 201
**Коэффициент поправочный на скорость резания** при зенкеровании 219
– при поперечном точении 245
– при растачивании 245
– при сверлении 214, 215
– при точении (растачивании) в зависимости от группы обрабатываемого материала 199, 200

**Кромка режущая** – Влияние ее геометрических параметров на стружколомание 106
– вспомогательная 45
– главная 45
**Кулачки к самоцентрирующим токарным патронам** – Приспособление для их расточки 337 – Формы поверхностей сопряжения кулачков 334 – Хомуты для их расточки 336, 337
– сменные накладные 334
– универсальные – Фиксация накладок 335
– универсальные сборные высокой точности – Назначение 335 – Особенности конструкции 335, 336

Л

**Люнет** – виброгаситель – Назначение 355 – Особенности конструкции 355, 356
– для отрезки тонких прутковых заготовок – Особенности конструкции 352, 353
– неподвижный универсальный – Особенности конструкции 351, 352

М

***Маршруты токарной обработки вала с $L = 300-1200$ мм и $D = 90$ мм*** 404
**Материалы абразивно-полирующие** мягкие – Марки 475
– твердые – Марки 476
**Материалы** абразивные – Марки и область применения 42–44
– минералокерамические – Достоинства инструмента из них 35 – Область применения инструмента из них 35 – Основа 35 – Повышение их физико-механических свойств 35, 40, 41
– обрабатываемые – Классификация 179, 183
– сверхтвердые – Группы 41, 42 – Достоинства инструмента у них 41 – Физико-механические свойства 42
**Материалы смазочные** пластичные – Марки и их характеристики 253–256 – Основные свойства 249
– твердые – Используемые материалы 248 – Марки и их характеристики 250
**Метод** двух подач при подаче верхних салазок от токаря и на токаря – Схема обработки 368
– совмещения продольной и поперечной подач при движении – Схема обработки 372
**Методы пластического деформирования, повышающие качество поверхности** – см. под их названиями, например, *Обкатывание*
**Метчики** – Геометрические параметры 157 – Допустимый износ по задней поверхности 223 – Конструктивные элементы 157 – Назначение 157 – Рабочая часть 157, 158 – Стойкость 223 – Стружечные канавки 159
– бесстружечные 163–165
**Метчики для обработки** глухих отверстий – Конструкции 165, 168 – Схема вырезания ниток 168
– сквозных отверстий – Особенности конструкции 165, 168
– труднообрабатываемых сталей – Размеры 167
**Метчики** из быстрорежущей стали – Значения переднего угла 159, 160 – Технические требования 169
– комплектные 160
– корригированные – Назначение 160
**Метчики машинно-ручные для нарезания резьбы в заготовках из мягких и вязких сталей** – Размеры 168, 169
**Метчики машинно-ручные твердосплавные** – Величина спада затылка по ширине зуба 170, 174 – Величина стачивания за одну переточку 175 – Диаметр отверстия под нарезание резьбы 170, 175
– Допустимый износ 175 – Конструктивные особенности 170
– сборные – Размеры 173, 174
– цельные – Размеры 170, 172

**Метчики** с винтовыми прямыми канавками – Назначение 163 – Размеры 166
– с прямыми канавками со шлифованным профилем резьбы – Назначение 160 – Размеры 162, 163
– с укороченными канавками – Размеры канавок 163

**Н**

**Накатывание резьбы** – Способы 453–455
**Наклепывание шариками** – Режимы центробежно-ударной обработки поверхностей 20, 21
**Нарезание резьбы** – Настройка главного движения 437 – Настройка привода движения подач 437 – Подбор сменных колес 438
– двусторонней – Преимущества 448 – Характерные особенности приспособления для нарезания 447–449
– конической – Практические примеры 452, 453 – Расчет размеров конусов 450, 451
– метрической – Схемы нарезания 439–441
– многозаходной – Способы 444, 446
– прямоугольной – Особенности 441
– резцовой головкой – Способы 446, 447
– трапецеидальной – Особенности 441 – Способы 443, 444
**Нормы времени** на механическую обработку – Состав 494, 495 – Расчет 494, 496, 497
– технически обоснованные в мелкосерийном и единичном производстве – Расчет 499

**О**

**Обкатывание** – Изменение диаметра обрабатываемой поверхности 18
– Однороликовые приспособления 17
– Однороликовые раскатки 17
– Параметры режимов 18, 19, 20
– Силы обкатывания 18–20
– Факторы, определяющие результаты обкатки 19, 20
**Обработка** конических поверхностей – Определение параметров 367 – Пример настройки станка 1М63 369 – Расчет диаметра барабана 379, 380 – Схема 379
– плазменно-механическая – Классификация 460, 461 – Назначение 460 – Преимущества 460 – Схемы ПМО 461 – Требования к инструменту 465 – Требования к оборудованию 462, 463
**Обработка токарная** – Пути повышения производительности 396
– Способы сокращения $T_м$ 396, 397
**Образцы промышленные** 535–537
**Овальность** 9
**Огранка** 9
**Операция** – Понятие 489
**Оправки для обработки** втулок – Особенности конструкции 363
– заготовок без остановки станка 362
**Оправки ступенчатые для обработки колец и втулок** – Особенности конструкции 363
**Оправки разжимные** – Назначение 364 – Особенности конструкции 364 – Технические характеристики 364
– с разрезной втулкой 365
**Оправки специальные** – Назначение 366
– с разжимными кольцами для закрепления втулок – Особенности конструкции 365
– технологические – Назначение 361 – Особенности конструкции 361
– четырехпозиционные накатные 367
**Осмотры** неплановые – Назначение 508
– плановые – Назначение 509
**Открытия** 528, 529

## П

**Пасты алмазные** – Выбор зернистости 476, 477
– Характеристика 476, 477
**Патроны для жесткого крепления метчиков** – Разновидности 317, 318
– предохранительные 318
– предохранительные пружинно-кулачковые 319, 320
– предохранительные фрикционные 319
– самоцентрирующие 320
**Патроны для крепления разверток** – Назначение 315, 316 – Типы 316
– качающиеся 316, 317
– плавающие 316, 317
**Патроны** для обточки и расточки эксцентриков 357, 358
– разжимные 366
**Патроны сверлильные** – Их универсальность 308, 309
– быстросъемные 314, 315
– «Восход» 312, 313
– «Мечта» 313, 314
**Патроны сверлильные трехкулачковые** – Особенности конструкции 309) – Схема 309
– бесключевые 310, 311
– самоцентрирующие сверлильно-фрезерные 311
**Патроны токарного общего назначения** комбинированные 331 – 333
– самозажимные 335
**Патроны токарного общего назначения самоцентрирующие** – Классы точности 330
– двухкулачковые переналаживаемые 331, 332
– клиновые быстропереналаживаемые 330, 331
– спирально-реечные 330
**Патроны токарные поводковые** 337 – 340
**Патроны цанговые** сверлильные 308
– с несмещающейся цангой 305 – 307
**Переход** – Понятие 489
**Плазмотрон** – Особенности работы 462, 463
– Схема 461, 462
– Технические характеристики 464
**Планшайбы** для обработки корпусов и рычагов – Точность обработки 360
– со штырями 361
– технологические с резьбовыми отверстиями и прихватами 359, 360
– унифицированные 361, 362
**Пластины многогранные режущие** – Классификация 62, 64, 65
– Система обозначений 62, 64, 65
– Форма 64, 65
**Плашки** – Диаметры обтачиваемых стержней под нарезание резьбы 176, 177 – Допустимый износ 176, 177
– Конструктивные элементы 176
**Плашкодержатель с автоматическим выключением подачи** 321, 322
**Плоскости координатные** – Основные понятия 52, 53
**Поверхность** задняя вспомогательная 45
– задняя главная 45
– обрабатываемая 46
– обработанная 46
– передняя 106, 107
– резания 47
**Погрешности установки заготовок в** трехкулачковом патроне без выверки 6, 9
– на оправках без выверки при ручном закреплении 6, 8
– на станках – Зависимость от соотношения $L/D$ 6
**Погрешности установки резца** – Методы установки 10

**Погрешности формы деталей** – Виды – см. под их названиями, например, *Конусообразность*
– зависящие от точности токарных станков 6, 7
**Подача при точении в зависимости** от параметра шероховатости 186
– от сечения державки и диаметра обрабатываемой поверхности 183–185
**Порожки стружколомающие** – Размеры 111
**Предложения рационализаторские** 531
**Приемка отремонтированных станков** 511
**Припуски для снятия цементованного слоя с поверхностей, не подлежащих закалке** 13
**Припуски на диаметр** под шлифование отверстий 13, 15
– при чистовом растачивании 13, 15
**Припуски** на тонкое (алмазное) растачивание отверстий 13, 16
– на чистовую подрезку торцов и уступов 13, 14
– промежуточные на обработку наружных цилиндрических поверхностей при черновом и чистовом точении 13, 14
**Приспособление быстропереналаживаемое** – Назначение 366
– Особенности конструкции 366, 367
**Приспособление для заточки и доводки резцов** по выпуклым и вогнутым поверхностям 115, 116
– по радиусу 115, 116
**Приспособление для нарезания резьб** переналаживаемое в упор с автоматическим отводом резца 388–390
– с плавным выводом резца 387, 388
**Приспособление для обработки** конусов с большим углом наклона – Настройка станка 375–377
– копировальное 380, 381
– фасонных поверхностей 381, 382
– эксцентриковых заготовок 356, 357
**Приспособление для проточки длинных корпусов** 376, 377
**Приспособление для расточки сфер в единичном и мелкосерийном производстве** 384, 385
– различных диаметров 385, 386
**Приспособление** для расточки сферических поверхностей 382, 383
– для сверления глухих отверстий и нарезания резьб 323
**Приспособление** копирное рычажное 377, 378
– механизированное для обточки и расточки 374, 378
**Приспособление специальное для обработки** внутренних многогранников 394, 395
– ступенчатых валов 390, 391
– переналаживаемое 358, 359
**Приспособление эксцентриковое наладочное** 357, 358
**Приспособления станочные** – Системы – см. под их названиями, например, *Система приспособлений стандартных универсальных наладочных*
**Притиры** – Виды 479 – Выбор и требования к ним 479 – Требования к материалам притиров 473 – Эксплуатация 479, 480
– из зеркального стекла 475
– из серого чугуна 474
– из цветных металлов 474
– стальные 474
**Проверка станков** на жесткость – Параметры испытаний 522–524, 525
– на геометрическую точность 514–517 – Допустимые отклонения 519 – Перечень проверок 514, 515
– на точность обработки 515, 520, 521 – Допустимые отклонения 521, 522
**Процесс производственный** – Понятие 489
– резания Элементы движений 46
– типовой технологический обработки коротких валов и валов средней длины 403, 404

Р

**Работы токарные** – Квалификационные требования к токарям 492–494
– Нормы 491
– Тарификация 491
**Развертки** – Допуски радиального биения 148 – Допустимый износ 149 – Назначение 139 – Обратная конусность 143
**Развертки твердосплавные** короткой серии диаметром 1–5,5 мм – Размеры 143, 144
– машинные – Размеры 143
– *машинные с утолщенным хвостовиком* – Размеры 143 – 145
– сборные с утонченным хвостовиком 146
– с утолщенным насадным хвостовиком – Основные размеры 146–148
– с цилиндрическим хвостовиком – Основные размеры 146, 147
**Разметка** – Назначение 411
– Порядок выполнения 411
**Раскатывание** – Изменение диаметра обрабатываемой поверхности детали 18 – Режимы 19, 21
**Режимы резания** инструментом из композита 245 – Особенности их выбора 247
– при зенкеровании 216–196
– при получистовом точении 190–196
– при развертывании 219–221
– при сверлении 202–213
– при тонком точении резцами с пластинами из твердого сплава 197, 198
– при черновом точении 190–196
– резцами с механическим креплением многогранных режущих пластин 227–244
– при черновой обработке для различных групп материалов 224–226
**Резцы** – Схемы обработки при точении 62 – Типы классификации 51 – Углы заточки 58–61
– гребенки многониточные 150, 152
– для обработки кольцевых заготовок 82
– для расточки конуса на станках 82, 83
– для тяжелых режимов резания 86–89
– из сверхтвердых материалов 99
**Резцы комбинированные** – Достоинства 93, 94 – Назначение 95, 97
– со сменными вставками 86, 90
**Резцы круглые**, работающие с продольной подачей 91, 92
– работающие с поперечной подачей 91, 93
– с винтовой образующей 91, 92
**Резцы призматические для работы с подачей** радиальной 91, 92
– тангенциальной 91, 93
**Резцы**, применяемые для ПМО – Геометрические параметры режущей кромки 466, 467 – Особенности работы 465, 467 – Режимы резания и нагрева 466, 468
– проходные с механическим креплением пластин 85, 86
**Резцы расточные** – Назначение 76
– комбинированные с МРП 77, 78
– с механическим креплением канавочной твердосплавной пластиной – Применение в станках с ЧПУ 81
– с механическим креплением трехгранной режущей пластиной 78
**Резцы резьбовые для нарезания резьбы** внутренней 155
– наружной 155
**Резцы резьбовые** однониточные – Виды 150, 152
– с цилиндрическим хвостовиком и боковым прижимом режущей пластины – Особенности работы 153, 154
**Резцы резьбонарезные** – Назначение 150 – Типы – см. под их названиями, например, *Резцы резьбовые однониточные*
**Резцы сборные из сверхтвердых материалов**
– с механическим креплением вставок из СТМ 100
– со вставками из композита 01 – Размеры 104 – Тип 102, 103

**Резцы сборные** отрезные 82, 83
– со сменными вставками 90
**Резцы с креплением** перетачиваемых твердосплавных *пластин* спиральной пружиной 83, 84
– пластин прижимной планкой 83
**Резцы с механическим креплением пластин** – Типы – см. под их названиями, например, *Резцы для обработки кольцевых заготовок*
– керамических 84, 85
– МРП 63, 66, 67, 70, 71, 75, 76
*Резцы с напайной пластиной* – Классификация по форме сечения державки 97 – Требования к опорным поверхностям 98 – Формы гнезда под пластину 97, 98
– отрезные виброгасящие 98, 99
– отрезные с впаянной виброгасящей медной пластиной 98, 99
– отрезные с усиленной опорой и двусторонней рабочей пластиной 99
Резцы со сменной рабочей головкой – Конструктивные особенности 86
– стержневые 91, 92 – Державки 443
– параметры 442 – Способы установки 442, 443
– токарные – Конструктивные параметры – см. под их названиями, например, *Поверхность передняя*
– фасонные – Назначение 28
– Схемы работы 91, 92 – Типы – см. под их названиями, например, *Резцы стержневые*
**Резьба** – Классификация по конструктивным признакам 150
– Классификация по точности 150
– Методы получения 150
– Точность 152

С

**Сверла** – Назначение 119 – Типы – см. под их названиями, например, *Сверла спиральные*
– для кольцевого сверления 127
**Сверла комбинированные** ступенчатые 129
– центровочные – Основные типы 125 – Размеры 125
**Сверла,** оснащенные трехгранной твердосплавной режущей пластиной 132, 133
– перовые 125 – 127
– ружейные 126 – 129 – Типы – см. под их названиями, например, *Сверла для кольцевого сверления*
**Сверла спиральные** – Геометрические параметры 119 – Конструктивные особенности 119 – Формы подточек перемычек 120, 121 – Схемы контроля углов 123, 124
– с коническим хвостовиком, оснащенные твердосплавной монолитной режущей частью 131
– твердосплавные четырехкромочные – Геометрические параметры 130, 131
**Сверла твердосплавные** – Геометрические параметры 131 – Допустимый износ 133 – Конструктивные элементы 131 – Типы – см. под их названиями, например, *Сверла спиральные с коническим хвостовиком, оснащенные твердосплавной монолитной режущей частью*
– шнековые 129, 130
**Себестоимость** обработки детали 497
– продукции – Расчет 501, 502
**Седлообразность** 9
**Система координат** – Основные понятия 52, 53
– кинематическая 50
– статическая 50
**Система приспособлений** неразборных специальных 328
– стандартных специализированных наладочных 328
– универсально-сборных 328
**Система приспособлений стандартных универсальных** безналадочных 327
– наладочных 327, 328

**Системы ЧПУ для токарных станков** – Типы 283
– Схемы обработки 283
**Скорость** главного движения резания 45
– движения подачи 46
**Сплавы твердые** безвольфрамовые – Область применения 34, 35 – Свойства 34, 35
– спеченные – Группы 32, 33 – Красностойкость 34 – Прочность и твердость 33 – Рекомендуемые марки для обработки 34, 36–39 – Физико-механические свойства 32–34
**Среды** охлаждающие смазочно-технологические – Виды – см. под их названиями, например, *Материалы смазочные твердые* – Назначение 248 – Проникновение в зону резания 248 – Требования к ним 248
– смазочно-охлаждающие газообразные – Назначение 249, 250 – Типы 256 – Характеристики 256, 257
**Стали инструментальные** быстрорежущие – Классификация 28 – Область применения 31 – Физико-механические свойства 28–30
– легированные 26, 27
– углеродистые 24, 25
**Стали конструкционные** 27, 31, 32
**Станки лоботокарные** – Особенности конструкции 270 – Технические характеристики 271
**Станки металлорежущие** – Классификация 260, 261
– токарные – Виды работ по техническому обслуживанию – см. под их названиями, например, *Осмотры плановые* – Допустимый износ деталей станков 504 – Единая система ППР 504, 505 – Классификация 261 – Ремонтная сложность 506, 507 – Трудоемкость 504 – Цикл ремонтный 505
**Станки с ЧПУ** – Назначение 295
– Обозначения 293, 294
**Станки с ЧПУ патронно-центровые** – Технические характеристики 295–300
– модели 1Б732ФЗ – Кинематическая схема 299, 300
– модели 16К20ФЗ – Кинематическая схема 297, 298
– модели 16К20ФЗС5 – Общая компоновка 296
**Станки токарно-затыловочные** – Рабочие движения станков 274–276 – Технические и конструктивные данные базовых моделей 276, 277 – Этапы подготовки и наладки 280
– модели 1Е811 – Кинематическая схема 277–281 – Особенности кострукции 277
**Станки токарные гидрокопировальные** – Виды 289
– Виды брака 291, 292 – Назначение 288 – Наладка 290, 291 – Технические характеристики базовых моделей 289
**Станки токарные специализированные** – Обозначение 270 – Технические характеристики 271
– вальцетокарные – Конструктивные особенности 272 – Технические характеристики 271, 272
патронно-центровые сферотокарные – Особенности конструкции станка модели МК2А62 273 – Технические характеристики 273
**Станки универсально-токарные** для мелкосерийного и единичного производства – Технические характеристики 264, 265
– модели 16К20 – Кинематическая схема 262, 263, 266, 267
– тяжелые – Особенности конструкции 263, 269 – Технические характеристики 263, 268, 269
**Стойка индикаторная** 351
**Стойкость резца** 112
**Стол поворотный** – Особенности конструкции 383
**Схема резания** генераторная 150, 153
– профильная 150, 153
– с комбинированной подачей 153

Т

**Тиски трехповоротные универсальные** – Углы установки 117
– Формулы для определения углов настройки 117
**Трудоемкость изготовления детали общая** 497

У

**Угол в плане** вспомогательной режущей кромки 50, 57
– при вершине 51
**Угол** наклона главной режущей кромки – Значения 50, 57
– подачи 47
**Угол режущего лезвия** задний 50
– передний 50
**Угол** резания 51
– скорости резания 47
**Упоры внутришпиндельные** пружинные – Назначение 348
– шариковые 347, 348
**Упоры** барабанные 349, 350
– магнитные индикаторные 350
– цанговые 349
– шпиндельные 348
**Уравнение кинематического баланса** 437
**Установка** – Понятие 489
– шатунного вала на планшайбе 405, 406
**Устройства** для фрезерования тел вращения – Назначение 395
– зажимные – Типы конструкций 302, 305
– копировальные – Назначение 382
– копировальные специальные 391–393

Ф

**Форма заявок** в Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий 538–541
– на рационализаторское предложение 542–545

Ц

**Цанги** – Конструктивные элементы 301, 305 – Материалы для изготовления 305
**Центрование** – Применяемые станки 412
– Размеры и разметки центровых отверстий 412, 413, 415
– Точность диаметров центровых отверстий 413
**Центры вращающиеся** – Назначение 343 – Особенности конструкции 343, 344
– грибковые плавающие – Назначение 344, 345
– подпружиненные задние 344
– специальные 346, 347
– шариковые упорные 346
**Центры зубчатые** вращающиеся торцовые 340
– поводковые 341–343

СЕРИЯ СПРАВОЧНИКОВ ДЛЯ РАБОЧИХ

**Дмитрий Георгиевич Белецкий, Валентин Георгиевич Моисеев, Михаил Григорьевич Шеметов, Ирина Владимировна Гайгал**

# СПРАВОЧНИК ТОКАРЯ-УНИВЕРСАЛА

Редактор *Т. Д. Онегина*

Художественный редактор *С. С. Водчиц*

Технический редактор *Т. И. Андреева*

Корректоры: *И. М. Борейша, Л. Е. Сонюшкина*

ИБ № 4786

Сдано в набор 30.01.86. Подписано в печать 29.06.87. Т-04603.
Формат 84 × 108$^{1}/_{32}$. Бумага типографская № 2. Гарнитура таймс.
Печать высокая. Усл. печ. л. 29,4. Усл. кр.-отт. 29,4. Уч.-изд. л. 29,8.
Тираж 132 000 экз. Заказ 166. Цена 1 р. 80 к.

---

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,
107076, Москва, Стромынский пер., 4.

---

Набрано в ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградском производственном объединении «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.
Отпечатано в Ленинградской типографии № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.