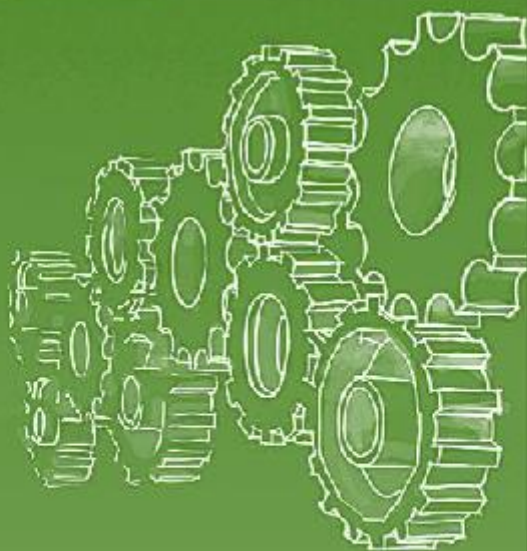


*В.А. Белевитин, Е.Н. Смирнов,
Е.П. Меркулов*

**ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН:
ДОПУСКИ, ПОСАДКИ, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА**



**В.А. Белевитин, Е.Н. Смирнов,
Е.П. Меркулов**

**ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН:
ДОПУСКИ, ПОСАДКИ,
МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА**

Учебное пособие

Челябинск
2019

УДК 621.8(021)

ББК 34.44 - 083.я73

Б 43

Белевитин, В.А. Технологии восстановления деталей машин: допуски, посадки, механическая обработка // В.А. Белевитин, Е.Н. Смирнов, Е.П. Меркулов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГГПУ, 2019. – 102 с.

ISBN 978-5-907210-42-4

Учебное пособие содержит основные термины и определения Единой системы допусков и посадок (ЕСДП), отклонений формы и расположения поверхностей заготовок, подвергаемых механической обработке. Рассмотрены прямая и обратная задача при расчёте посадок с натягом. Даны краткие сведения о металлах и сплавах, применяемые для механической обработки, оборудовании и рабочем инструменте, режимах операций резания в процессах точения, сверления, зенкерования, зенкования, развёртывания, фрезерования, хонингования, строгания, долбления, протягивания, шлифования и суперфинишной обработки.

Пособие рекомендуется для студентов, специализирующихся по направлению «Профессиональное обучение», профиль «Транспорт».

Рецензенты: Г.А. Орлов, д-р технич. наук, профессор
И.А. Полунин, канд. техн. наук, доцент

ISBN 978-5-907210-42-4

© В.А. Белевитин, Е.Н. Смирнов,
Е.П. Меркулов, 2019
© Издательство Южно-Уральского
государственного гуманитарно-
педагогического университета, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ.....	5
1.1. Понятие о Единой системе допусков и посадок (ЕСДП). Основные термины и определения.....	6
1.2. Посадки гладких соединений. Система вала и отверстия. Расчёт граничных зазоров и натягов в посадках.....	11
1.3. Посадки подшипников качения, их характеристика по точности. Виды и режимы нагружения.....	15
1.4. Шероховатость посадочных поверхностей. Типы и посадки шпоночных и шлицевых соединений.....	19
1.5. Отклонения формы и расположения поверхностей.....	24
1.6. Расчёт посадок с натягом. Прямая и обратная задача при расчёте посадок.....	31
Контрольные вопросы.....	35
Глава 2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА.....	37
2.1. Механическая обработка. Термическая обработка. Основные понятия. Режимы резания.....	37
2.2. Металлы и сплавы, применяемые для механической обработки.....	40
2.3. Точение. Оборудование и инструмент. Режимы резания.....	48
2.4. Режимы операций сверления, зенкерования, зенкования развёртывания. Оборудование и инструмент.....	57
2.5. Фрезерование. Хонингование. Оборудование и рабочий инструмент. Режимы резания.....	67
2.6. Стругание, долбление и протягивание. Оборудование и инструмент. Режимы резания.....	75
2.7. Шлифование плоское и круглое. Оборудование и инструмент. Режимы резания.....	85
Контрольные вопросы.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	95
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	96

ВВЕДЕНИЕ

В ремонтной практике применяются следующие основные способы восстановления изношенных деталей: механическая и слесарная обработка, сварка, наплавка, металлизация, хромирование, никелирование, осталивание, склеивание, упрочнение поверхности деталей и восстановление их формы под давлением. При ремонте разрушенных и поврежденных износом деталей машин с целью восстановления их размеров, повышения их износо- и коррозионной стойкости применяют наплавку более стойких металлов и сплавов. Как правило, после восстановления детали одним из способов ее подвергают механической или слесарной обработке, что необходимо для восстановления посадок сопряженных деталей, устранения овальности или конусности их поверхностей, обеспечения требуемой чистоты обработки. Поэтому для гарантированного обеспечения качества ремонтных операций, от квалифицированного исполнения которых зависит надёжность эксплуатации автотранспортных средств, а, следовательно, и уровень безопасности дорожного движения, важны знания, умения и навыки компетентного выполнения технологических требований и особенностей диагностики поврежденных износом деталей узлов и агрегатов машин, их контрольных измерений и соблюдения, на этой основе, регламентируемых норм по допускам геометрических отклонений, показателей качества, шероховатости и эксплуатационные свойства подвергнутых механической обработке восстановленных деталей одним из вышеобозначенных способов.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальностям, связанным с эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом автомобильного транспорта, и построено в полном соответствии с рабочей программой, нацелено на формирование у студентов основных понятий по обоснованному и осознанному подходу к выбору оптимальных режимов восстановления деталей автотранспортных средств.

Глава 1. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

1.1. Понятие о Единой системе допусков и посадок (ЕСДП). Основные термины и определения

Точность – это степень приближения фактического размера к размеру, указанному на чертеже детали. Чем ближе эти размеры, тем выше достигнутая точность.

Взаимозаменяемость – свойство независимо изготовленных с заданной точностью изделий обеспечивать возможность беспригонной сборки (или замены при ремонте, восстановлении) сопрягаемых деталей в сборочную единицу при соблюдении предъявляемых к ним технических требований. *Неполная или частичная взаимозаменяемость* определяется подбором или дополнительной обработкой деталей при сборке (или, когда требуемые эксплуатационные свойства, в частности точность, присущи только заранее обусловленной части изделий).

В процессе изготовления изделия механообработкой необходимо контролировать точность размеров, качество поверхностей, надлежащую форму и правильное взаимное положение отдельных поверхностей обрабатываемой детали согласно представленному чертежу этой детали.

Поверхность деталей может быть простой (цилиндрической, конической, плоской) или сложной (шлицевой, винтовой). Поверхности деталей можно также разделить на две группы: 1 – сопрягаемые поверхности (элементы) деталей – поверхности соприкосновения и взаимодействия двух или нескольких деталей в соединении; 2 – несопрягаемые (свободные) поверхности (элементы) деталей – поверхности, которые с поверхностями других деталей не взаимодействуют. Количество сопрягаемых поверхностей определяет степень подвижности или плотности сборки деталей, а свободных поверхностей – степень простоты изготовления деталей. Сопрягаемые поверхности деталей, в свою очередь, делятся на *охватывающие* и *охватываемые поверхности* (рис. 1.1). Охватывающие поверхности условно называют «отверстием», а охватываемые – «валом». Названия «отверстие» и «вал» характерны как для цилиндрических, так и условно нецилиндрических поверхностей (например, поверхностей с параллельными плоскостями). Рассматриваемые поверхности характери-

зуются размерами, которые количественно оценивают геометрические параметры деталей. Различают, по аналогии с названиями поверхностей, размеры сопрягаемых поверхностей (размеры отверстий и валов) и размеры свободных поверхностей (условно называемых остальными или свободными размерами). Различают также номинальные, действительные и предельные (наибольший и наименьший) размеры. Размеры, проставляемые на чертеже детали и рассчитываемые с учётом её назначения и требуемой точности, являются основными: они называются номинальными размерами и обозначаются буквой D (рис. 1.2).

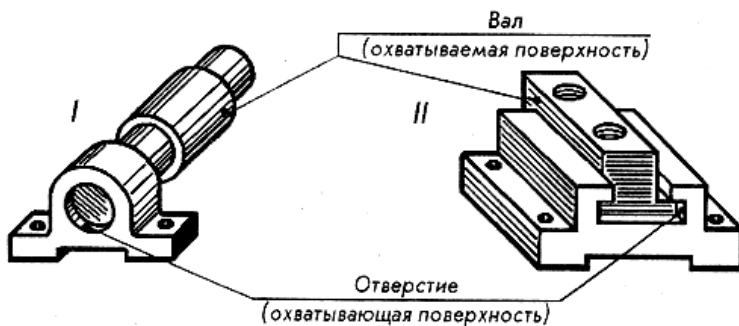


Рис. 1.1 Охватывающие и охватываемые поверхности деталей

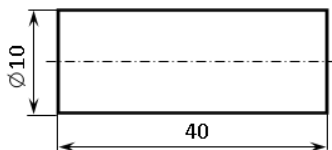


Рис. 1.2 Эскиз детали «вал» с номинальными размерами

Номинальные размеры деталей и соединений выбирают не произвольно, а соответственно ГОСТ 6636-69 (СТ СЭВ 514-77) («Нормальные линейные размеры»).

На точность соблюдения номинальных размеров при изготовлении деталей влияют такие факторы, как точность установки инструмента, температурные условия, вибрация, точность изготовления оборудования и т.д., вследствие чего действительные размеры всегда отличаются от номинальных в большую

или меньшую сторону. В итоге размеры, устанавливаемые в результате измерения готовой детали (рис. 3) с допустимой степенью погрешности, называются действительными размерами и обозначаются: для отверстия – D_r , для вала – d_r .

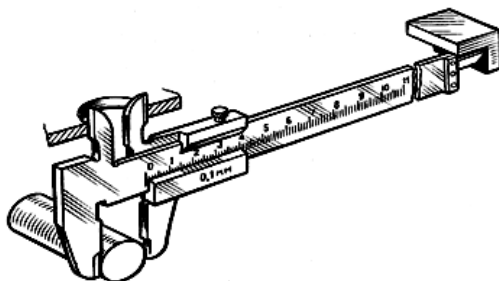


Рис. 1.3 Измерение действительных размеров деталей

Допустимую неточность изготовления деталей устанавливают посредством предельных размеров. Наибольший и наименьший предельные размеры – предельно допустимые размеры, между которыми должен находиться действительный размер. Предельные размеры отверстия обозначаются как D_{max} и D_{min} , а вала – d_{max} и d_{min} .

В обеспечение взаимозаменяемости на чертежах предельные размеры принято выражать посредством отклонений от номинального вместо указания наибольших и наименьших предельных размеров, что значительно проще и удобнее. Различают верхнее и нижнее предельное, действительное и основное отклонения. Началом отсчёта отклонений служит номинальный размер. Отклонения могут быть *положительными, отрицательными и равными нулю*. В таблицах госстандартов отклонения указывают в микрометрах (*мкм*). На чертежах отклонения принято указывать в миллиметрах (*мм*). Стандарты, регламентирующие нормальные линейные размеры и их отклонения, устанавливают Единую систему допусков и посадок (ЕСДП).

Верхнее отклонение (рис. 1.4) – это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами,

обозначаемое для отверстия как ES , для вала – es . Рассчитывают величину ES и es по формулам:

$$ES = D_{max} - D_0 \quad \text{и} \quad es = d_{max} - D_B,$$

где D_0 и D_B – номинальные размеры отверстия и вала соответственно.

Нижнее отклонение – это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами, обозначаемое для отверстия как EI , для вала – ei . Рассчитывают величину EI и ei по формулам:

$$EI = D_{min} - D_0 \quad \text{и} \quad ei = d_{min} - D_B.$$

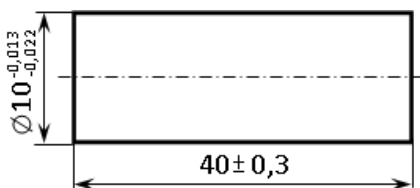


Рис. 1.4 Эскиз детали «вал» с указанной точностью размеров посредством предельных отклонений

Действительное отклонение – это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами, обозначаемое для отверстия – Er , для вала – er . Рассчитывают величину Er и er по формулам:

$$Er = Dr - D_0 \quad \text{и} \quad er = dr - D_B,$$

где Dr и dr – действительные размеры отверстия и вала соответственно.

Допуск – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или разность между верхним и нижним отклонениями. Допуски обозначают для отверстия – TD , для вала – Td , а рассчитывают их величину по формулам:

$$TD = D_{max} - D_{min} = ES - EI \quad \text{и} \quad Td = d_{max} - d_{min} = es - ei.$$

Допуски в системе ЕСДП обозначаются: $IT01, IT0, \dots, IT17$, где « IT » обозначение в Международной организации по стандартизации ИСО, рекомендации которой легли в основу ЕСДП. Запись $IT7$ – означает допуск по 7-му качеству ИСО.

Квалитет – характеристика или величина допуска. Это совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. Допуск в квалитете одинаков для валов и отверстий одного номинального размера.

Для нормирования различных уровней точности размеров от 1 мм до 500 мм в ЕСДП установлено 19 квалитетов: 01, 0, 1, ..., 17. Самый точный из них – 01, а самый грубый – 17.

В настоящее время допуски измерительных инструментов и устройств составляют диапазон IT01...IT7, допуски размеров в посадках – IT3...IT13, допуски неотчетственных размеров в грубых соединениях (на свободные размеры) – IT14...IT17.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру. От этой линии откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков.

Основное отклонение – характеристика положения поля допуска, т.е. положения поля допуска относительно нулевой линии. Основное отклонение – одно из двух отклонений, верхнее или нижнее, расположенное ближе к нулевой линии. Основные отклонения обозначают буквами латинского алфавита – прописными для отверстий и строчными для валов. В диапазоне размеров 0...500 мм предусмотрено 28 основных отклонений для отверстий и столько же – для валов. Основные отклонения отверстий: A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, ..., X, Y, Z, ZA, ZB, ZC.

Поле допуска – поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска в ЕСДП образуется сочетанием основного отклонения и квалитета. Соответственно условное обозначение поля допуска состоит из буквы основного отклонения и числа – номера квалитета (рис. 1.5). Примеры условного обозначения полей допусков: P7, F7, H14 (поля допусков отверстий) и h6, u5 (поля допусков валов).

В технических требованиях рабочих чертежей возможны три варианта записи предельных отклонений размеров деталей, а именно: 1) H14, h14, ± IT14/2; 2) ± IT14/2 и 3) ∅H14, ∅h14, ± IT14/2 (для круглых отверстий и валов). Неуказанные предельные отклонения размеров деталей (обрабатываемых резанием) на чертежах предпочтительно назначать по 14-му квалитету.

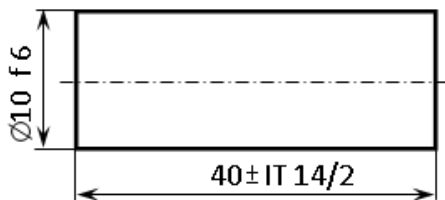


Рис. 1.5 Эскиз детали «вал» с указанной точностью размеров посредством простановки полей допусков

ГОСТ 25347-82 устанавливает ограничения по применению полей допусков и посадок. В диапазоне размеров 1...500 мм установлены поля допусков: предпочтительные

($h6$, $P7$),

рекомендуемые (F7, H14) и дополнительные

($u5$),

предпочтительные и рекомендуемые посадки.

Предельные отклонения на чертежах указывают тремя способами: условными обозначениями полей допусков (20H7, 22f7); числовыми значениями предельных отклонений

($20^{+0,021}$, $22^{-0,020}_{-0,041}$)

и смешанным способом

($20H7^{+0,021}$).

При нанесении предельных отклонений числовыми значениями верхнее отклонение помещают над нижним:

($45^{+0,068}_{+0,043}$).

При симметричном расположении поля допуска, когда предельные отклонения равны, их величину указывают один раз ($85 \pm 0,011$). Предельные отклонения, равные нулю, не указывают:

($110^{+0,035}$, $65^{-0,046}$).

В технической документации широкое распространение нашло условное схематическое графическое изображение полей допусков деталей. Подобная схема наглядно даёт возможность непосредственно определять величину зазоров, предельных размеров и т.д.

1.2. Посадки гладких соединений. Система вала и отверстия. Расчёт граничных зазоров и натягов в посадках

Одни соединения допускают определённую свободу движения деталей относительно друг друга, и в этом случае говорят о величине зазора между сопрягаемыми деталями. *Зазором* называется разность размеров отверстия D_0 и вала d_B , если размер отверстия больше размера вала. Другие соединения, наоборот, обеспечивают неподвижность деталей и в этом случае говорят о величине натяга в соединении. *Натягом* называется разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

Под словом «посадка» понимается степень подвижности собранных деталей относительно друг друга или характер соединения деталей, определяемый значениями получающихся в нём зазоров или натягов. Посадка образуется сочетанием полей допусков отверстия и вала. Условное обозначение посадки выполняется в виде дроби или в одну строку, причём в числителе или на первом месте указывается поле допуска отверстия, а в знаменателе или на втором месте – вала. Примеры условных обозначений посадки на сборочных чертежах:

$$50 \frac{H7}{g6}; \quad 50 \frac{+0,025}{-0,009}; \quad 50 \frac{H7(+0,025)}{g6(-0,009)}; \quad 50H7-g6.$$

Для практического применения рекомендуется ограниченное число предпочтительных посадок (27 в интервале размеров 1...500 мм). В зависимости от соотношения размеров сопрягаемых поверхностей деталей посадки делят на три группы:

♦ посадки с зазором (подвижные посадки). В этом случае обеспечивается зазор в соединении, и поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала при графическом изображении полей допусков. Примеры посадок с зазором:

$$\boxed{\frac{H7}{g6}}; \quad \boxed{\frac{H7}{f6}} \text{ и т. д.}$$

Графического изображения посадки с зазором представлено на рис. 1.6. $23 \frac{G7^{+0,028}}{+0,007} / h6_{-0,013}$

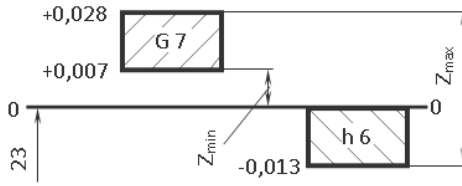


Рис. 1.6 Графическое изображение посадки с зазором

Посадки с зазором это и «скользящие» посадки, нижняя граница поля допуска отверстия которых совпадает с верхней границей поля допуска вала. Примеры «скользящих» посадок:

$$\frac{H7}{h6}; \frac{H7}{h7}; \frac{H7}{h7}; \frac{H8}{h8} \text{ и т.д.}$$

Графическое изображение «скользящих» посадок имеет вид (рис. 1.7):

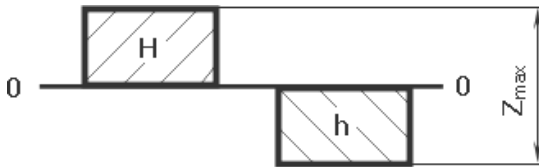


Рис. 1.7 Графическое изображение «скользящей» посадки

♦ посадки с натягом (неподвижные посадки). В этом случае в соединении обеспечивается натяг и поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия. Примеры посадок с зазором:

$$\frac{P7}{h6}; \frac{R7}{h6}; \frac{T7}{h6}; \frac{H8}{u8}; \frac{H8}{s7} \text{ и т.д.}$$

Графическое изображение посадки с натягом имеет вид (рис. 1.8):

$$170 \frac{H7^{+0,040}}{s6^{+0,133}_{+0,108}}$$

♦ переходные посадки. В этом случае могут получаться и зазоры, и натяги, поля допусков отверстия и вала перекрываются. Примеры переходных посадок:

$$\frac{H7}{n6}; \frac{H7}{k6}; \frac{H8}{m7}; \frac{K7}{h6} \text{ и т.д.}$$

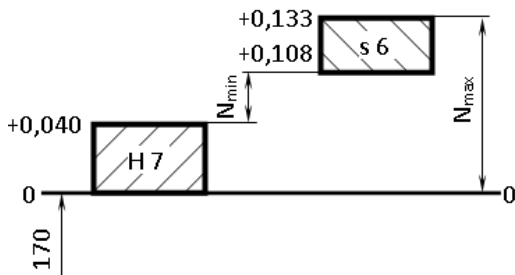


Рис. 1.8 Графическое изображение посадки с натягом

Графическое изображение переходной посадки $23 \frac{H7^{+0,021}}{k6^{+0,015}_{+0,002}}$ имеет вид (рис. 1.9)

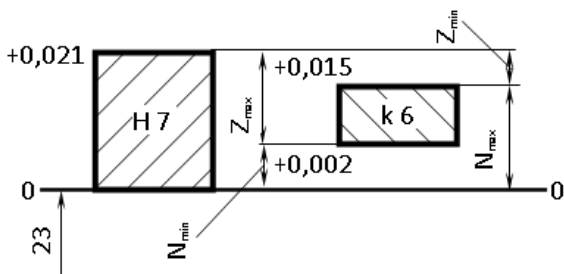


Рис. 1.9 Графическое изображение переходной посадки

Система допусков и посадок – закономерно построенная совокупность стандартизованных допусков и предельных отклонений размеров деталей, а также посадок, образованных отверстиями и валами, имеющими стандартные предельные отклонения. Стандартом предусматривается возможность использования двух систем допусков и посадок: системы отверстия и системы вала.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю ($EI = 0$), т.е. нижняя граница поля допуска основного отверстия, обозначаемого буквой H , всегда совпадает с нулевой линией.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю ($es = 0$), т.е. верхняя граница поля допуска основного вала, обозначаемого буквой h , всегда совпадает с нулевой линией.

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением полей допусков вала (основные отклонения из диапазона $a...zc$) с основным отверстием H . *Посадки с зазором в системе отверстия* обеспечиваются сочетанием полей допусков вала (основные отклонения из диапазона $a...h$) и отверстия $H \left(\frac{H}{a...h} \right)$; *посадки с натягом* – сочетанием полей допусков вала (основные отклонения из диапазона $p...zc$) и отверстия $H \left(\frac{H7}{p...zc} \right)$; *переходные посадки* – сочетанием полей допусков вала (основные отклонения из диапазона $j_s...n$) и отверстия $H \left(\frac{h7}{j_s...n} \right)$.

Посадки в системе вала – посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением полей допусков отверстия (основные отклонения из диапазона $A...ZC$) с основным валом h . При этом *посадки с зазором в системе вала* обеспечиваются сочетанием полей допусков отверстия (основные отклонения из диапазона $A...H$) и вала $h \left(\frac{A...H}{h} \right)$; *посадки с натягом* – сочетанием полей допусков отверстия (основные отклонения из диапазона $P...ZC$) и вала $h \left(\frac{P...ZC}{h} \right)$; *переходные посадки* – сочетанием полей допусков отверстия (основные отклонения из диапазона $J_s...N$) и вала $h \left(\frac{J_s...N}{h} \right)$.

Одинаковые посадки в ЕСДП можно получить и в системе отверстия, и в системе вала. Формально обе системы посадок равноправны, но практически почти всегда более экономичны посадки в системе отверстия. Это объясняется тем, что трудоёмкость изготовления точных отверстий выше, чем точных валов, и для изготовления точных отверстий требуются более сложные

и дорогие металлорежущие инструменты и контрольно-измерительные средства. Посадки в системе вала целесообразны при использовании некоторых стандартных деталей (подшипников качения, например) и в случаях применения вала постоянного диаметра по всей длине для установки на него нескольких деталей с различными посадками. Цифры квалитетов отверстия и вала в посадке не должны отличаться более, чем на 1-2 единицы. Большие по значению цифры квалитета, как правило, назначают для отверстия. В посадках, как правило, число квалитета отверстия на 1-2 единицы больше числа квалитета вала. Пример обозначения посадки для гладкого соединения «вал – втулка» на сборочных чертежах приведен на рис. 1.10.

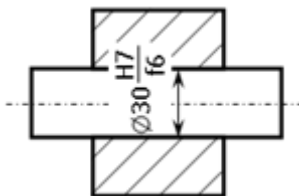


Рис. 1.10 Гладкое соединение «вал – втулка»

1.3. Посадки подшипников качения, их характеристика по точности. Виды и режимы нагружения

Для поддержания вращающихся частей (шківов, зубчатых колёс, звёздочек и т.д.) служат валы и оси. Опорами для вращающихся валов и осей служат подшипники. По принципу работы различают подшипники скольжения и подшипники качения.

У подшипников скольжения (рис. 1.11) участок вала, помещённый внутрь подшипника, скользит непосредственно по опорной поверхности вкладышей подшипника.

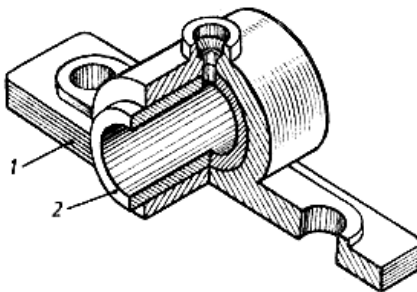


Рис. 1.11 Неразъёмный подшипник скольжения:
1 – корпус подшипника; 2 – вкладыш

У подшипников качения (рис. 12) между поверхностью вращающегося вала и поверхностью отверстия в корпусе (опоры) расположены шарики или ролики (тела качения). Подшипники качения – это стандартные изделия специализированных государственных подшипниковых заводов (ГПЗ).

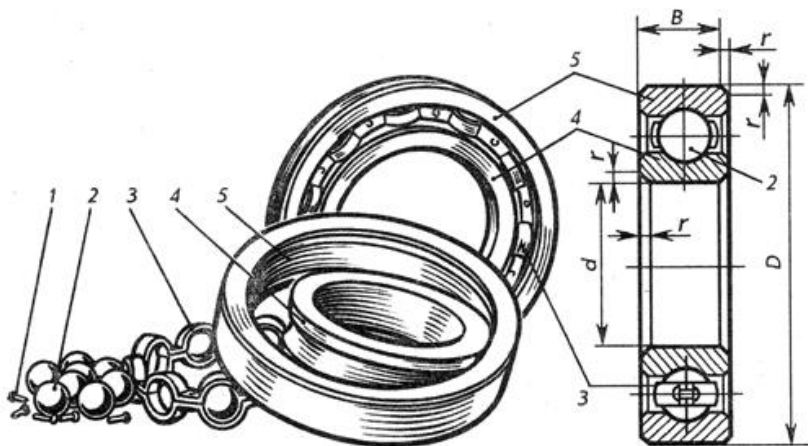


Рис. 1.12 Подшипник качения:

1 – заклёпки соединительные; 2 – тела качения (шарики / ролики); 3 – сепаратор; 4 – внутреннее кольцо; 5 – наружное кольцо

Подшипники качения обладают полной внешней взаимозаменяемостью по присоединительным поверхностям, определяемым наружным диаметром D наружного и внутренним диаметром d внутреннего колец (это позволяет быстро монтировать, а также быстро заменять изношенные подшипники) и неполной взаимозаменяемостью между телами качения и кольцами. В качестве диаметра подшипника принимают внутренний посадочный диаметр кольца d .

Согласно ГОСТ 520-89 устанавливают следующие классы точности подшипников (в порядке повышения точности): 0; 6; 5; 4 и 2. Класс точности указывается слева от условного обозначения подшипников. Например, запись 6-205 расшифровывается следующим образом: 6 – класс точности; 205 – условное обозна-

чение подшипника. Наиболее часто в машиностроении используют подшипники классов точности 0 и 6 (0 – при обычных требованиях к точности вращения, 6 – при повышенных).

Различают три вида нагружения колец подшипников (при рассмотрении соединения вал - внутреннее кольцо): циркуляционное нагружение – кольцо вращается вместе с валом; местное нагружение – кольцо неподвижно относительно вала; колебательное нагружение – кольцо колеблется относительно вала на определённом участке. При этом в зависимости от вида нагружения каждого из колец подшипника в отдельности могут вращаться: одно из колец (наружное или внутреннее) и оба кольца одновременно (в одном направлении или в разных).

По интенсивности нагружения подшипниковых узлов режимы их работы подразделяют на лёгкий, нормальный, тяжёлый и на «особые условия» (ударные и вибрационные нагрузки). Лёгким называется режим работы подшипника, при котором расчётная долговечность более 10000 ч.; нормальным – 5000...10000 ч.; тяжёлым – 2500...5000 ч.

Для сокращения номенклатуры диаметры наружного D и внутреннего d колец радиальных подшипников изготавливают с отклонениями размеров, направленными в «минус» от нулевой линии. Требуемые посадки в соединении подшипника получают за счёт назначения соответствующих полей допусков вала и отверстия в корпусе. Наружное кольцо диаметром D принято за основной вал и посадки наружного кольца с корпусом осуществляют в системе вала, а внутреннее кольцо диаметром d принято за основное отверстие и посадки внутреннего кольца с валом осуществляют в системе отверстия.

Обозначение поля допуска подшипника состоит из символа l для наружного кольца или символа L для внутреннего кольца и класса точности подшипника. Например: $l0$; $l6$; $L0$; $L6$ и т.д. На рис. 1.13 в качестве примера приведена схема относительного расположения полей допусков колец подшипников, а также некоторых полей допусков вала и отверстия в корпусе.

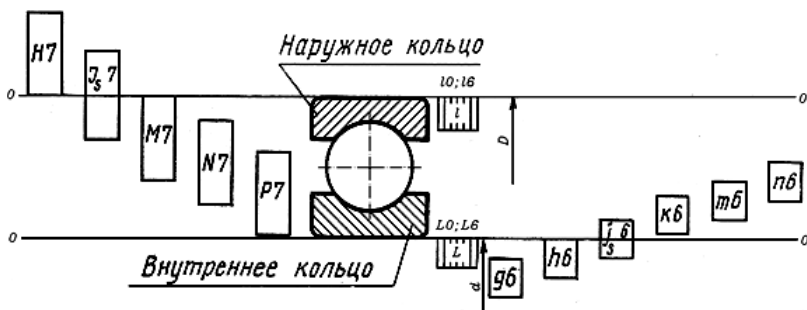


Рис. 1.13 Схема относительного расположения полей допусков колец подшипников

Как и в случае с гладкими соединениями, посадки подшипников качения образуются сочетанием полей допусков отверстия и вала. Так, посадка на соединение вал – внутреннее кольцо подшипника качения будет выглядеть следующим образом:

$$\varnothing 50 \frac{L0}{j_s 6}$$

Посадка же на соединение внешнее кольцо подшипника качения – отверстие в корпусе будет выглядеть следующим образом:

$$\varnothing 90 \frac{H7}{l0}$$

Пример отображения рассмотренных выше посадок для внутреннего и наружного колец подшипников качения на сборочных эскизах представлен на рис. 1.14.

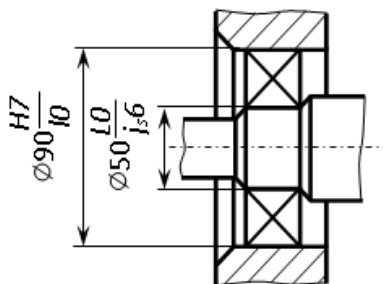


Рис. 1.14 Отображение посадок для обоих колец подшипника качения

1.4. Шероховатость посадочных поверхностей. Типы и посадки шпоночных и шлицевых соединений

Шероховатостью называется совокупность всех микронеровностей (впадин и выступов), образующих рельеф поверхности детали. В зависимости от назначения и условий работы деталей машин допускают различную шероховатость их поверхности. Для характеристики шероховатости поверхностей детали ГОСТ 2789-73 устанавливает шесть параметров. Основными параметрами, определяющими степень шероховатости поверхности, являются среднее арифметическое отклонение профиля R_a и высота неровностей профиля по десяти точкам R_z .

Величину R_a определяют как среднее значение расстояний отдельных точек профиля Y_1, Y_2, \dots, Y_n (n - число точек профиля) до средней линии гребешков OX , а величину R_z - как среднее значение между пятью высшими точками выступов H_1, H_3, H_5, H_7, H_9 и пятью низшими точками впадин $H_2, H_4, H_6, H_8, H_{10}$ профиля (рис. 1.15):

$$R_a = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n} \quad \text{и} \quad R_z = \frac{(H_1 + H_3 + \dots + H_9) - (H_2 + H_4 + \dots + H_{10})}{5}$$

ГОСТ 2789-73 устанавливает предельные значения величин R_a , R_z и базовой длины l , в пределах которой должно производиться измерение определённого параметра. Параметры R_a и R_z обозначаются на чертежах числовой величиной шероховатости в $\mu\text{м}$.

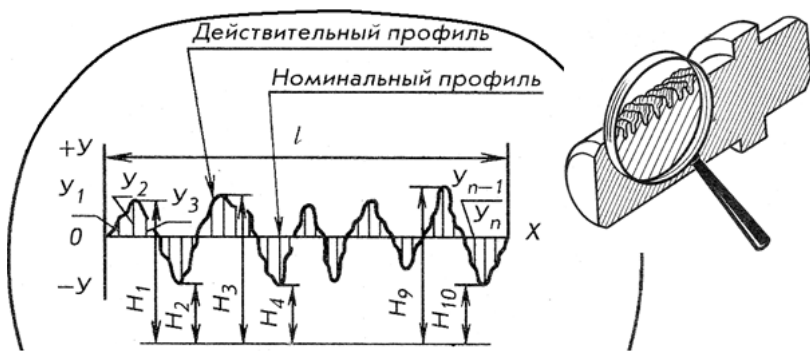
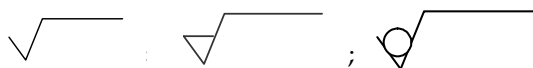


Рис. 1.15 Данные для расчёта параметров R_a и R_z

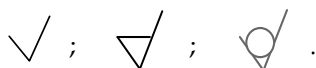
Для определения шероховатости по R_a применяют профилометры, а по R_z – профилографы и оптические приборы.

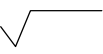
Числовые значения параметров шероховатости по R_a и R_z в таблице классов ГОСТ 2789-73 заданы в виде диапазонов. Классы 1...5, 13 и 14 определены через параметр R_z , классы 6...12 – через параметр R_a . Прямой связи между точностью изготовления и шероховатостью не существует, однако чем меньше величина качества в поле допуска, тем более высокие требования предъявляются к шероховатости поверхности.

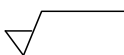
Для обозначения шероховатости поверхностей детали на чертеже используются следующие знаки:

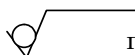


Ранее использовались соответственно знаки:



Знак  проставляют на чертеже, если вид обработки поверхности конструктором не устанавливается.

Знак  проставляют на чертеже, если поверхность должна быть получена обработкой, т.е. должна быть образована удалением слоя материала – точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т.д.

Знак  проставляют на чертеже, если поверхность образована, например, литьем, ковкой, прокаткой, волочением, объёмной штамповкой и т. п., т.е. получается без обработки, без удаления слоя материала или поверхность остаётся в состоянии поставки и не обрабатывается по данному чертежу.

Запись на чертеже $\sqrt{R_a 0,63}$ необходимо расшифровывать следующим образом: шероховатость рассматриваемой поверхности детали по R_a не должна превышать 0,63 мкм, а, в свою очередь, такая запись $\sqrt{R_z 160}$ расшифровывается следующим об-

разом: шероховатость рассматриваемой поверхности детали по R_z не должна превышать 160 мкм.

Разъёмным соединением является соединение, которое можно многократно разбирать на отдельные части (детали) и снова собирать их без разрушения самих деталей и связующих их элементов, например, болтовое, шпоночное, шлицевое соединения и т.д.

Неразъёмное соединение разборке не подлежит, т.к. или одна из деталей, или связующий их элемент при этом разрушается, например, соединение с помощью заклёпок, сваркой.

Шпонка – это деталь, устанавливаемая в специальный паз вала таким образом, что часть её выступает над поверхностью вала и входит в углубление (паз) соединяемой с валом детали. Шпонка служит для передачи вращающего момента в соединении вала со шкивом, зубчатым колесом, маховиком и др. деталями, вращающимися вместе с валом. В машиностроении применяются различные типы шпонок (рис. 1.16): призматические, сегментные, клиновые и специальные. Основные типы шпонок стандартизованы.

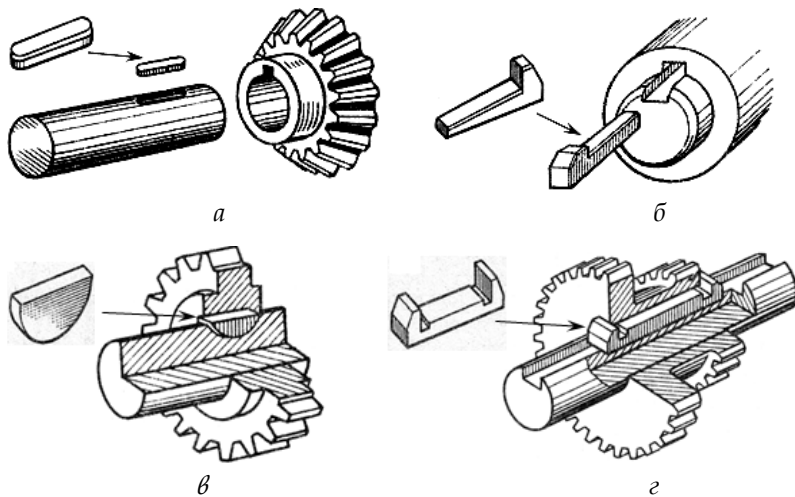


Рис. 1.16 Шпонки и схемы узлов с этими шпонками:
а – призматическая; *б* – клиновая; *в* – сегментная; *г* – специальная

Призматические шпонки имеют три исполнения (рис. 1.17). Размеры сечения шпонки и глубину паза выбирают в зависимости от диаметра вала.

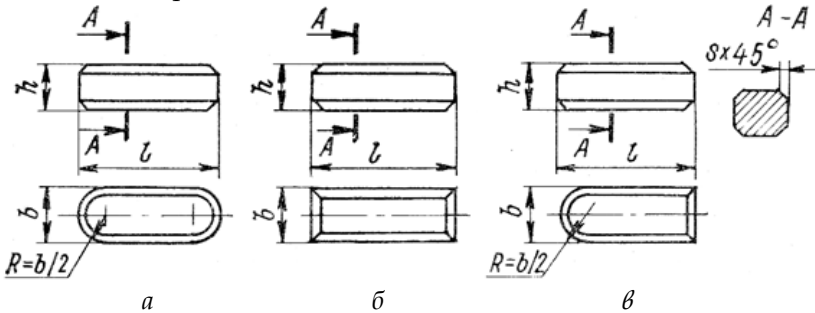


Рис. 1.17 Три исполнения призматических шпонок: а – исполнение 1; б – исполнение 2; в – исполнение 3

В условное обозначение шпонки входят: исполнение (исполнение 1 не указывают), размеры сечения $b \times h$, длина l и номер ГОСТа. Например: Шпонка 2 6×6×35 ГОСТ 23360-78.

Поля допусков для ширины призматической шпонки, паза вала и втулки в соответствии с ГОСТ 23360-78 показаны на рис. 1.18. Поле допуска ширины шпонки $h9$.

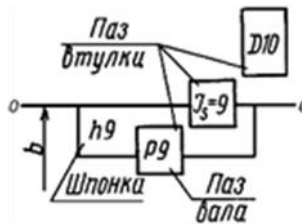


Рис. 1.18 Поля допусков для ширины призматической шпонки, паза вала и втулки

Шлицевое соединение осуществляется с помощью зубьев (выступов) на одной детали и впадин на другой (рис. 1.19). Эти соединения можно рассматривать как многошпоночные, т.к. у них шпонки выполнены заодно с валом.

Зубчатые соединения по сравнению со шпоночными имеют следующие преимущества: большая нагрузочная способность

благодаря значительно большей рабочей поверхности и относительно равномерному распределению давления по высоте зуба, лучшее центрирование сопрягаемых деталей, большая прочность вала по сравнению с валом со шпоночными канавками.

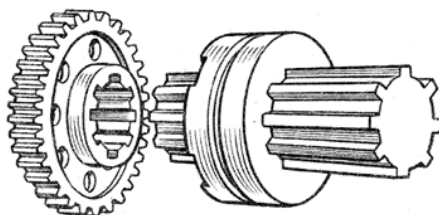


Рис. 1.19 Шлицевое соединение

Зубчатые зацепления (для соединения ступицы и вала) могут быть неподвижными, так и подвижными (возможно осевое перемещение ступицы на валу).

Профили зубьев и впадин бывают прямобочные (прямоугольные), эвольвентные и треугольные (рис. 1.20).

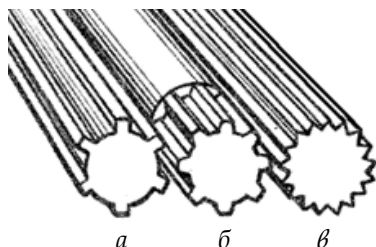


Рис. 1.20 Форма зубьев на шлицевом валу:
a - прямобочная; *б* - эвольвентная; *в* - треугольная

Прямобочные зубчатые соединения стандартизованы. Эти зубчатые зацепления различают (рис. 1.21) по способу центрирования ступицы на валу: по наружному диаметру D ; по внутреннему диаметру d ; по боковым граням b .

Центрирование по наружному D или внутреннему d диаметрам является более точным, и поэтому эти виды соединений применяют в тех случаях, когда требуется высокая кинематическая точность. Центрирование по боковым граням зубьев используют в тех случаях, когда необходима достаточная прочность соединения. Центрирование по боковым граням не обеспечивает точной соосности ступицы и вала, но зато создаёт рав-

номерное распределение нагрузки по зубьям. По нецентрирующим диаметрам зазоры делают весьма значительными, чтобы гарантировать сопряжение по центрирующим поверхностям.



Рис. 1.21 Способы центрирования ступицы на валу:
a – по наружному диаметру D ; *б* – по внутреннему диаметру d ; *в* – по боковым граням

Условное обозначение шлицевого соединения содержит: способ центрирования (D, d, b), число зубьев z , внутренний диаметр d , наружный диаметр D , ширину зуба b . При этом рядом с номинальными значениями диаметров и ширины зуба указывается посадка. Например:

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}.$$


1.5. Отклонения формы и расположения поверхностей


Отклонения реальной поверхности изготовленной детали от геометрической (теоретической) связаны с: 1) нарушением установленной по чертежу формы; 2) нарушением взаимного расположения отдельных поверхностей детали.


Под отклонением или погрешностью формы понимают несоответствие между формой реальной поверхности или профиля, полученной при обработке, и теоретической формой поверхности или профиля, которая задана в чертеже.


В результате измерения детали определяют значение отклонения (погрешности), которое получено при изготовлении детали, и сравнивают его с допуском формы, который задан в чертеже. Если погрешность не превышает допуск, то деталь качественная. Отклонение формы отсчитывают от прилегающих по-


верхностей и профилей. Различают прилегающие: плоскость и прямую, цилиндр и окружность, а также фасонную поверхность. Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от прилегающей поверхности или профиля до реальной поверхности. Основными видами отклонений формы являются: отклонение от плоскостности или неплоскостность; отклонение от прямолинейности или непрямолинейность; отклонение от цилиндричности или нецилиндричность; отклонение от круглости или некруглость; отклонение профиля продольного сечения. Ограничиваются эти отклонения соответствующими допусками, заданными в чертежах: допусками плоскостности, прямолинейности, цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения.

Отклонение от плоскостности или неплоскостность относится к плоским поверхностям. Допуск плоскостности условно обозначается следующим знаком .

Отклонение от прямолинейности или непрямолинейность относится к профилю. Допуск прямолинейности условно обозначается следующим знаком .

Отклонение от цилиндричности или нецилиндричность относится к цилиндрическим поверхностям. Допуск цилиндричности условно обозначается следующим знаком . Нецилиндричность включает отклонение от круглости или некруглость и отклонение профиля продольного сечения.

Отклонение от круглости (некруглость) относится к профилю. Допуск круглости условно обозначается следующим знаком .


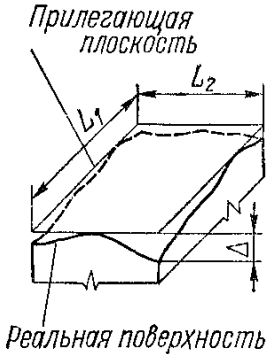
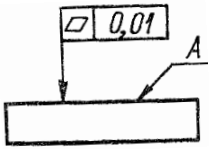

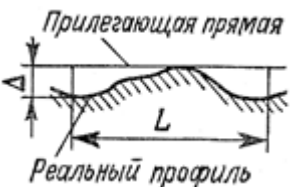
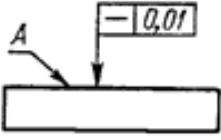

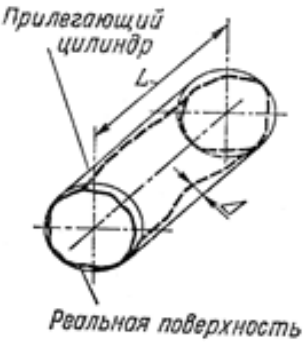
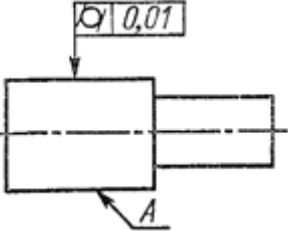
Отклонение профиля продольного сечения относится к профилю. Допуск профиля продольного сечения условно обозначается следующим знаком .


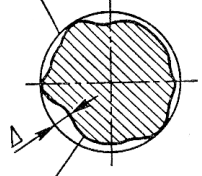
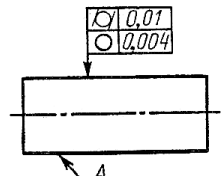

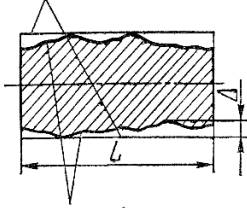
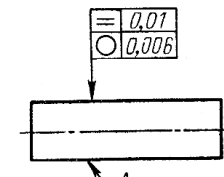
Примеры определения отклонений формы и нанесения допусков формы на чертежах представлены в таблице 1.1.

Элементарными видами неплоскостности и непрямолинейности являются вогнутость и выпуклость (рис. 1.22).

Таблица 1.1

Примеры определения отклонений формы
и нанесения допусков формы на чертежах

Знак допуска	Примеры	
	отклонения формы поверхностей Δ	нанесения допуска в чертеже с пояснением
1	2	3
	 <p>Прилегающая плоскость</p> <p>Реальная поверхность</p>	 <p>Допуск плоскостности поверхности А равен 0,01 мм</p>
	 <p>Прилегающая прямая</p> <p>Реальный профиль</p>	 <p>Допуск прямолинейности поверхности А = 0,01 мм</p>
	 <p>Прилегающий цилиндр</p> <p>Реальная поверхность</p>	 <p>Допуск цилиндричности поверхности А = 0,01 мм</p>

1	2	3
	<p>Прилегающая окружность</p>  <p>Реальный профиль</p>	 <p>Допуск цилиндричности поверхности А = 0,01 мм; допуск круглости 0,004 мм</p>
	<p>Прилегающий профиль</p>  <p>Реальный профиль</p>	 <p>Допуск круглости поверхности А = 0,006 мм; допуск профиля продольного сечения 0,01 мм</p>

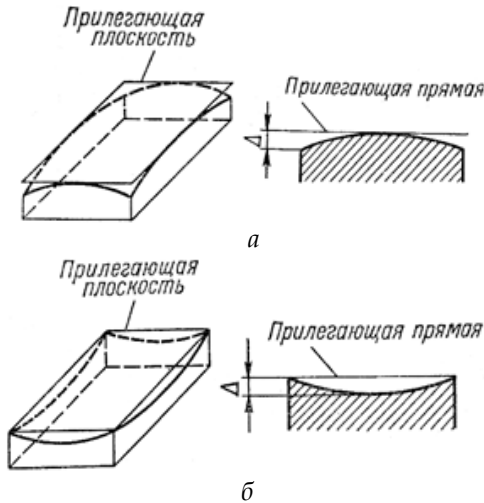


Рис. 1.22 Элементарные виды неплоскостности и непрямолинейности:
а - выпуклость; б - вогнутость

Элементарными видами некруглости являются огранка и овальность $\Delta_{ов} = d_{\max} - d_{\min}$ (рис. 1.23).

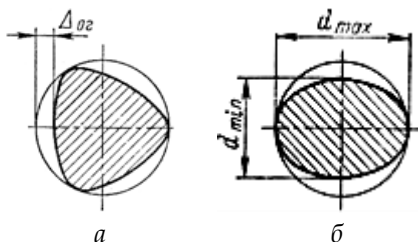


Рис. 1.23 Элементарные виды некруглости:
а - огранка; б - овальность

Элементарными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность $\Delta_{кон} = (d_{\max} - d_{\min})/2$, седлообразность $\Delta_{седл} = (d_{\max} - d_{\min})/2$, изогнутость оси и бочкообразность $\Delta_{боч} = (d_{\max} - d_{\min})/2$ (рис. 1.24).

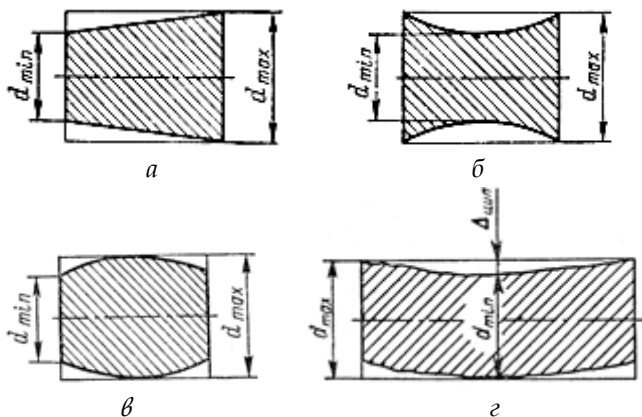




Рис. 1.24 Элементарные виды отклонения
профиля продольного сечения:
а - конусообразность; б - седлообразность;
в - бочкообразность; г - изогнутость оси


Под отклонением/погрешностью расположения понимают отклонение от заданного чертежом расположения рассматрива-


емой поверхности, её оси/плоскости симметрии относительно баз или от номинального взаимного расположения рассматриваемой поверхности, их осей или плоскостей симметрии. Базой может служить поверхность, ось или плоскость симметрии.

Основными видами отклонений расположения являются: отклонение от параллельности или непараллельность; отклонение от перпендикулярности или неперпендикулярность; отклонение от соосности или несоосность; отклонение от симметричности или несимметричность.

Отклонение от параллельности или непараллельность относится к: двум плоскостям; двум прямым в плоскости или пространстве; двум осям поверхностей вращения; оси по отношению к плоскости и т.д. Допуск параллельности условно обозначается следующим знаком .

Отклонение от перпендикулярности (от прямого угла) или неперпендикулярность относится к двум плоскостям; двум осям поверхностей вращения; оси и плоскости и т.д. Допуск перпендикулярности условно обозначается следующим знаком .

Отклонение от соосности/несоосности рассматривается относительно базовой поверхности/общей оси для одной детали. Допуск соосности условно обозначается знаком .

Отклонение от симметричности или несимметричность относится к двум плоскостям или двум осям. Допуск симметричности условно обозначается следующим знаком .

Примеры определения отклонений расположения и нанесения допусков расположения на чертежах даны в таблице 1.2.

Кроме перечисленных имеются и некоторые другие погрешности обработки деталей, о которых рассказывается в специальной литературе (например, отклонение от пересечения осей, смещение оси от номинального расположения и т.д.). Если допуск формы или расположения относится к поверхности или её профилю, то стрелка не должна быть продолжением размерной линии (рис. 1.25, а). Если же допуск относится к оси или к плоскости симметрии поверхности, то стрелка должна быть продолжением размерной линии (рис. 1.25, б).

Таблица 1.2

Примеры определения отклонений расположения и нанесения допусков расположения на чертежах


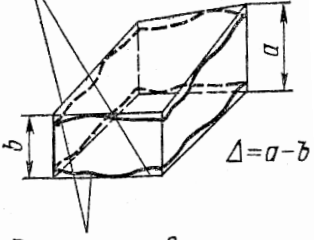
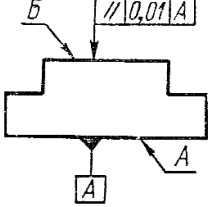

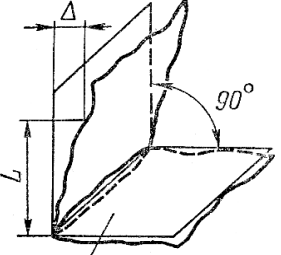
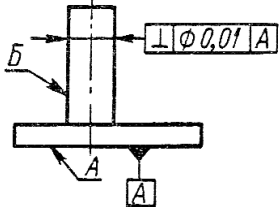

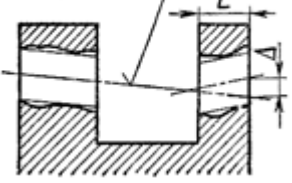
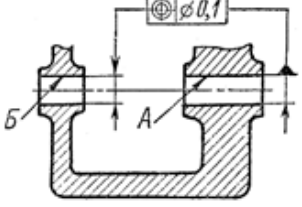
Знак допуска	Примеры	
	отклонения расположения поверхностей Δ	нанесения допуска в чертеже с пояснением
1	2	3
	<p><i>Прилегающие плоскости</i></p>  <p>$\Delta = a - b$</p> <p><i>Реальные поверхности</i></p>	 <p>Допуск параллельности поверхности Б относительно поверхности А = 0,01 мм</p>
	 <p><i>База</i></p>	 <p>Допуск перпендикулярности оси поверхности Б относительно поверхности А = $\Phi 0,01$ мм</p>
	<p><i>Ось базовой поверхности</i></p> 	 <p>Допуск соосности отверстия Б относительно оси отверстия А = $\Phi 0,1$ мм</p>

Таблица 1.3

Примеры определения отклонений торцового и радиального биения, нанесения допусков на чертежах

Знак допуска	Примеры	
	отклонения расположения поверхностей Δ	нанесения допуска в чертеже с пояснением
1	2	3

Неподвижность соединения достигается за счёт возникающих в материале сопрягаемых деталей напряжений из-за деформации их контактных поверхностей, которые препятствуют относительному перемещению деталей при приложении внешней нагрузки, обеспечивая тем самым неподвижность соединения.

Для сборки соединений с натягом в машиностроении применяют следующие методы:

- сборка деталей под прессом (под воздействием осевого усилия) при нормальной температуре (температуре помещения, где производится запрессовка);
- комбинированная термическая сборка (одновременно охлаждение вала и нагрев втулки);

- сборка с предварительным нагревом охватывающей детали (отверстия) или охлаждением охватываемой детали (вала) до определённой температуры, обеспечивающей возможность сборки;
- комбинированная силовая и термическая сборка (одновременно воздействие осевого усилия и нагрева или охлаждения соответствующих деталей).

Расчёт посадок с натягом выполняется с целью обеспечения, во-первых, прочности соединения, т.е. отсутствия смещений сопрягаемых деталей под действием внешних нагрузок (осевого усилия P_{oc} , крутящего момента M_k или их комбинации), во-вторых, прочности сопрягаемых деталей.

В посадке различают максимальный N_{max} , минимальный N_{min} и средний N_C натяги.

Пример графического изображения посадки с натягом с отображением на нём максимального и минимального натягов ранее приведен на рис. 1.8.

Средний натяг N_C (измеряется в мм) рассчитывается по формуле:

$$N_c = (N_{max} + N_{min}) / 2. \quad (1.1)$$

Относительная неподвижность деталей соединения будет обеспечена, если в процессе работы внешние нагрузки не будут превышать сил трения на сопрягаемых поверхностях вала и втулки.

Усилие запрессовки собираемых деталей P_{oc} (измеряется в Н, кН) рассчитывается по формуле (рис. 1.26):

$$P_{oc} = f \times p \times \pi \times D \times l, \quad (1.2)$$

где f – коэффициент трения при запрессовке ($f = 0,085$ для деталей из сталей);

p – контактное давление (измеряется в МПа);

$\pi \times D \times l$ – площадь поверхности контакта (измеряется в мм²).

Крутящий момент M_k (измеряется в Н мм, Н м), который может обеспечить посадка с натягом, рассчитывается по формуле:

$$M_k = \frac{1}{2} f \times p \times \pi \times D^2 \times l. \quad (1.3)$$

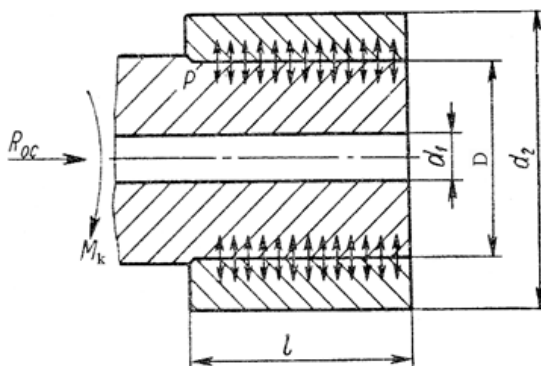


Рис. 1.26 Схема соединения двух деталей по посадке с натягом

Контактное давление (рис. 1.26) для соединения с натягом, в котором материал вала и втулки одинаковый, а вал сплошной ($d_1=0$), определяется по формуле:

$$p = \frac{N E d_2^2 - D^2}{D 2 d_2^2}, \quad (1.4)$$

где N - величина натяга в соединении (измеряется в мм);
 E - модуль упругости втулки и вала (для стали $E = 2,06 \times 10^{11}$ Па).

На практике приходится решать 2 задачи (прямую и обратную).

Прямая задача

По заданной посадке и геометрическим размерам соединения определить осевое усилие $P_{ос}$ или крутящий момент M_k , которые это соединение может передать без смещения вала относительно втулки.

Порядок решения прямой задачи :

1. Выполнить графическое изображение посадки (полей допусков вала и отверстия), рассчитать величину среднего натяга N_c по формуле (1.1).
2. Рассчитать величину смятия контактной поверхности вала и втулки $\Delta N_{см}$ по формуле:

$$\Delta N_{см} = 4(R_{авал} + R_{автулка}), \quad (1.5)$$

где $R_{авал}$ и $R_{автулка}$ - соответственно среднее арифметическое отклонение профиля вала и втулки.

3. Определить фактический средний натяг N_ϕ по формуле:

$$N_\phi = N_c - \Delta N_{cm} \quad (1.6)$$

4. Рассчитать величину контактного давления p по формуле (1.4), подставив вместо натяга N натяг N_ϕ .

5. Рассчитать величину осевого усилия P_{oc} по формуле (1.2) и крутящего момента M_k по формуле (1.3).

Обратная задача

По заданному осевому усилию P_{oc} или крутящему моменту M_k рассчитать посадку, которая обеспечит передачу нагрузки без смещения данных элементов соединения.

Порядок решения обратной задачи :

1. Используя формулу (1.2) или формулу (1.3), определить величину контактного давления p в соединениях.
2. Используя формулу (1.4), определить величину натяга N_ϕ .
3. С учётом предположения, что квалитет искомой посадки 6 или 7, определить по формуле (1.5) величину смятия контактной поверхности вала и втулки ΔN_c .
4. Исходя из формулы (6), определить величину среднего натяга N_c .
5. По таблице подбираем посадку, у которой величина среднего натяга N_c больше рассчитанного.

Контрольные вопросы

1. Как называются два допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали?
2. Как называется алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами?
3. В каких единицах измерения проставляют предельные отклонения на чертежах?
4. По какой формуле вычисляется верхнее отклонение отверстия?
5. По какой формуле вычисляется наибольший предельный размер вала, если известны его номинальный размер и верхнее отклонение?

6. Как называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами?
7. Как называется разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала?
8. Как расположены поля допусков отверстия и вала в посадках с натягом?
9. По какой формуле вычисляется допуск посадки с зазором, если известны наибольший и наименьший зазоры?
10. По какой формуле вычисляется допуск переходной посадки, если известны ее зазоры и натяги?
11. Как называется посадка, при которой возможно получение в соединении как зазора, так и натяга?
12. По какой формуле вычисляется допуск переходной посадки, если известны допуски отверстия и вала?
13. Как называются посадки, у которых наименьший зазор равен нулю?
14. Как называется разность между наибольшим и наименьшим зазорами?
15. В каких случаях отклонение равно нулю?
16. Как называется совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандарта?
17. Какой диапазон номинальных размеров является основным в машиностроении?
18. В каких единицах измерения вычисляется единица допуска?
19. Какой буквой обозначается количество единиц допуска в допуске данного качества?
20. Почему в пределах одного и того же качества все номинальные размеры имеют одинаковую степень точности?
21. Почему допуски в одном и том же качестве для разных интервалов размеров различны?
22. Почему при переходе от качеств высокой точности к качествам грубой точности допуски увеличиваются?
23. Сколько качеств установлено в ЕСПД?

Глава 2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

2.1. Механическая обработка. Термическая обработка.

Основные понятия. Режимы резания

Механическая обработка

Механической обработке подвергается большая часть деталей машин в машиностроении (за исключением деталей, полученных в процессах листовой и холодной объёмной штамповки). Эти детали получают из следующих заготовок: проката, поковок, отливок (крупных деталей, например, корпусов редуктора) и т.д.

Механическая обработка осуществляется на специальном оборудовании, называемом станками, и с помощью специального инструмента, например, токарного резца, сверла, фрезы и т.д.

Процесс обработки резанием основан на образовании новых поверхностей путём отделения поверхностных слоёв материала с образованием стружки. Та часть металла, которая снимается при обработке, называется припуском, т.е. припуск – это избыточный (сверх чертёжного размера) слой заготовки, оставляемый для снятия (удаления) режущим инструментом при обработке резанием. После снятия припуска на металлорежущих станках обрабатываемая деталь приобретает форму и размеры, соответствующие рабочему чертежу детали.

В зависимости от характера выполняемых работ и вида режущего инструмента различают следующие методы обработки металлов резанием (рис. 2.1): точение, фрезерование, протягивание, строгание, долбление, сверление, шлифование и др.

Термическая обработка

Термическая обработка заключается в изменении структуры и свойств материала заготовки вследствие тепловых воздействий. Этот процесс включает три стадии, следующие одна за другой: нагрев до определённой температуры; выдержка при заданной температуре; охлаждение с различной скоростью от максимальной температуры до комнатной.

Чтобы получить нужные свойства, сталь подвергают различным видам термической обработки: отжигу, нормализации, закалке и отпуску.

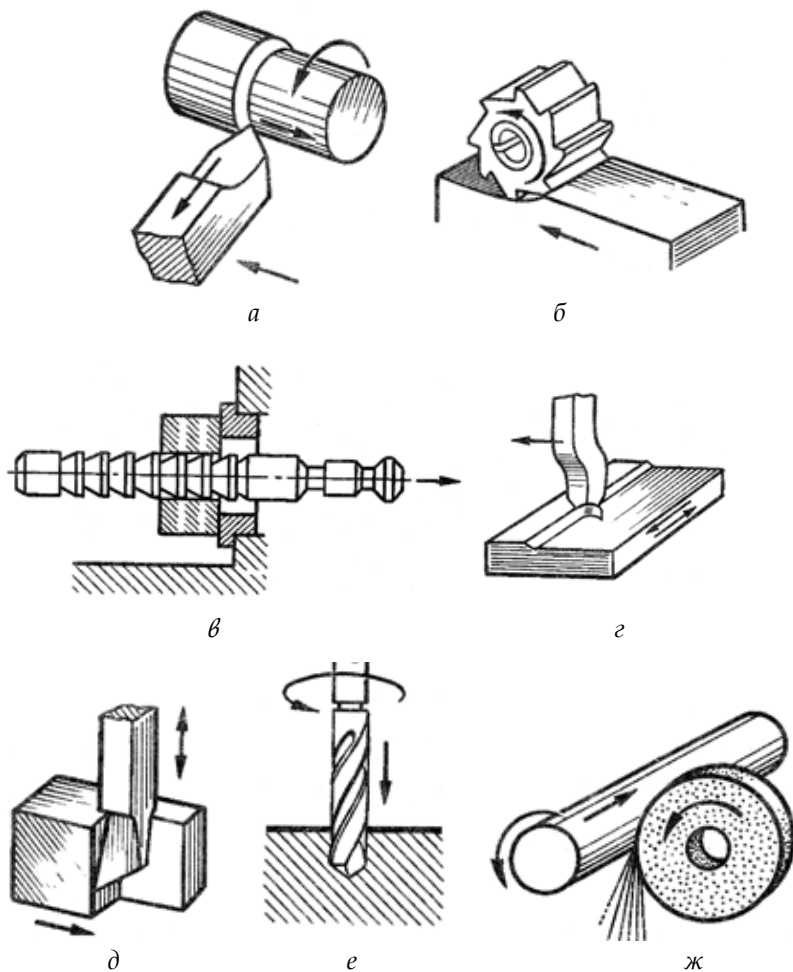


Рис. 2.1 – Методы обработки металлов резанием:
a – точение; *б* – фрезерование; *в* – протягивание;
г – строгание; *д* – долбление; *е* – сверление; *ж* – шлифование

Отжиг

Целью отжига – устранение дефектов структуры (после литья,ковки и т.д.) и понижение твёрдости. На третъей стадии это-

го вида термической обработки детали (поковки) медленно охлаждаются вместе с печью. В результате изменяется форма и размеры зёрен структуры стали, устраняется неоднородность её химического состава, уменьшаются внутренние напряжения, улучшаются свойства стали, а, следовательно, и её обрабатываемость резанием. Сталь после отжига приобретает умеренную прочность, низкую твёрдость, высокие пластические свойства.

Нормализация

Цель нормализации такая же, как и в отжиге. На третьей стадии данной термической обработки детали (поковки) быстро охлаждаются на воздухе. В результате структура стали становится более мелкозернистой, чем при отжиге. Нормализации подвергают отливки и поковки. Этот вид термической обработки распространён в машиностроении больше, чем отжиг, т.к. он более экономичен.

Закалка

Закалка с последующим отпуском повышает прочность и твёрдость, а для нержавеющей сталей – антикоррозионную стойкость. На третьей стадии данной термической обработки детали (поковки) быстро охлаждаются в воде, масле, растворах солей и т.д. Закалка – наиболее распространённый вид термической обработки. Закалывают зубчатые колёса, пружины, резцы, зубила, валы, фрезы и многие другие изделия и инструменты.

Отпуск

Основное назначение данной операции - уменьшение твёрдости, увеличение пластичности и вязкости. На третьей стадии данной термической обработки детали (поковки) относительно медленно охлаждаются на воздухе, в воде, масле или в другой среде. Отпуск осуществляется после закалки. При этом детали (поковки) нагревают в печи до температуры 200, 400 или 600 °С.

Процесс изготовления деталей механической обработкой с привлечением термической обработки состоит из следующих этапов:

- из заготовки изготавливается полуфабрикат, размеры которого больше размеров детали на 1...3 мм. Превышение размеров

полуфабриката на эту величину необходимо для того, чтобы учесть часть металла, которая окислится при термообработке и уйдёт в отход (стружку) при дальнейшей обработке;

- термообработка для получения требуемых свойств (например, закалка с отпуском);
- окончательная механообработка (удаление оставленного припуска в 1...3 мм) и получение детали с размерами согласно чертежу.

Основными параметрами режима резания являются:

- 1) глубина резания t (мм) – глубина внедрения инструмента в заготовку;
- 2) подача s (мм) характеризует величину, на которую смещается инструмент при каждом новом проходе по сравнению с предыдущим;
- 3) скорость резания V (мм/с) – скорость перемещения инструмента относительно заготовки или наоборот.

2.2. Металлы и сплавы, применяемые для механической обработки

В машиностроении чистые металлы почти не применяются, поскольку не обладают набором свойств, которые предъявляются к конструкционным, инструментальным, а тем более, к специальным материалам. Поэтому широкое применение в технике получили сплавы – макроскопически однородные металлические материалы, состоящий из смеси двух или большего числа химических элементов с преобладанием металлических компонентов. Сплавы состоят из основы (одного или нескольких металлов), малых добавок специально вводимых в сплав легирующих и модифицирующих элементов, а также из неудалённых примесей (природных, технологических и случайных). Составляющие сплав элементы называются компонентами. Сплавы могут состоять из двух, трех, четырех и более компонентов. Сплавы являются одним из основных конструктивных материалов. Среди них наибольшее значение имеют сплавы на основе железа и алюминия. В технике применяется более пяти тысяч сплавов. Металлы и сплавы подразделяют на черные (ме-

талл-железо и сплавы на основе железа и углерода – чугуны и стали) и цветные (металлы-медь, алюминий, цинк, свинец, олово и сплавы-латунь, бронза).

Стали подразделяются:

- по химическому составу на углеродистые и легированные;
- по назначению (применению) на конструкционные, инструментальные, пружинные, автоматные, литейные и т.д.

Каждый сплав состоит из нескольких элементов. Все элементы, находящиеся в сплаве, можно разделить на нужные и ненужные. Нужные элементы – это те, которые непременно должны быть в сплаве и без которых сплав не имеет необходимых свойств. Такие элементы принято называть компонентами. Остальные или ненужные элементы называют примесями.

Компоненты целенаправленно вводят в сплав, а примеси в большинстве случаев попадают как крайне нежелательные элементы, являясь неизбежными спутниками исходных шихтовых материалов, металлов, топлива, кирпичной футеровки металлургических печей и т.д.

Углеродистые стали

В углеродистой стали важным элементом является углерод. Он больше остальных компонентов влияет на физико-механические свойства сплава. Примеси (кремний, фосфор и сера) – постоянные спутники в процессе выплавки стали, попадают в нее из руды.

Углеродистые стали делят по нескольким признакам:

- по способу производства стали на: конверторную, мартеновскую и электросталь;
- по способу раскисления стали на: кипящую (раскислена только марганцем – *Mn*), спокойную (раскислена всеми тремя элементами – *Mn*, кремнием и алюминием), полуспокойную (раскислена только *Mn* и кремнием). Раскислением называется процесс удаления из жидкой стали кислорода (O_2);
- по качеству стали на: сталь обыкновенного качества, качественную и высококачественную. При этом главным признаком является содержание вредных примесей.

Сталь обыкновенного качества

Стали углеродистые обыкновенного качества подразделяются на группы А (поставляемую по механическим свойствам), Б (поставляемую по химическому составу) и В (поставляемую по механическим свойствам с дополнительными требованиями по химическому составу).

Сталь группы А маркируется буквами «Ст» и цифрами (от 0 до 6). Чем выше число, тем выше прочность и твердость стали и ниже её пластичность. Характер стали по раскислению обозначается (сокращенно): кипящую – кп, спокойная – сп, полуспокойная – пс. Например: Ст0кп, Ст3пс.

Сталь группы Б маркируется сначала буквами «М», «К», «Б» (мартеповская, конверторная, бессемеровская), а затем буквами «Ст» и цифрами. Поставляется металлургическими заводами с гарантированным химическим составом по углероду, марганцу, кремнию, сере и фосфору. Например: КСт3пс – сталь обыкновенного качества, конверторного производства с гарантированным химическим составом, 3 группа, полуспокойная. При этом, чем выше число, тем выше содержание в стали углерода, но цифра на содержание углерода не указывает.

Сталь группы В изготавливается мартеповским способом и маркируется сначала буквой «В», а затем буквами «Ст» и цифрами. Например: ВСт2, ВСт3, ВСт5кп. В этом случае механические свойства стали соответствуют свойствам стали группы А этого же номера, а химический состав стали группы В этого же номера, но мартеповского производства.

Сталь качественная

Качественные стали обладают меньшим количеством неметаллических включений, в них меньше примесей и поэтому они обладают более высокими механическими и другими эксплуатационными свойствами. Применяются для изготовления ответственных деталей машин (валы, оси, зубчатые колеса и т.д.), маркируются они двухзначным числом, которое показывает среднее содержание углерода в сотых долях %. Например: 05кп, 10кп, 10, 15, 20...55. Если в обозначении марки стали рядом с

числом стоит буква Г (например, 65Г), то это означает, что в стали есть марганец.

Сталь высококачественная

Для обозначения высококачественной стали используется буква «А» в конце марки стали. Высококачественные углеродистые стали используются для изготовления инструментов.

Инструментальные высокоуглеродистые стали

Служат для изготовления режущего, мерительного, бурового и прочего инструмента.

Высокоуглеродистые инструментальные стали маркируются буквой «У» (указывает на то, что сталь углеродистая) и цифрами, обозначающими содержание углерода в десятых долях %. Например: У7, У8, У13.

Для обозначения высококачественной стали в конце марки стали записывается буква «А». Например: У7А, У13А и т.д. Если же буква «А» отсутствует, то сталь просто качественная. Как правило, инструментальные стали, особенно высококачественные, выплавляются в электрических печах. Из них изготавливают метчики, матрицы, пуансоны и т.д.

Легированные стали

Легированная сталь, кроме обычных примесей (кремния, марганца, серы и фосфора), содержит ряд легирующих элементов. Их специально вводят в сталь в момент плавки для получения определенных заданных свойств. К ним относятся: никель (обозначение условное при маркировке стали буквой «Н»), вольфрам (В), молибден (М), титан (Т), ванадий (Ф), алюминий (Ю), медь (Д), кобальт (К), бор (Р), кремний (С), марганец (Г), ниобий (Б), фосфор (П), хром (Х). Легирующие элементы изменяют как механические, так и физические свойства стали.

Легированные конструкционные стали

Конструкционные стали служат для изготовления различных инженерных конструкций, деталей машин, станков и многих других изделий (станины, валы, пружины, шестерни, шатуны и т.д.).

Делятся на качественные (15Х, 20Х, 18ХГ, 15ХФ, 15ХМ и т.д.) и высококачественные (38ХА, 20ХН3А, 35ХГСА и т.д.) стали.

В маркировке легированных сталей цифры перед первой буквой указывают на среднее содержание углерода в сотых долях %, цифры после букв – на приблизительное процентное содержание соответствующего легирующего элемента в целых единицах. Если цифры после буквы нет, значит содержание данного легирующего элемента примерно равно 1% (менее 2%). Марки высококачественной стали содержат в конце обозначения букву «А». Например: 20ХГСА – легированная конструкционная высококачественная сталь, содержащая 0,2% углерода и около 1% хрома, марганца, кремния.

Быстрорежущие стали

Эти стали относятся к группе легированных инструментальных сталей. Они обладают красностойкостью, т.е. способностью не терять режущих свойств при нагреве до температуры 600-700 °С. Быстрорежущие стали способны резать металл со скоростью в 3-4 раза выше допустимой для углеродистых инструментальных сталей.

Основными легирующими элементами быстрорежущей стали являются вольфрам, хром и ванадий.

Быстрорежущие стали маркируются буквой «Р» и цифрами после этой буквы, указывающими на среднее содержание вольфрама в целых %. У самых распространённых марок (Р6, Р9, Р12, Р18) содержание других элементов не обозначается.

Если в маркировке быстрорежущей стали кроме буквы «Р» встречаются и другие буквы, а после них цифры, то в этом случае буквы и цифры расшифровываются как в маркировках легированных конструкционных сталей (см. выше).

Цветные металлы и их сплавы

Условное обозначение буквами элементов при маркировке цветных металлов: А – алюминий, Б – бериллий, Ж – железо, К – кремний, Мг – магний, Мц – марганец, М – медь, Н – никель, О – олово, С – свинец, Ц – цинк, Х – хром.

Применяют цветные металлы главным образом в виде сплавов. Наиболее широкое распространение в автомобилестроении получили сплавы алюминия (блоки цилиндров легковых автомобилей, поршни, корпусные и прочие детали) и меди (в первую очередь, электротехнические изделия).

Алюминиевые сплавы

Алюминиевые сплавы делятся на литейные и деформируемые, подвергающиеся обработке давлением.

Основной спецдобавкой литейных сплавов является кремний (маркировка сплава – АЛ2), магний (АЛ8), медь (АЛ12) и разные комбинации этих элементов (АЛ4, АЛ9 и др.). Так, в алюминиевом литейном сплаве АЛ4 буква «А» означает алюминий, буква «Л» – литейный, цифра 4 – порядковый номер сплава.

К деформируемым алюминиевым сплавам, обрабатываемым давлением, в первую очередь, относятся дуралюмины – это сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем, кремнием и железом (маркировка сплавов – Д1 и Д16) и сплавы АМг2, АМг4 и АМц, в которых цифры отражают только номер сплава.

Медь и медные сплавы

Практическую значимость меди, в первую очередь, для использования в электротехнических изделиях переоценить практически невозможно.

К медным сплавам, имеющим также важное практическое применение в автомобилестроении (и не только), относят латуни (сплавы меди с цинком) и бронзы.

Латуни маркируются буквой «Л» и цифрой, которая обозначает содержание меди в целых %. Существует семь марок обыкновенных латуней (Л99, Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л62) и различные специальные латуни (ЛС64-2, ЛК80-3, ЛМЖ 55-3-1). Например: марка Л63 содержит 63% меди, 37% цинка и примесей.

Бронзы делятся на оловянные (сплав меди с оловом) и безоловянные (сплав меди с другими элементами). Бронзы маркируются буквами «Бр» и последующими буквами введенных элементов. Цифры отражают среднее содержание введенных элементов в %. Так, оловянная бронза БрОЦСН 3-7-5-1 ГОСТ 613-79

содержит 3% олова, 7% цинка, 5% свинца, 1% никеля, а остальные 84% - медь. Безоловянная бронза БрАЖН 10-4-4 ГОСТ 18175-78 содержит 10% алюминия, 4% железа, 4% никеля, а остальные 82% - медь и примеси.

Твёрдые сплавы

Твёрдые спечённые сплавы – это особо твёрдые и износостойкие материалы.

Твёрдость режущего инструмента колеблется в пределах от 62...64 единицы и измеряется, в основном, по шкале HRC, твердомером. При твердости HRC < 62 существенно возрастает изнашиваемость лезвий режущего инструмента, а при HRC > 64 лезвия выкрашиваются из-за излишней хрупкости. Твёрдые сплавы и минералокерамика имеют твердость близкую к твердости алмаза.

Режущие свойства инструментов, изготовленных из твердого сплава, нарушаются лишь при температуре 1000 °С. Поэтому режущий инструмент, оснащенный пластинками из твердого сплава, может работать в несколько раз производительнее, чем такой же инструмент из быстрорежущей стали.

Твёрдые сплавы состоят в основном из карбидов вольфрама, молибдена, хрома, титана и других металлов, а также чистого кобальта, связывающего кристаллы этих карбидов. В их маркировке буква «В» обозначает карбид вольфрама, «Т» – карбид титана, «К» – кобальт, цифры за буквами отражают содержание данного компонента в %. Содержание карбида вольфрама как основного компонента цифрой не обозначается. Так, сплав ВК6 содержит 6% кобальта и 94% карбида вольфрама; сплав Т15К6 – 15% карбида титана, 6% кобальта и 79% карбида вольфрама.

Обработываемость сталей и сплавов резанием

Стали и сплавы подразделяются по их обработываемости – их способности подвергаться обработке резанием (как правило, на металлорежущих станках):

♦ Легкие сплавы, как наиболее легко обработываемые резанием. Это сплавы на основе алюминия и меди (различные латуни и бронзы);

♦ Средне обрабатываемые стали и сплавы. К ним относятся, углеродистые 20ХН и другие;

♦ Трудно обрабатываемые. Это аустенитные стали, стали легированные хромом (Cr)(13-20%), специальные сплавы с никелем (Ni) (30-70%), сплавы с ниобием.

Инструмент, выполняющий операцию резания, называется режущим, а материалы, из которых изготавливается режущий инструмент, – инструментальными материалами.

Классификация инструментальных материалов

В процессе резания выделяется большое количество тепла, которое приводит к разогреву режущей кромки инструмента. Чем выше скорость резания, тем больше температура инструмента. Красностойкость (теплостойкость) инструментальной стали определяется максимальной температурой θ_c , до которой она сохраняет свою высокую твердость. Для разных марок инструментальных материалов, в зависимости от структурного и фазового состава, эта температура колеблется от 200...1000 °С.

1. Углеродистые стали. ГОСТ 1425-74, марки: У10А, У12А, $\theta_c = 220$ °С.

2. Легированные инструментальные стали. ГОСТ 12265-72, марки: ХВГ, ХВ5, 9ХС, $\theta_c = 250$ °С.

3. Быстрорежущие стали (с содержанием вольфрама (W) – обозначается Р). ГОСТ 19265-73, $\theta_c = 550 - 580$ °С. Марки:

♦ С максимальным количеством вольфрама: Р18, Р18Ф2, Р14Ф4 и другие.

♦ Со средним количеством вольфрама: Р9Ф5, Р9К5, Р9К5Ф5 и другие.

♦ С низким содержанием вольфрама: Р6М5.

4. Твердые сплавы. $\theta_c \approx 900$ °С.

♦ Однокарбидные: ВК8, ВК6 и другие.

♦ Двухкарбидные: Т15К6 (в нем: карбида титана (Ti) – 15%, Кобальта (Co) – 6%, а остальное – карбид вольфрама (W)) и другие.

♦ Трехкарбидные: ТТК и другие.

5. Минералокерамика. Марка: ЦМ332, $\theta_c \approx 125$ °С.

6. Алмазы (натуральные и синтетические). $\theta_c = 850 - 1000 \text{ }^\circ\text{C}$.
7. Эльбор (кубанит, буразол, боразон). $\theta_c = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.3. Точение. Оборудование и инструмент. Режимы резания

Точение – операция обработки резанием тел вращения, винтовых и спиральных поверхностей при помощи резцов на станках токарной группы.

Для осуществления процесса резания необходимо иметь два движения – главное движение резания и движение подачи (рис. 2.2). Главное движение при точении – это вращательное движение обрабатываемой заготовки. Движение подачи при точении – медленное поступательное перемещение в продольном или поперечном направлении режущего инструмента (резца) и предназначено для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность (или на необработанные участки заготовки).

При резании металла токарным резцом различают три вида поверхностей (рис. 2.2): 1 – обрабатываемую, 2 – поверхность резания, 3 – обработанную.

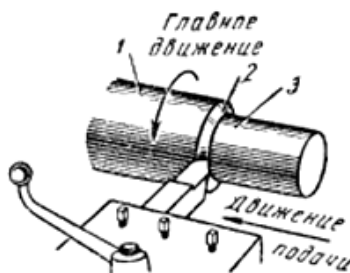


Рис. 2.2 – Виды движения и поверхностей при точении

Оборудование

К станкам токарной группы можно отнести: токарные, токарно-винторезные, карусельные, многорезцовые, токарно-револьверные, токарные автоматы, полуавтоматы и др.

Токарно-винторезный станок – универсальный, так как применяется для выполнения самих разнообразных токарных работ. Этот станок, как правило, состоит из следующих основных частей (рис. 2.3):

- станины, в левой нижней части которой установлен электродвигатель;

- передней бабки, установленной с левой стороны станины. В ней располагается коробка скоростей для изменения частоты вращения ведомого вала (шпинделя). На шпиндельном валу навинчен либо трёх-кулачковый патрон, либо планшайба с поводком, либо центр. В них крепится обрабатываемая заготовка;
- задней бабки. В конус пиноли задней бабки можно вставлять либо упорный центр для поддержания второго конца обрабатываемой длинной детали, либо инструменты для обработки отверстий – свёрла, зенкеры, развёртки;
- суппорта, на салазках которого установлен поворотный резцедержатель для закрепления резцов, обрабатывающих заготовку.

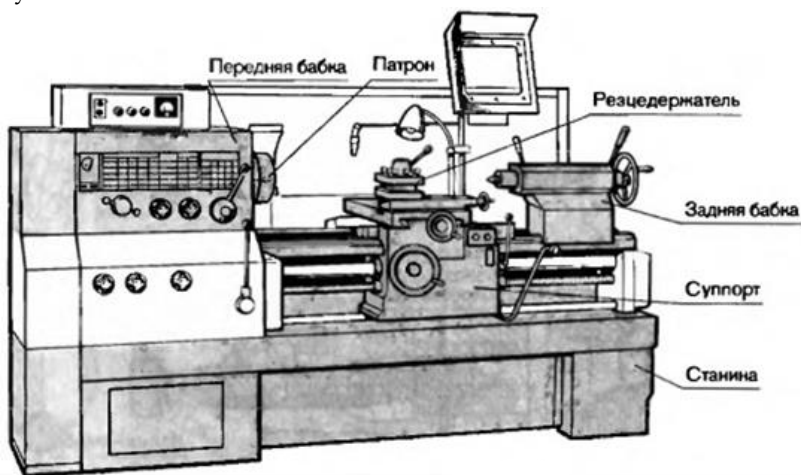


Рис. 2.3 – Токарно-винторезный станок

Инструмент

На токарных станках можно выполнять самые разнообразные работы: обтачивать наружные и растачивать внутренние цилиндрические, конические и фасонные поверхности вращения, прорезать канавки, подрезать торцы, нарезать резьбы, сверлить, зенкеровать, зенковать, развёртывать отверстия и др. Для станков токарной группы основным инструментом являются резцы, для обработки отверстия – свёрла, зенкеры, развёртки, а для нарезания резьбы – резцы, метчики и плашки.

Токарный резец (рис. 2.4) представляет собой стержень прямоугольного или квадратного сечения (тело резца), с помощью которого резец крепится в резцедержателе, рабочая часть которого (головка) имеет режущие кромки в форме клина и непосредственно принимает участие в отделении срезаемого слоя металла.

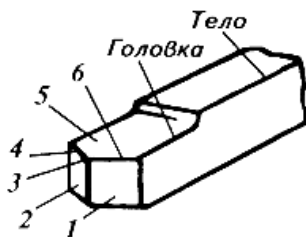


Рис. 2.4 – Элементы токарного резца:
 1 – главная задняя поверхность; 2 – вспомогательная задняя поверхность; 3 – вершина резца; 4 – вспомогательная режущая кромка; 5 – верхняя передняя поверхность; 6 – главная режущая кромка

Резец характеризуется габаритными размерами по высоте h , ширине b и длине l (рис. 2.5).

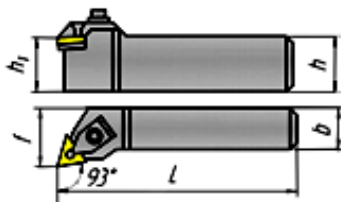


Рис. 2.5 – Габаритные геометрические размеры резца с механическим креплением сменной твердосплавной режущей пластины

Токарные резцы подразделяются по характеру работы, по материалу режущей части, по конструкции или способу изготовления, по направлению подачи, по форме головки, по назначению. По характеру работы резцы делятся на черновые и чистовые. Черновые резцы используются для предварительной обточки деталей, во время которой снимается наибольшая часть припуска. Поэтому эти резцы имеют такую форму, при которой

обеспечивается наибольшая производительность станка. Чистота обработанной поверхности, а также соблюдения точных размеров детали при этом не требуется. Чистовые резцы применяются для окончательной отделки деталей. Припуски, которые снимаются в данном случае, обычно невелики. Основное требование, предъявляемое к чистовому резцу, – это обеспечение требуемой чистоты обработанной поверхности.

Для изготовления режущего инструмента применяют следующие инструментальные материалы: углеродистые, легированные, быстрорежущие стали; твёрдые сплавы; металлокерамику; искусственные алмазы; синтетические материалы (композиты, гексомиты) и др.

Классификация токарных резцов регламентируется требованиями соответствующего ГОСТ. Согласно положениям данного документа, резцы причисляется к одной из следующих категорий (рис. 2.6):

- цельный инструмент, полностью изготовленный из легированной стали. Существуют также резцы, которые изготавливаются целиком из инструментальной стали, но используются они крайне редко;
- резцы, на рабочую часть которых напаяется пластина, выполненная из твердого сплава. Инструменты данного типа получили наибольшее распространение;
- резцы со съёмными твердосплавными пластинами, которые крепятся к их рабочей головке при помощи специальных винтов или прижимов. Используются резцы данного типа значительно реже по сравнению с инструментами других категорий.

В современной практике широко используются резцы с многогранными неперетачиваемыми пластинками твердого сплава (рис. 2.7). Пластина насаживается с зазором на штифт 3, запрессованный в корпус резца. Крепится пластинка клином и винтом и дополнительно прижимается к опорной поверхности корпуса усилием резания. При затуплении лезвия пластинка освобождается, поворачивается так, чтобы в рабочее положение становилась следующая грань, и закрепляется.

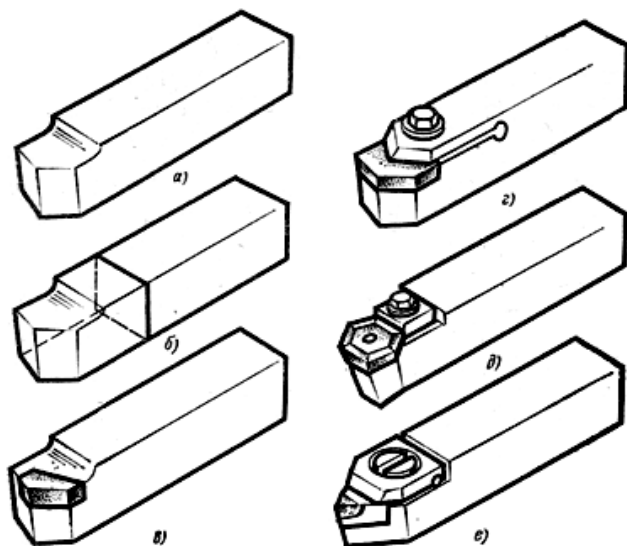


Рис. 2.6 – Категории токарных резцов:

a – цельный резец – из одного материала; *б* – сваренный резец из двух металлов; *в* – резец с припаянной пластинкой; *г* – резец с механически закрепленной пластинкой; *д* – резец с поворотной пластинкой; *е* – резец с алмазной вставкой

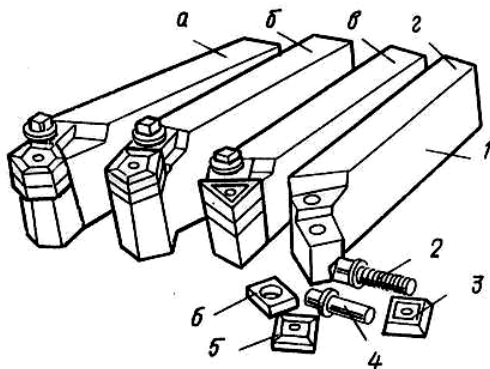


Рис. 2.7 – Резцы с многогранными пластинками:

a – с шестигранной; *б* – с пятигранной; *в* – с трехгранной; *г* – с четырехгранной; 1 – державка (сталь 40Х); 2 – винт (сталь 45); 3 – клиновидная пластинка (сталь 45); 4 – ось (сталь 45); 5 – режущая пластинка (твердый сплав); 6 – подкладка (твердый сплав)

Конструктивные варианты некоторых неперетачиваемых твердосплавных пластин приведены на рис. 2.8.

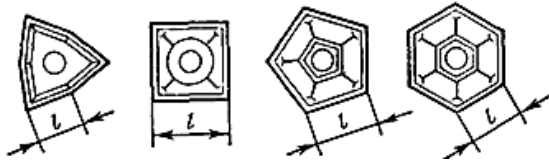


Рис. 2.8 – Формы твердосплавных механически закрепляемых пластин

На рис. 2.9 представлено применение токарных резцов по виду обработки детали.

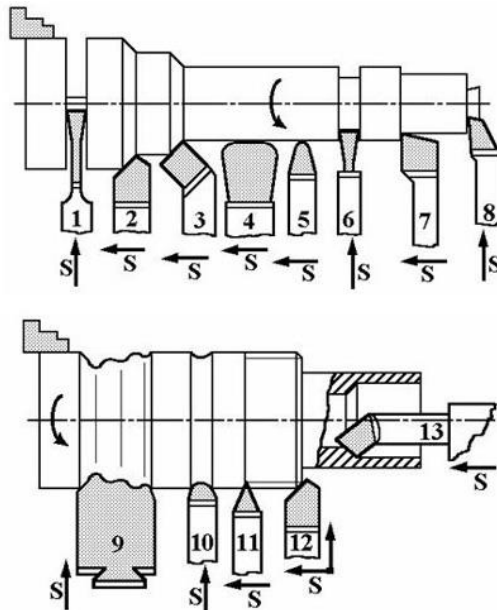


Рис. 2.9 – Токарные резцы:

1 – отрезной; 2 – проходной прямой; 3 – проходной отогнутый; 4 – чистовой широкий (лопаточный); 5 – чистовой радиусный; 6 – прорезной (канавочный); 7 – проходной упорный; 8 – подрезной; 9 – фасонный призматический; 10 – галтельный; 11 – резьбовой наружный; 12 – фасочный; 13 – расточный проходной

Отрезные резцы 1 служат для отрезания обработанной детали. Проходные резцы 2 и 3 применяют для наружного точения

деталей с продольной подачей, подрезные торцовые резцы 3 – для обработки торцовых поверхностей, чистовые резцы 4 и 5 – для окончательной отделки деталей, прорезной (канавочный) резец 6 – для вытачивания узких прямоугольной канавок определенной ширины, форма его режущей кромки точно воспроизводит профиль канавки, проходной упорный резец 7 – для черновой и чистовой обработки цилиндрических деталей. Подрезной резец 8 – один из основных инструментов для обработки деталей на токарном станке, имеющих широкое применение: едва ли не каждая основная операция на токарном станке выполняется с использованием этого инструмента. Фасонные призматические резцы 9 используют для обработки различных фасонных поверхностей, галтельные резцы 10 – для протачивания закругленных канавок и переходных поверхностей. Резьбовой наружный резец 11 применяют для нарезания наружной резьбы. Фасочный резец 12 является весьма нестандартным инструментом для токарных станков, использующийся для обработки тех деталей с обеспечением большей идентичности формы и точности размеров изготавливаемой детали. Расточные проходные резцы 13 применяют для растачивания отверстий.

По направлению подачи резцы делятся на правые и левые (рис. 2.10, *a-b*). Правыми называют резцы, которыми работают при подаче справа налево, и у которых главная режущая кромка расположена слева. Левыми называют резцы, которыми работают при подаче слева направо, а главная режущая кромка левых резцов расположена справа. По форме головки резцы делятся на прямые и отогнутые. Прямыми называют резцы, у которых ось резца в плане прямая, отогнутыми (рис. 2.10, *в-г*) – резцы, у которых ось резца в плане отогнута вправо (*в*) или влево (*г*).

Основные элементы режима резания при точении

Режимы резания – совокупность таких понятий, как глубины резания, t , подача S , скорость резания V , а также ширина b и толщина a стружки (рис. 2.11). Как правило, этим основными элементами режима резания при точении соответствуют значе-

ния стойкости режущего инструмента, которые непосредственно связаны с параметрами режима резания.

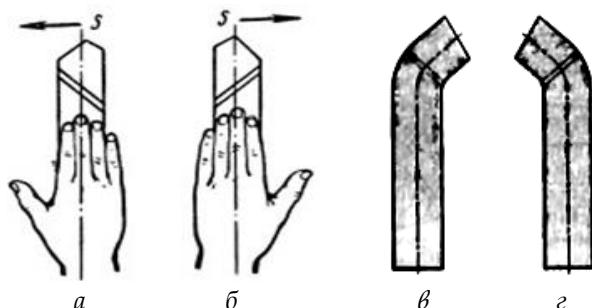


Рис. 2.10 – Определение правого (а) и левого (б) резца, правый (в) и левый (г) отогнутые резцы

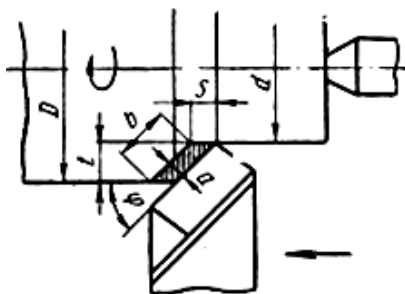


Рис. 2.11 – Элементы режима резания при токарной обработке

Глубина резания t – толщина слоя металла, снимаемого за один рабочий ход (проход), глубина внедрения режущего лезвия резца в материал подвергаемой точению заготовки. Определяется перпендикулярно к обрабатываемой поверхности заготовки, как кратчайшее расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями ($t = (D - d)/2$) и измеряется в мм.

Подача S_0 – расстояние, пройденное режущей кромкой инструмента (резца, фрезы и др.) за один оборот заготовки в направлении вспомогательного движения D_s (указано стрелкой на рис. 2.11), её измеряют в [мм/об]. Кроме подач S_0 различают: минутную подачу S_M [мм/мин]; подачу на зуб S_Z [мм/зуб] – для протяжек и других многозубых агрегатов инструментов; подачу

на двойной ход $S_{дв.ход}$, измеряемой в [мм/дв. ход] и другие виды. Иногда используется понятие скорости подачи. В зависимости от направления, по которому перемещается резец при точении относительно оси центров станка, различают: продольную подачу (вдоль оси центров); поперечную подачу (перпендикулярно к оси центров); наклонную подачу (под углом к оси центров при обтачивании конической поверхности).

Ширина срезаемого слоя b – длина стороны сечения срезаемого слоя в мм.

Толщина срезаемого слоя a – расстояние между двумя последовательными положениями режущей кромки за один оборот детали, измеряемое перпендикулярно к ширине среза в мм.

Скорость резания V – путь, проходимый режущей кромкой инструмента относительно обрабатываемой поверхности в единицу времени t . Измеряется в метрах в минуту (м/мин). Скорость резания V может сообщаться как заготовке, так и инструменту (режущему, абразивному). Если главное движение резания – вращательное (рис. 2.12, а), то скорость резания V равна линейной скорости относительного движения заготовки и режущего инструмента:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \left[\frac{м}{мин} \right],$$

а при абразивной обработке (рис. 2.12, б):

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} \left[\frac{м}{сек} \right].$$

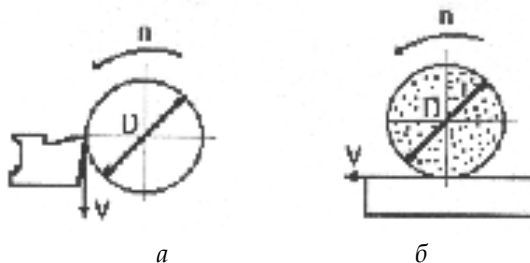


Рис. 2.12 – Главное движение при резании (а) и абразивной обработке (б)

Режимы резания взаимосвязаны. Значения точности обработки, которая характеризуется достигаемым при обработке качеством, шероховатости обработанной поверхности, измеряется в единицах R_a , R_z и стойкости режущего инструмента, непосредственно связаны с параметрами режима резания. При лезвийной обработке достигается точность обработки до 6 качества, а шероховатость $R_a = 1$; при абразивной обработке – до 4 качества, а шероховатость $R_a \rightarrow 0$; при тонком алмазном точении – до 0,3 мкм, а шероховатость – до 0,04 мкм.

Стойкостью инструмента или периодом стойкости называется продолжительность резания новым или переточенным инструментом до его отказа, т.е. до достижения предельно допустимого износа. Кроме времени, стойкость можно оценивать площадью обработанной поверхности, числом обработанных заготовок, отверстий и др. Эти критерии зависят от многих условий резания, а, главным образом, от сочетания свойств режущего и обрабатываемого материалов. За один из критериев достижения предельно допустимого износа режущего инструмента можно принять момент затупления его главной режущей кромки, который иногда определяют и по следующим технологическим критериям:

- а) но увеличению шероховатости обработанной поверхности, вызванному износом инструмента;
- б) по потере размера детали при чистовой обработке;
- в) по появлению «свиста»;
- г) по появлению вибраций;
- д) по поломке мелкоразмерного инструмента и т.п.

2.4. Режимы операций сверления, зенкерования, зенкования развёртывания. Оборудование и инструмент

Большинство деталей машин и механизмов имеет круглые отверстия, которые можно классифицировать по:

- точности – на неточные – крепёжные и точные – посадочные;
- форме – на сквозные и глухие, цилиндрические, конические и резьбовые;

- расположению – на соосные, параллельные, с пересекающимися или непересекающимися осями;
- глубине – на глубокие отверстия ($L/D \geq 10$) и не глубокие отверстия ($L/D < 10$).

Оборудование

Сверлильные станки применяются для сверления отверстий и дальнейшей обработки поверхностей. В зависимости от расположения шпинделя сверлильные станки разделяются на вертикальные, горизонтальные, радиальные и др. К станкам сверлильной группы также относятся: радиально-сверлильные, многошпиндельные сверлильные, расточные (горизонтально- и координатно-расточные) и т.д. Вертикально-сверлильный станок современной конструкции (рис. 2.13) включает основание 1, колонну 2, коробку скоростей 3, коробку подач 4, электродвигатель 5 и стол 6, на котором устанавливают обрабатываемую деталь.

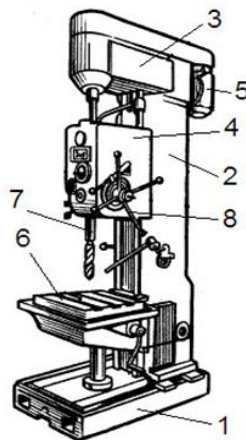


Рис. 2.13 – Вертикально-сверлильный станок

Движение резания и движение подачи на этих станках получает шпиндель 7 с режущим инструментом благодаря штурвалу ручного подъема и опускания шпинделя 8. Для совмещения оси шпинделя с осью обрабатываемого отверстия необходимо вручную перемещать и устанавливать обрабатываемую деталь на столе станка, отчего эти станки успешно могут применяться только для обработки компактных деталей.

Для обработки отверстий в более- и крупногабаритных, а также тяжёлых деталях используются радиально-сверлильные станки, конструкция которых специально приспособлена так, что позволяет при неподвижно закреплённой на столе или на основной плите станка детали совмещать оси обрабатываемых отверстий с осью шпинделя за счёт перемещения шпиндельной бабки и поворота колонны с траверсой. Дополнительные узлы в

конструкции универсальных радиально-сверлильных станков позволяют установить ось шпинделя под любым углом в пространстве для сверления наклонных отверстий. Технические возможности современных радиально-сверлильных станков позволяют выполнять с его помощью различные операции по обработке металла: сверление и рассверливание отверстий различного диаметра, зенкерование, нарезку резьбы, осуществляемую при помощи метчика. Даже настольный станок данной категории можно оснащать различными рабочими инструментами, которые повышают его функциональность. Оснащенные такими инструментами, радиально-сверлильные станки дают возможность выполнять технологические операции, характерные для оборудования расточной группы.

Сверлильные станки позволяют производить обработку отверстий сравнительно небольшого диаметра – до 80-1000 мм. В то же время при изготовлении крупногабаритных машин часто встречается необходимость в обработке отверстий в корпусных деталях диаметром до нескольких метров. Сверлильные станки не приспособлены также для обработки точных отверстий, к которым предъявляются строгие требования в отношении прямолинейности оси и расположения относительно других поверхностей деталей. Для решения этих задач наиболее приспособленными являются расточные станки.

Из всей группы сверлильных станков наиболее универсальными являются горизонтально-расточные станки. На них, кроме операций, для которых приспособлены обычные сверлильные станки, можно также производить расточку отверстий, подрезку резцом наружных и внутренних торцов, расточку внутренних канавок, нарезку резцом внутренних резьб, а также все фрезерные операции.

Технологические операции и рабочий инструмент

Режущим рабочим инструментом любого сверлильного станка являются: сверло, зенкер, развёртка, зенковка и др.

Свёрла бывают разных типов:

- спиральное с цилиндрическим или коническим хвостовиком. Сверление (см. рис. 2.1, *e* на стр. 37) отверстий диаметром до 80 мм в заготовке осуществляется с помощью спиральных свёрл (рис. 2.14, *a*). Для сверления отверстий диаметром свыше 80 мм применяют свёрла специальных конструкций (в частности, пустотелые кольцевые свёрла, рис. 2.14, *б*);
- перовое (рис. 2.14, *в*) сверло используется для сверления отверстий в отливках. Оно проще в изготовлении, чем спиральное, но незначительно уступает ему в производительности и точности сверления;
- центровочное (рис. 2.14, *г*) сверло применяется для получения на торце детали специального отверстия, точно совпадающего с осью детали и служащего в дальнейшем для центрирования этой детали;
- пушечное или ружейное (рис. 2.14, *д*) сверло применяется для сверления глубоких отверстий в валах, шпинделях, в стволах винтовок и орудий (у них $L/D \geq 10$). Точность сверления такими свёрлами весьма высокая.

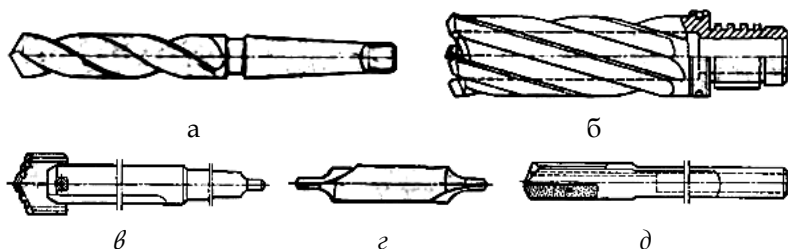


Рис. 2.14 – Типы свёрл:

a – спиральное сверло; *б* – пустотелое кольцевое сверло;
в – перовое сверло; *г* – центровочное сверло; *д* – глубокого сверления

Наиболее часто на производстве и в быту используются спиральные свёрла (рис. 2.15), которые состоят из рабочей части, хвостовика и шейки. Торец рабочей части, на котором расположены две режущие кромки, называется режущей частью сверла. Угол между режущими кромками (угол при вершине 2φ) зависит от обрабатываемого материала: алюминий – 140 град., ла-

тунь – 100...110 град., чугун и сталь – 116...118 град. На рабочей части сверла имеются две спиральные канавки (по ним стружка выводится из отверстия заготовки). Хвостовик сверла служит для закрепления его в шпинделе или патроне сверлильного станка. Хвостовик может иметь коническую (рис. 2.15, а) или цилиндрическую форму (рис. 2.15, б). Конические хвостовики выполняются по стандарту (конус Морзе №1, 2 и т.д.). Конус точно центрирует инструмент относительно оси шпинделя и передаёт крутящий момент от шпинделя к инструменту, а лапка предохраняет инструмент от проворачивания в конусе шпинделя.

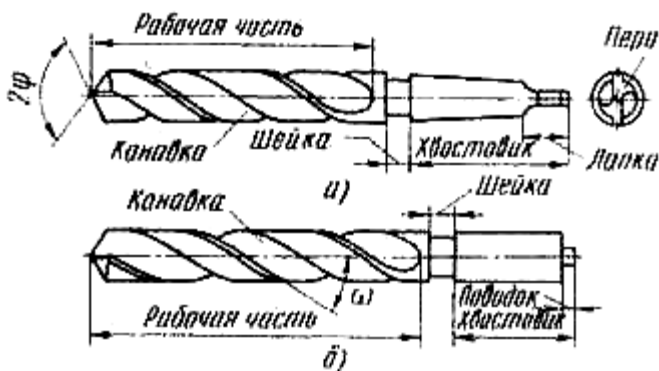


Рис. 2.15 – Элементы спирального сверла с коническим хвостовиком

Сверло имеет: две главные режущие кромки, образованные пересечением передних винтовых поверхностей канавок, по которым сходит стружка, с задними поверхностями, обращенными к поверхности резания; поперечную режущую кромку (перемычку), образованную пересечением обеих задних поверхностей; две вспомогательные режущие кромки, образованные пересечением передних поверхностей с поверхностью ленточки сверла – узкой полоски на его цилиндрической поверхности, расположенной вдоль винтовой канавки и обеспечивающей направление сверла при резании. Угол ω наклона винтовой канавки (рис. 2.16) – угол между осью сверла и касательной к винтовой линии по наружному диаметру сверла ($\omega = 20\text{--}30$ град.).

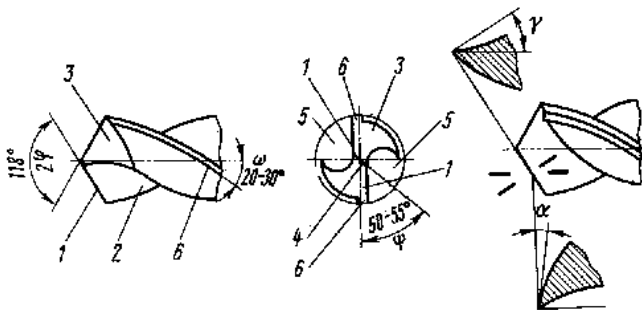


Рис. 2.16 – Элементы спирального сверла:

- 1 – режущая кромка, 2 – передняя поверхность,
 3 – задняя поверхность, 4 – поперечная кромка,
 5 – канавка, 6 – ленточка

Угол режущей части (угол при вершине) 2φ – угол между главными режущими кромками при вершине сверла ($\varphi = 118$ град.), весьма противоречиво воздействует на процесс сверления и его оптимальное значение, зависит от многих факторов, предопределяющих характер работы сверла. Поэтому в литературе можно встретить различные данные и рекомендации по выбору угла при вершине сверла (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Значения угла 2φ при вершине сверла применительно к обрабатываемому материалу

Обрабатываемый материал	Угол 2φ , в град.
Сталь	116–120
Сталь нержавеющая, сталь высокой прочности, жаропрочные сплавы	125–150
Чугун средней твердости, бронза твёрдая	90–100
Чугун твердый	120–125
Латунь, алюминиевые сплавы, баббит	130–140
Медь	125
Пластмассы	80–110

Базируясь на экспериментальные данные и производственный опыт, угол 2φ при вершине сверла ориентировочно можно выбрать в зависимости от обрабатываемого материала.

Угол наклона φ поперечной режущей кромки (перемычки) – острый угол между проекциями поперечной и главной режущих кромок на плоскость, перпендикулярную оси сверла ($\varphi = 50\text{--}55$ град.). Передний угол γ – угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла. По длине режущей кромки передний угол γ является величиной переменной. Задний угол α – угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности ее вращения вокруг оси сверла. Задний угол сверла – величина переменная: $\alpha = 8\text{--}14$ градусов на периферии сверла и $\alpha = 20\text{--}26$ градусов – ближе к центру сверла.

Для изготовления свёрл применяют следующие инструментальные материалы: углеродистые инструментальные стали марок У10А и У12А; хромокремниевую сталь 9ХС, быстрорежущие стали Р9, Р18, Р6М5 Р6М5К5 и т.д., спечённые твёрдые сплавы ВК6, ВК8, Т15К6, ВК15М и т.д.

Основные элементы режима резания при сверлении

Основными элементами режима резания при сверлении являются глубина резания t , подача S , скорость резания V .

Глубиной резания t при сверлении отверстий является расстояние от стенки отверстия до оси сверла (т.е. радиус сверла). Определяется глубина резания в мм путём деления диаметра просверливаемого отверстия пополам.

Подачей S при сверлении называется перемещение сверла вдоль оси за один его оборот и измеряется в мм/об. Сверло имеет две главные режущие кромки. Поэтому величина подачи S_z на одну режущую кромку вычисляется по формуле: $S_z = S/2$.

Скорость резания V – это путь, проходимый в направлении его главного движения наиболее удаленной от оси сверла точкой его режущей кромки в единицу времени. Измеряется в метрах в минуту (м/мин) и рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где D – диаметр сверла в мм;
 n – число оборотов сверла в минуту.

Зенкерование

Зенкерованием называют обработку (расширение) предварительно просверленных, штампованных или литых отверстий с целью придания им строго цилиндрической формы, достижения большей точности и более высокого параметра нормирования шероховатости поверхности. Зенкерование осуществляется с помощью инструмента зенкера (рис. 2.16, а). Зенкеры отличаются от свёрл устройством режущей части и большим количеством режущих кромок.

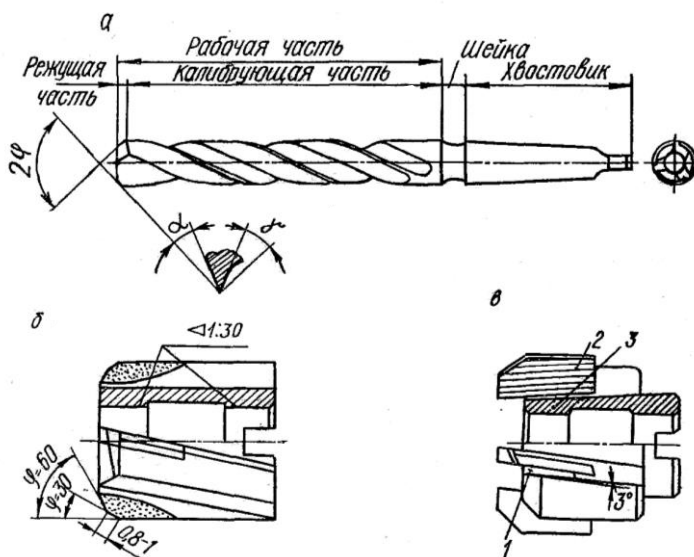


Рис. 2.16 – Зенкеры:

а – хвостовой; б – насадной; в – насадной сборной

По способу установки на станке зенкеры делятся на хвостовые (рис. 2.16, а) и насадные (рис. 2.16, б-в), а по конструкции рабочей части – на цельные и сборные.

Хвостовой зенкер (рис. 2.16, а) по внешнему виду напоминает сверло и состоит из тех же конструктивных частей и элементов. Однако в отличие от последнего зенкер имеет 3–4 зуба и режу-

щую часть по форме усеченного конуса. Неглубокие стружечные канавки обеспечивают повышенную прочность и жесткость зенкера, а увеличенное количество ленточек на калибрующей части создает ему лучшее направление в отверстии. Благодаря этому обеспечиваются не только более высокая точность и чистота обработки, но также и более строгая прямолинейность оси обрабатываемого отверстия.

Для уменьшения трения о стенки отверстия калибрующая часть зенкера выполняется с обратной конусностью 0,05–0,1 мм на каждые 100 мм длины. Задние углы α в пределах 8–10 град. создают затачиванием задних поверхностей зубьев на режущей части. Передние углы γ получаются за счет винтовой формы стружечных канавок. Угол конуса режущей части 2φ для зенкерov общего назначения выполняется 120 град.

Насадные зенкеры (рис. 2.16, б и в) имеют коническое отверстие с конусностью 1: 30 и паз под торцовую шпонку для крепления на оправке.

Сборная конструкция зенкерov (рис. 2.16, в) позволяет многократно восстанавливать их по мере потери размера. Такие зенкеры состоят из корпуса 3, изготовленного из конструкционной стали, и ножей 2, закрепляемых в пазах корпуса клиньями 1.

Стандартами предусмотрен выпуск зенкерov для отверстий диаметром 10–100 мм двух номеров. Зенкеры № 1 предназначены для предварительной обработки отверстий с припуском под развертывание, № 2 — для окончательной обработки с точностью 4-го класса.

Рабочая часть зенкерov выполняется из быстрорежущих сталей либо оснащается пластинками твердого сплава ВК8 или Т15К6. На шейке зенкера маркируются номинальный диаметр, номер и марка материала.

Развёртывание

Развёртывание (рис. 2.17) – операция чистовой обработки отверстий, обеспечивающая высокую точность размеров и необходимую шероховатость поверхности. Выполняется с помощью инструмента развёртки.

По способу применения развёртки подразделяются на машинные (применяются на различных станках) и ручные. Развёртки изготавливают из инструментальных сталей или оснащаются пластинками из твёрдых сплавов.

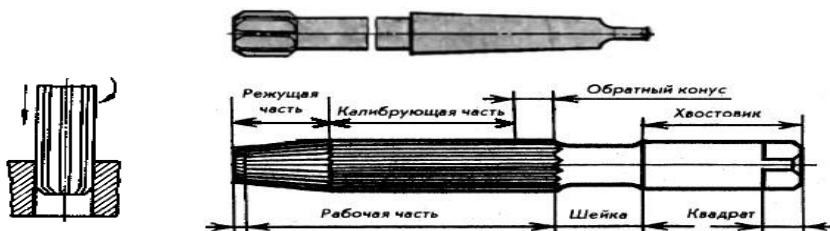


Рис. 2.17 – Схема развёртывания отверстия (а), развёртка с коническим (б) и цилиндрическим (в) хвостовиком

Зенкование

Зенкование – образование цилиндрических (рис. 2.18, а) или конических (рис. 2.18, б) углублений в предварительно просверленных отверстиях с целью образования углублений под головки болтов, винтов, заклёпок или других деталей, а также снятия фасок, заусенцев с помощью цилиндрических (рис. 2.18, в) или конических (рис. 2.18, г) зенковок.

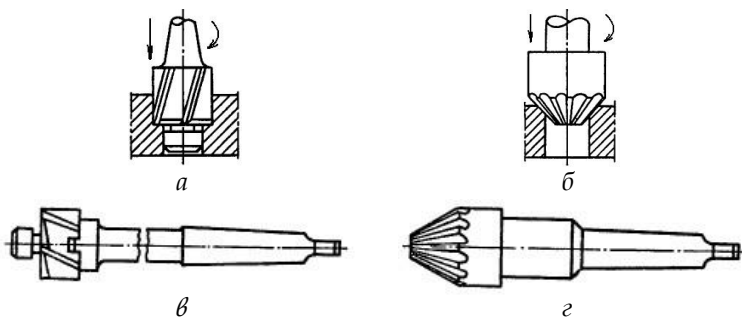


Рис. 2.18 – Схема зенкования цилиндрического (а) и конического (б) углубления, цилиндрическая (в) и коническая (г) зенковка

2.5. Фрезерование. Хонингование. Оборудование и рабочий инструмент. Режимы резания

Фрезерование – технологический процесс обработки материалов резанием, выполняемый на фрезерных станках и с использованием специального инструмента, называемого фрезой. Вращательное (главное) движение получает фреза, а движение подачи в продольном направлении – заготовка. Движение подачи может быть направлено против вращения фрезы (фрезерование против подачи или встречное фрезерование, рис. 2.19, а) и по направлению вращения фрезы (фрезерование по подаче/ попутное фрезерование, рис. 2.19, б).



Рис. 2.19 Встречное (а) и попутное (б) фрезерование

Как показывает практика, по ряду причин попутный метод фрезерования, при прочих равных условиях, обеспечивает большую стойкость фрезы, лучшую чистоту обработанной поверхности. Однако этот метод требует жёсткой конструкции станка.

Оборудование – фрезерных станки

На фрезерных станках можно обрабатывать плоскости, фасонные поверхности, прорезать пазы, нарезать зубья зубчатых колёс, резьбу, разрезать металл.

Существуют различные типы фрезерных станков: консольно-фрезерные, вертикально-, горизонтально-, продольно- и копировально-фрезерные и др.

Наиболее распространены консольно-фрезерные станки.

Консольно-фрезерные станки. Этот тип станков характеризуется тем, что у них стол совместно с обрабатываемой деталью может перемещаться в трёх взаимно перпендикулярных направлениях, а у некоторых моделей и под углом относительно оси шпинделя. В зависимости от конструкции консольно-фрезер-

ные станки именуют горизонтальными, вертикальными, универсальными и т.д.

У *горизонтально-фрезерного станка* (рис. 2.20, а) ось шпинделя расположена горизонтально, то есть параллельно рабочей плоскости стола. На этом станке можно обрабатывать горизонтальные и вертикальные плоские поверхности, пазы, углы, зубчатые колеса цилиндрическими, дисковыми, фасонными и другими насадными фрезами.

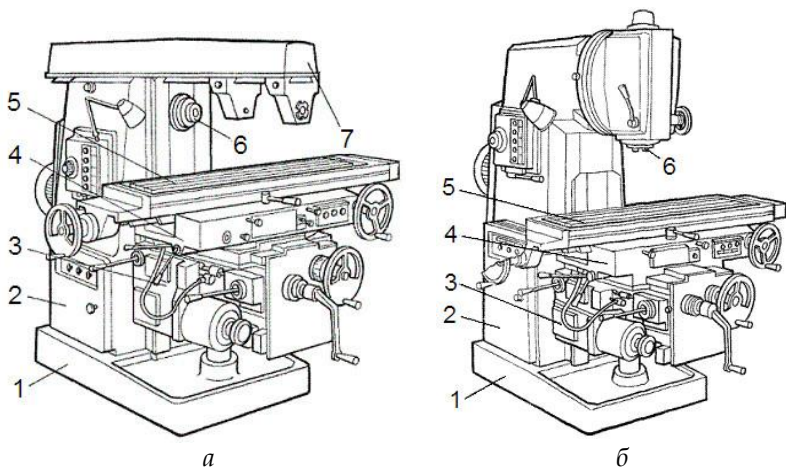


Рис. 2.20 – Консольный горизонтально-фрезерный (а) и консольный вертикально-фрезерный (б) станок: 1 – плита основания; 2 – станина; 3 – консоль; 4 – салазки; 5 – стол; 6 – шпиндель; 7 – хобот

У *вертикально-фрезерного станка* (рис. 2.20, б) ось шпинделя расположена перпендикулярно плоскости стола. На этом станке можно обрабатывать горизонтальные и наклонные плоские поверхности, пазы, углы торцовыми, хвостовыми и пальцевыми фрезами.

Консольный горизонтально-фрезерный (рис. 2.20, а) и вертикально-фрезерный (рис. 2.20, б) станки состоят из: плиты 1 основания, на которой размещается станина 2 (коробчатой формы), в которой смонтированы коробка скоростей и управление коробкой; консоли 3 с вертикальными и горизонтальными направляющими; салазок 4, которые перемещаются по горизонталь-

ным направляющим консоли; продольного стола 5, на котором устанавливают обрабатываемую деталь; шпинделя 6. У горизонтально-фрезерного станка (рис. 2.20, а) также имеется хобот 7 для поддержания шпиндельных фрезерных оправок.

Фрезерный инструмент

Фреза – режущий инструмент, снабжённый несколькими зубьями, каждый из которых представляет собой снимающий стружку резец (рис. 2.21, а).

Процесс резания при фрезеровании отличается от непрерывного резания при точении и сверлении тем, что зубья фрезы работают не все сразу, а попеременно. Этим обеспечивается стойкость инструмента, а наличие у фрезы большого количества зубьев повышает производительность обработки.

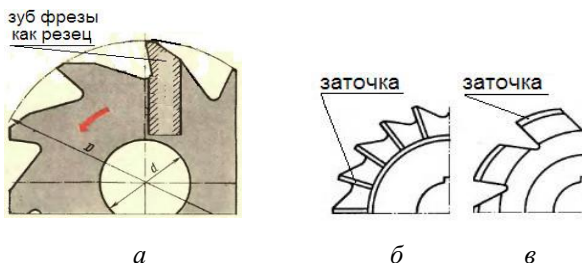


Рис. 2.21 – Форма зуба фрезы:

а – зуб фрезы, напоминающий резец; б – остроконечный зуб; в – затылованный зуб

В зависимости от поверхности, по которой производится затачивание фрезы, существуют две основные конструкции зубьев: остроконечный зуб – зуб, затачиваемый по задней поверхности (рис. 2.21, б); затылованный зуб – зуб, затачиваемый только по передней поверхности (рис. 2.21, в).

Классификация фрез ведется:

- по технологическому признаку фрезы делятся на фрезы:
 - для обработки плоскостей – цилиндрические (рис. 2.22, а) и торцовые (рис. 2.22, б);
 - для получения пазов, канавок и шлицев – дисковые (рис. 2.23, а), концевые (рис. 2.23, б), пальцевые для получения

тавровых пазов (рис. 2.23, *в*) и пазов типа «ласточкин хвост» (рис. 2.23, *г*), одноугловые (рис. 2.23, *д*), двухугловые (рис. 2.23, *е*);

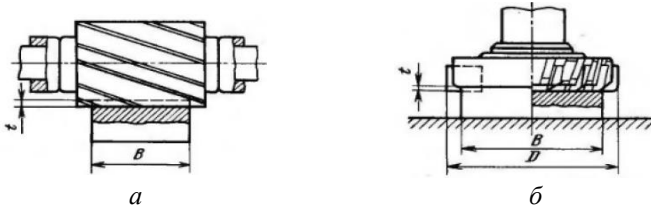


Рис. 2.22 – Обработка плоскостей цилиндрическими (*а*) и торцовыми (*б*) фрезами

B – ширина фрезерования; *t* – глубина фрезерования

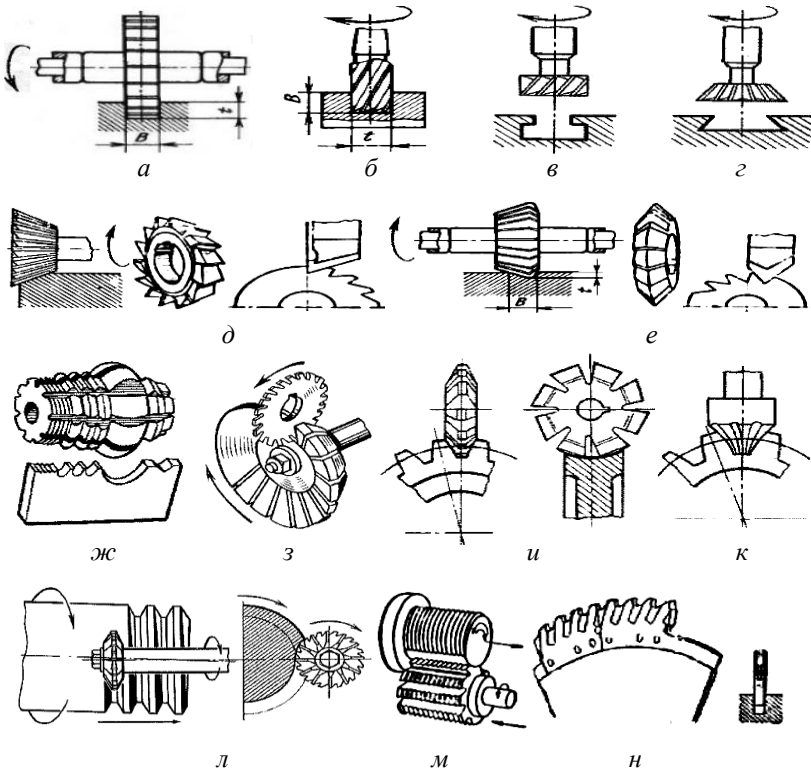


Рис. 2.23 – Получение пазов, канавок и шлицев фрезами:

B – ширина фрезерования; *t* – глубина фрезы

– для получения фасонных поверхностей фасонными (рис. 2.23, ж) и дисковыми (рис. 2.23, з) фрезами; нарезки зубчатых колёс дисковыми (рис. 2.23, и) и пальцевыми (рис. 2.23, к) модульными фрезами, нарезки резьбы дисковыми (рис. 2.23, л) и гребёнчатыми (рис. 2.23, м) резьбовыми фрезами; разрезки металлов отрезными (рис. 2.23, н) фрезами.

Классификация фрез ведется:

- по конструктивным признакам фрезы делятся на фрезы:
 - в зависимости от расположения зубьев на исходном цилиндре, а именно – торцовые; цилиндрические; дисковые; дисковые двусторонние; одно- и двухугловые; фасонные, концевые и др.;
 - в зависимости от конструкции (профиля) зуба – острозаточенные (остроконечные) и с затылованными зубьями (рис. 2.21);
 - в зависимости от направления зуба – с прямыми (входят в работу зубья сразу, всеми своими главными лезвиями); с наклонными; с винтовыми (зубья входят в работу постепенно); с разнонаправленными зубьями;
 - в зависимости от внутреннего устройства – цельные (изготовленные целиком из высококачественного инструментального материала); напайные (изготовленные из дешёвых конструкционных сталей, а на рабочие части их зубьев напайваются пластинки из высококачественных материалов); составные; со вставными зубьями (состоят из корпуса, изготовленного из легированной конструкционной стали и вставных зубьев, закреплённых в корпусе фрезы механическими средствами – клиньями, коническими штифтами и т.п.); сборные (разборные) головки;
 - в зависимости от способа крепления – насадные (имеют отверстие и шпоночный паз, крепятся на шпиндельной оправке); концевые (хвостовые) с цилиндрическим (крепятся в цанговом патроне) или коническим (крепятся или непосредственно в шпинделе станка, или с помощью конических переходных втулок) хвостовиком; торцовые (устанавливаются непосредственно на торце шпинделя и крепятся четырьмя болтами; крутящий момент передаётся от шпинделя к фрезе двумя торцовыми шпонками);

– в зависимости от вида инструментального материала режущей части – из быстрорежущей стали (например, P18); из твёрдых сплавов (например, T15K6, BK4); из режущей керамики; сверхтвёрдых материалов.

Основные элементы режима резания при фрезеровании

Режимы резания при фрезеровании характеризуются глубиной резания t , величиной подачи S , скоростью резания V и, дополнительно, шириной фрезерования B .

Глубиной резания t (см. рис. 2.22 и рис. 2.23) называется толщина слоя материала, снимаемого фрезой за проход, измеряемая перпендикулярно к обрабатываемой поверхности в мм.

Подачей на оборот S называется величина перемещения заготовки относительно фрезы за один её оборот в мм/об.

Скоростью резания V при фрезеровании – окружная скорость наиболее удалённых точек лезвий зубьев фрезы в м/мин.

Шириной фрезерования B (см. рис. 2.22 и рис. 2.23) называется ширина обрабатываемой поверхности в направлении, параллельном к оси фрезы при цилиндрическом фрезеровании или перпендикулярном к оси фрезы при торцовом фрезеровании, измеряется в мм.

Хонингование

Хонингование – один из видов чистовых и отделочных работ резанием, а именно – вид абразивной обработки конических и цилиндрических поверхностей, который позволяет устранить шероховатость на поверхности заготовок, корректировать их геометрическую форму и повышать точность их габаритных размеров [2]. Проводится с применением хонинговальных головок (хонов, рис. 2.24, а), позволяющих получать качественные поверхности с 6÷5 качеством точности и шероховатостью поверхности $R_a = 1,6 \pm 0,1$. В основном хонингование применяется для обработки внутренних цилиндрических поверхностей путём совмещения вращательного и возвратно-поступательного движения хона с закреплёнными на нём раздвижными абразивными брусками с обильным орошением обрабатываемой поверхности смазочно-охлаждающей жидкостью, что позволяет

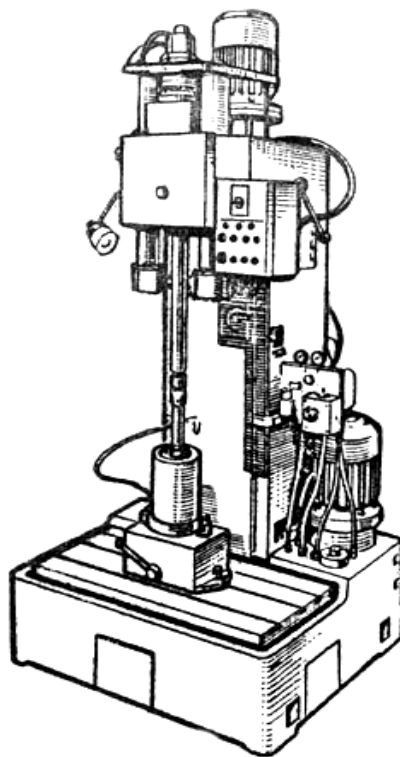
получить отверстие с отклонением от цилиндричности до 5 мкм и шероховатостью поверхности $Ra = 0,63 \pm 0,04$. Так преимущественные области применения хонингования – обработка отверстий в различных деталях автомобильного двигателя (отверстий блоков цилиндров, отверстий кривошипной и поршневой головок шатунов, гильз цилиндров, отверстий шестерен) и т. д. При обработке хонингованием обеспечивается стабильное получение точных отверстий и требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности.

Для производственных процессов чаще всего используются вертикальные модели (рис. 2.24, б) хонинговальных станков, но иногда применяется их горизонтальный или наклонный аналог.

В шпинделе хонинговального станка закрепляется режущий инструмент – хонинговальная головка (хон), оснащенная мелкозернистыми абразивными брусками в хонинговальной головке.



а



б

Рис. 2.24 – Хонинговальная головка – хон (а), вертикальный станок хонинговальный полуавтомат 3К833

Хонингование наружных поверхностей осуществляется на специализированных станках (горизонтально-хонинговальных) или модернизированных (шлифовальных, горизонтально-рас-

точных), производительность при этом по сравнению с суперфинишированием в 2÷4 раза выше вследствие большего количества брусков и больших давлений.

Различают несколько видов хонингования: 1) сухое, без смазочной жидкости, и с применением смазочной жидкости; 2) вибрационное; 3) электрохимическое; 4) экструзионное хонингование; 5) плосковершинное или платохонингование.

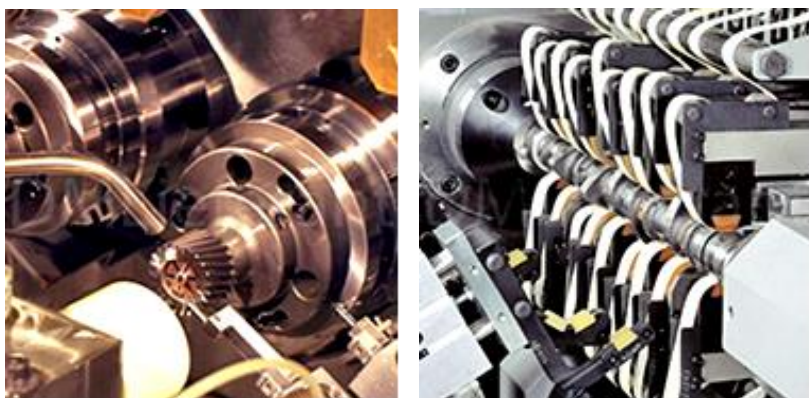
Во многом схожей с хонингованием является суперфинишная обработка.

Суперфинишная обработка

Суперфинишная обработка заготовок представляет собой процесс микрообработки, который часто применяется, когда другие методы обработки, такие как финишное фрезерование, чистовая токарная обработка, шлифовка, доводка или полировка не могут удовлетворить повышенные требования к гладкости, плотности и чистоте обрабатываемой поверхности. Суперфинишная обработка проводится исключительно на наружной, предварительно подготовленной (отшлифованной или загрунтованной), поверхности. Суперфиниширование выполняется с использованием абразивных лент и суперфинишных брусков.

Сегодня суперфинишные станки используются в самых разных отраслях для обеспечения высокой точности обработки заготовки, в том числе в автомобильной промышленности.

Для обработки сферических и плоских поверхностей с помощью самозатачивающихся суперфинишных чашечных кругов или суперфинишных гильз разработаны суперфинишные станки с вращающимися инструментами (рис. 2.25, *а*). Станки с зажатием заготовок между центрами (рис. 2.25, *б*) позволяют вести суперфинишную обработку одной или нескольких цилиндрических заготовок, зажатых между центрами или в патроне, с использованием в качестве инструмента абразивной ленты. Для суперфинишной обработки цилиндрических заготовок, которые невозможно зажать между центрами или удерживать в патроне, применяются бесцентровые станки со сквозной и врезной подачей [3].



а

б

Рис. 2.25 – Суперфинишные станки с зажимными патронами (а) и с зажатием заготовок между центрами (б) [3]

2.6. Стругание, долбление и протягивание.

Оборудование и инструмент. Режимы резания

Струганием называется технологический метод обработки плоских поверхностей заготовок строгальными резцами на строгальных станках с главным прямолинейным возвратно-поступательным движением относительно заготовки или резца и с подачей в направлении, перпендикулярном направлению главного движения.

Долбление отличается от строгания тем, что главное движение резец совершает в вертикальной плоскости.

Протягивание – высокопроизводительный процесс обработки отверстий различной формы и сложных наружных контуров многолезвийным инструментом – протяжкой. При протягивании достигается высокая точность обработки и высокие параметры нормирования шероховатости поверхности. Производительность при протягивании в несколько раз больше, чем при строгании, так как за один ход протяжки осуществляется полная обработка заготовки. Движение резания (поступательное относительно изделия) в основном прямолинейное и режущее вращательное. Движение подачи в процессе протягивания отсутствует.

Оборудование

Особенностью группы строгальных и протяжных станков является использование в качестве движения резания прямолинейного возвратно-поступательного движения. Наличие холостого обратного хода в строгальных и долбежных станках ограничивает производительность по сравнению с фрезерными и протяжными станками (рис. 2.26). Поэтому эти станки работают в основном в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также в инструментальных и ремонтных цехах. В то же время в строгальных станках в качестве режущих инструментов используются резцы, а они более просты в изготовлении и заточке, чем фрезы и протяжки, что значительно снижает их стоимость. Строгальные станки подразделяются на поперечно-строгальные (шепинги) (рис. 2.26, а) и продольно-строгальные.

Поперечно-строгальные станки применяются для обработки наружных поверхностей малых и средних по размерам и весу деталей. У этих станков главным движением является возвратно-поступательное перемещение суппорта 3 с резцом 5, а движение подачи – периодическое смещение стола 4 с заготовкой. Основным узлом поперечно-строгального станка (рис. 2.26, а) является станина 1, по верхним горизонтальным направляющим 6 которой перемещается ползун 2 с установленным на нем суппортом 3. По вертикальным направляющим 7 станины перемещается поперечина 8, снабженная горизонтальными направляющими, на которых установлен стол 4, имеющий в результате этого возможность перемещаться вправо и влево относительно ползуна. Для увеличения жесткости стол поддерживается стойкой. Режущий инструмент – строгальный резец 5 – устанавливается в резцедержателе 9, смонтированном на суппорте 3.

Продольно-строгальные станки служат для обработки крупногабаритных и тяжелых деталей или для одновременной обработки нескольких деталей средних размеров. У этих станков главным движением является возвратно-поступательное перемещение стола с заготовкой, а движение подачи – периодическое смещение суппорта с резцом (резцами).

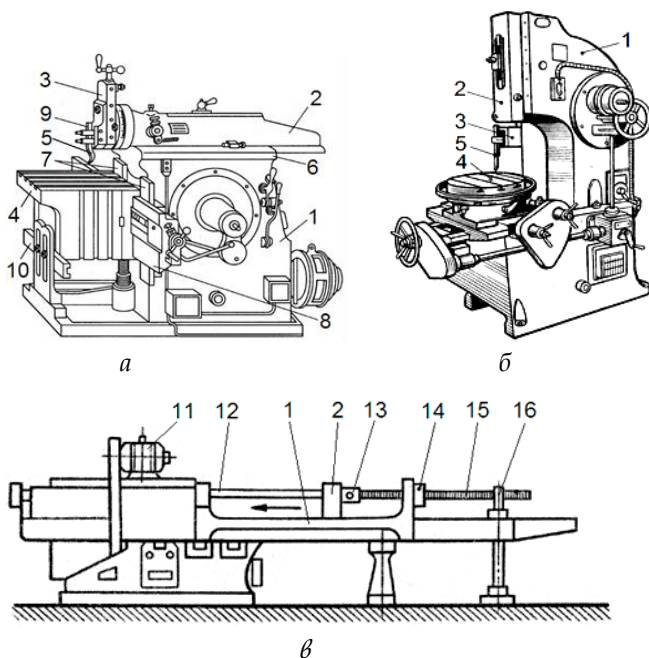


Рис. 2.26 – Поперечно-строгальный (а), долбежный (б) и горизонтально-протяжной (в) станок:
 1 – станина; 2 – ползун; 3 – суппорт; 4 – стол; 5 – резец; 6 – горизонтальные направляющие; 7 – вертикальные направляющие; 8 – поперечина; 9 – резцедержатель; 10 – опорная стойка; 11 – электродвигатель; 12 – шток; 13 – зажимное приспособление; 14 – заготовка; 15 – протяжка; 16 – люнет

На долбежных станках (рис. 2.26, б) резец 5, закрепленный в суппорте 3, вместе с ползуном 2 совершает вертикальное возвратно-поступательное прямолинейное движение по направляющим станины 1. Движение подачи в продольном, поперечном или круговом направлении получает стол 4 с обрабатываемой деталью.

Движением резания в протяжных станках является прямолинейное движение режущего инструмента – протяжки. Движение подачи в этих станках отсутствует. Протяжные станки клас-

сифицируются по различным признакам: по направлению основного движения – горизонтальные и вертикальные; по назначению – для внутреннего и для наружного протягивания и т.д. Протяжные станки подразделяются на вертикальные и горизонтальные. Наиболее распространенным является горизонтально-протяжной станок (рис. 2.26, в). На станине 1 установлены основные сборочные единицы станка, в полую ее части размещен со всеми агрегатами и приводом от электродвигателя 11 гидропривод, который приводит в движение шток 12. Наружный конец штока располагается на дополнительной опоре, перемещающейся вместе с ползуном 2. Конец штока снабжен зажимным приспособлением 13 для крепления протяжки 15, другой конец которой поддерживается подвижным люнетом 16. Обработываемая заготовка 14 при протягивании упирается в торец станины. Для перемещения штока с различными скоростями и установки протяжек различной длины в гидроприводе предусмотрено устройство для изменения хода и скорости движения ползуна 2.

Группа строгальных и протяжных станков применяется в основном для тех же работ, что и фрезерные станки, т.е. для обработки плоскостей, различного вида пазов, канавок и фасонных линейчатых поверхностей.

Строгание

Процесс строгания во многом схож с процессом точения.

Особенности этого процесса:

- движения резания и подачи, в отличие от точения, прерывистые, причем осуществляются эти движения не одновременно (при движении резания отсутствует движение подачи);
- поскольку движение резания прерывное, снятие стружки происходит с ударами, а это требует более качественного материала инструмента и более прочных резцов, чем при точении.

При работе на строгальных станках используют прямые и изогнутые резцы. Наибольшее распространение получили изогнутые резцы. Материалом для строгальных и долбежных рез-

цов являются инструментальные стали, быстрорежущие стали и твердые сплавы.

Примеры некоторых видов работ, выполняемых на строгальных станках, показаны на рис. 2.27.

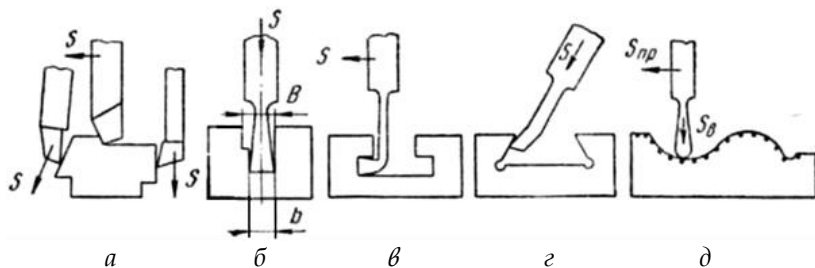


Рис. 2.27 – Строгание плоскостей (а), разрезные работы (б), строгание тавровых пазов (в) и пазов типа «ласточкин хвост» (г), фасонных поверхностей (д):

B – ширина паза; b – ширина резца; S – направление подачи; $S_{пр}$ – подача в продольном направлении; $S_{в}$ – подача по высоте

Горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости (рис. 2.27, а) строгают проходными или подрезными резцами с соответствующим направлением подачи. Разрезные и прорезные работы (рис. 2.27, б) выполняют отрезными резцами. При большой глубине паза, чтобы избежать поломки резца, его ширину b делают меньше ширины паза B , а прорезание осуществляют ступенчато. Строгание тавровых пазов (рис. 2.27, в) и пазов типа «ласточкин хвост» (рис. 2.27, г) осуществляется пазовыми резцами соответствующей конфигурации. Строгание фасонных поверхностей выполняется или фасонными резцами, или галтельным резцом по разметке (рис. 2.27, д). В последнем случае резец получает два движения подачи, которые производятся вручную перемещением стола и суппорта.

Долбление

Процесс долбления, в сущности, ничем не отличается от процесса строгания, но характер самих долбежных работ совершенно иной, чем строгальных (рис. 2.28).

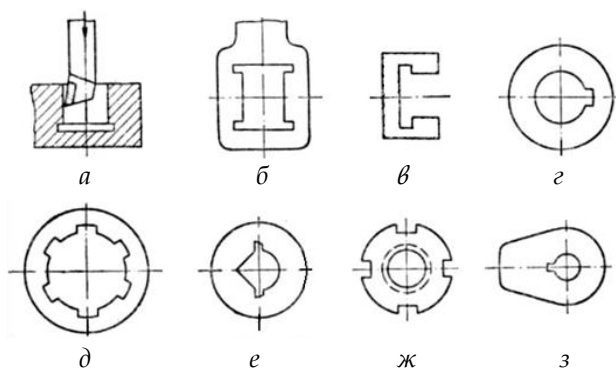


Рис. 2.28 – Долбление многогранников (а), внутренних направляющих (б) и (б'), шпоночных пазов (г), шлицевых отверстий (д), матриц сложной конфигурации (е), наружных поверхностей (ж), (з)

Долбежные резцы изготавливают трёх основных типов: проходные, прорезные и для шпоночных пазов.

Долблением можно обработать глухие и сквозные фасонные отверстия: многогранники (рис. 2.28, а), внутренние направляющие (рис. 2.28, б-б'), внутренние шпоночные пазы (рис. 2.28, г), многошпоночные (шлицевые) отверстия (рис. 2.28, д), матрицы сложной конфигурации (рис. 2.28, е) и т.п. Некоторые виды наружных поверхностей (рис. 2.28, ж-з) также удобнее обрабатывать на долбежных станках, хотя они могут быть выполнены на строгальных и фрезерных станках.

Протягивание

Наиболее широко используемые протяжки для получения круглых отверстий (рис. 2.29, а) и шпоночных пазов (рис. 2.29, б) состоят из следующих основных конструктивных частей: хвостовой 1, служащей для крепления протяжки в патроне и состоящей, в свою очередь, из замковой части (хвостовика) и шейки; передней направляющей 2, ориентирующей протяжку в отверстии в начальный момент работы ее режущих зубьев; режущей 3, снимающей постепенно увеличивающимися по высоте режущими зубьями припуск на обработку (в этой части протяжки каждый последующий зуб имеет на 0,01...0,05 мм большие раз-

меры, а иногда и несколько иную форму, чем предыдущий; таким образом, если первый зуб протяжки начинает резание, то последний его заканчивает); калибрующей 4, придающей отверстию или пазу заданные размеры, точность и шероховатость поверхности (размеры калибрующих зубьев одинаковы и равны размерам последнего режущего зуба); задней направляющей 5, служащей для направления протяжки и защищающей ее от перекоса до выхода последнего калибрующего зуба из отверстия.

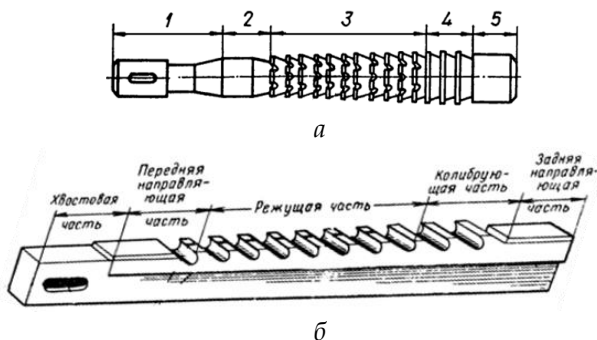


Рис. 2.29 – Основные конструктивные части протяжек для получения круглых отверстий (а) и шпоночных пазов (б):
 1 – хвостовая; 2 – передняя направляющая; 3 – режущая;
 4 – калибрующая; 5 – задняя направляющая

Протяжки изготавливают из быстрорежущих сталей Р6М5, Р18 и др. и из легированных сталей ХВГ, а также с режущей частью, оснащенной пластинками из твердых сплавов. Иногда используют сборные протяжки со сменными твердосплавными режущей и калибрующей частями.

По характеру обрабатываемых поверхностей протяжки делят на две основные группы: внутренние (рис. 2.30, а-е) и наружные (рис. 2.30, ж). Внутренними протяжками обрабатывают различные замкнутые поверхности, а наружными - полузамкнутые и открытые поверхности различного профиля. По форме различают круглые (рис. 2.30, а), многогранные (треугольные, квадратные на рис. 2.30, б и др.), шлицевые (протягивание прямых шлицев на рис. 2.30, в и винтовых шлицев на рис. 2.30, г), шпоночные (рис. 2.30, д) протяжки.

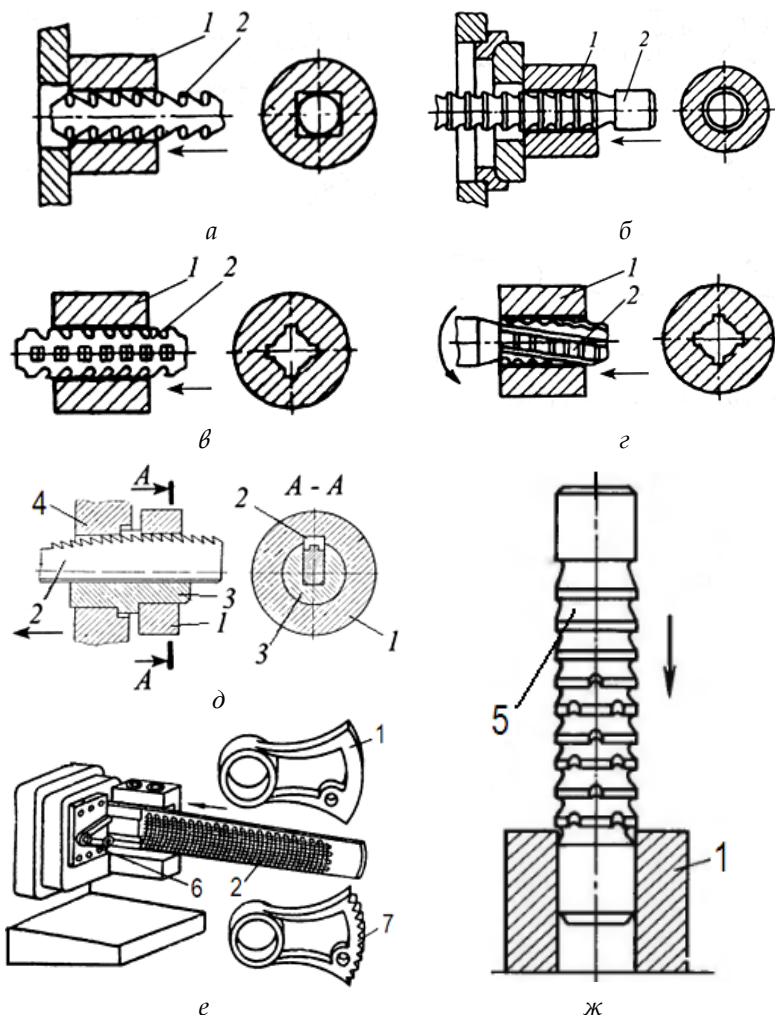


Рис. 2.30 – Протяжка многогранных (а) и круглых (б) отверстий, прямых (в) и винтовых (г) шлицев, шпоночных пазов (д), прошивка отверстия (е), протяжка внешней поверхности (ж):

- 1 – заготовка; 2 – протяжка; 3 – направляющая втулка;
4 – кронштейн; 5 – прошивка; 6 – палец; 7 – деталь

Шпоночные пазы протягивают плоской шпоночной протяжкой 2 (рис. 2.30, д) с применением специального приспособления - направляющей втулки 3. Направляющая втулка 3 одним

концом входит в кронштейн 4, второй ее конец входит в отверстие заготовки 1. Вдоль втулки 3 сделана прорезь, в которой скользит протяжка. Таким образом, одношпоночная протяжка получает надежное направление при работе, что обеспечивает хорошее качество работы и высокую точность обработки. Для протягивания отверстий различной формы (рис. 2.30, *а-е*) в обрабатываемой заготовке сначала получают отверстие меньшего размера, чем у детали.

Разновидность протяжки – прошивка 5 (рис. 2.30, *е*), которая отличается отсутствием хвостовика и шейки и при обработке проталкивается через отверстие заготовки 1. Прошивка работает на сжатие, протяжка – на растяжение.

Внешние поверхности, как правило, протягивают без предварительной обработки заготовки (рис. 2.30, *ж*). Обрабатываемую заготовку 1 надевают на палец 6 в приспособлении и протяжкой 2 протягивают зубья зубчатого сектора 7.

По конструкции зубьев протяжки бывают режущими, выглаживающими и деформирующими. В первом случае зубья имеют острые режущие лезвия, срезающие слой материала, в двух последних – зубья округлены и пластически деформируют поверхностный слой без снятия стружки.

Принцип протягивания и инструменты типа протяжек применяют и в других видах обработки и конструкциях инструментов, отличающихся от рассмотренных на рис. 2.29 и рис. 2.30. Например, дисковые (рис. 2.31, *а-б*) и плоские (рис. 2.31, *в*) протяжки используют для обработки деталей типа тел вращения с прямолинейными и фасонными образующими, внутренних поверхностей (рис. 2.31, *г*), шеек колленчатых валов (рис. 2.31, *д*).

Протяжки могут быть закреплены неподвижно, а перемещается относительно них приспособление карусельного (рис. 2.31, *е*) или цепного (рис. 2.31, *ж*) типа с закрепленными заготовками.

Элементы режимов строжки, долбления и протягивания

Режимы резания при строжке, долблении и протягивании характеризуются глубиной резания t , величиной подачи S , скоростью резания V .

Величина, на которую углубляется при строгании и долблении резец в заготовку при одном проходе, называется глубиной резания t , измеряется в мм.

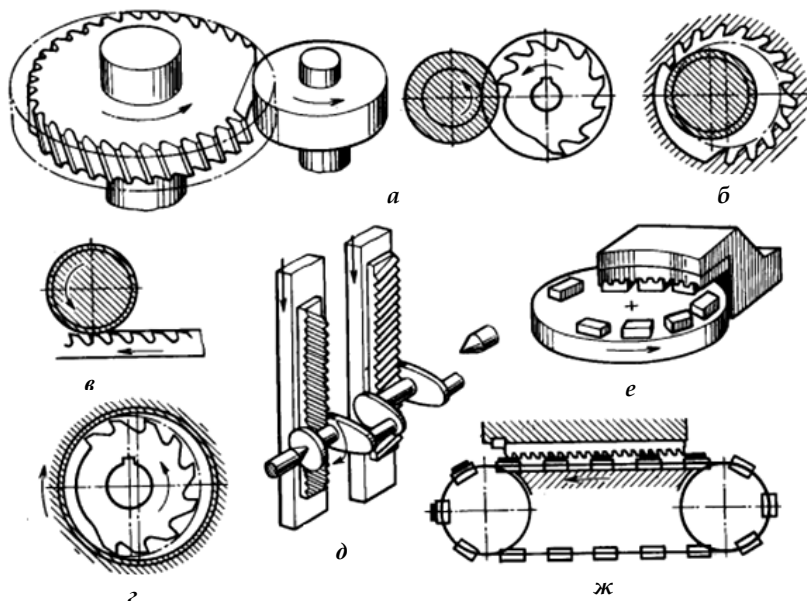


Рис. 2.31 – Обработка заготовок дисковыми (а) и (б), плоскими (в) протяжками, внутренних поверхностей (г), шеек коленчатых валов (д), неподвижными протяжками с помощью приспособлений карусельного (е) и цепного (ж) типов

Подачей S при строгании и долблении называется перемещение заготовки или резца в поперечном направлении в течение одного двойного хода, т.е. в течение рабочего и обратного ходов. Подача производится всегда в конце обратного хода, когда резец не нагружен снимаемым слоем металла, измеряется в мм. Движение подачи S при протягивании как самостоятельное движение инструмента или заготовки отсутствует. За величину подачи S_z определяющую толщину срезаемого слоя отдельным зубом протяжки, принимают разность размеров по высоте двух

соседних зубьев протяжки; S_z является одновременно и глубиной резания t .

Средняя скорость, с которой резец с ползуном или заготовка со столом при строгании и долблении движется в течение рабочего хода, называется скоростью резания V , измеряется в $м/мин$.

Путь, проходимый режущей кромкой протяжки в минуту относительно обрабатываемой поверхности детали при протягивании со скоростью резания V , измеряется в $м/мин$.

2.7. Шлифование плоское и круглое.

Оборудование и инструмент. Режимы резания

Шлифование, как правило, является завершающей операцией механической обработки.

Шлифование – способ обработки материала при помощи режущего абразивного инструмента.

Обрабатываемая поверхность может быть цилиндрической, конической, фасонной, плоской и т.д.

Шлифованием можно:

- получить точные размеры деталей (до $0,001$ мм) и высокое качество поверхности (высокие механические и физические свойства поверхностного слоя);
- заточить инструмент;
- произвести отрезку, разрезку заготовок и т.д.

Для всех технологических способов шлифовальной обработки главным движением резания является вращение круга.

Шлифование подразделяется на (рис. 2.32): круглое, плоское; наружное, внутреннее; плоское периферией и торцом круга.

Круглое наружное шлифование в центрах (рис. 2.32, а) применяется для обработки наружных цилиндрических, конических и фасонных поверхностей.

Внутреннее шлифование (рис. 2.32, б) применяют для получения высокой точности отверстий на заготовках, как правило, прошедших термическую обработку. Возможно шлифование сквозных, несквозных (глухих), конических и фасонных отверстий. Внутреннее круглое шлифование имеет две разновидности

сти: простое (рис. 2.32, б) и планетарное. Простое внутреннее шлифование применяется при обработке сравнительно небольших заготовок, а планетарное шлифование – при обработке тяжелых и крупногабаритных заготовок.

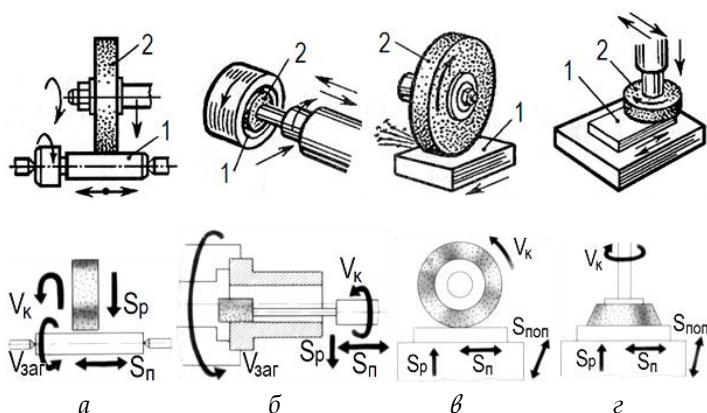


Рис. 2.32 – Шлифование круглое наружное (а), круглое внутреннее (б), плоское периферией круга (в) и плоское торцом круга (г): 1 – заготовка; 2 – шлифовальный круг; V_k – скорость главного движения резания; V_{zag} – скорость вращения заготовки; S_n , S_r , S_{nop} – продольная, радиальная и поперечная подача

При плоском шлифовании обрабатываются обычно плоские поверхности заготовок как периферией (рис. 2.32, в), так и торцом (рис. 2.32, г) шлифовального круга. Шлифование периферией круга используют для более точных работ. Плоское шлифование торцом круга применяют главным образом в массовом производстве при снятии больших припусков и шлифования прерывистых поверхностей.

Шлифовальное оборудование

В соответствии с выполняемой на шлифовальных станках работой выделяют следующие их типы: круглошлифовальные – для обработки наружных поверхностей вращения; внутришлифовальные – для обработки внутренних поверхностей вращения; плоскошлифовальные – для обработки плоскостей; специальные (шлицевшлифовальные, зубошлифовальные, резьбо-

шлифовальные и др.); заточные – для заточки режущего инструмента. Одними из наиболее распространенных типов шлифовальных станков в массовом производстве являются круглошлифовальные (рис. 2.33, а) и плоскошлифовальные (рис. 2.33, б), работающие периферией круга.

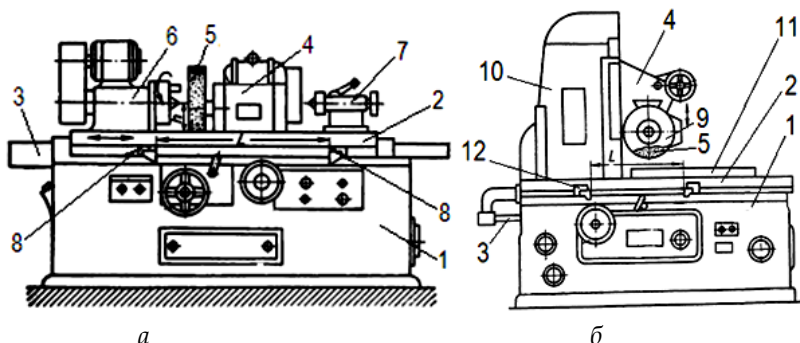


Рис. 2.33 – Кругло- (а) и плоскошлифовальный (б) станок:
 1 – станина; 2 – стол; 3 – шток; 4 – шлифовальная бабка; 5 – шлифовальный круг; 6 – передняя бабка; 7 – задняя бабка; 8 – упор; 9 – защитный кожух; 10 – колонна; 11 – магнитная плита; 12 – кулачок

Круглошлифовальный станок (рис. 2.33, а) предназначен для шлифования цилиндрических, конических и торцовых наружных поверхностей. Станок имеет жёсткую коробчатую станину 1, на которой размещены основные его узлы. Внутри станины находится гидравлический привод, сообщающий возвратно-поступательное движение столу 2 (продольная подача) по направляющим станины 1 от штока 3 гидроцилиндра. Мощный электродвигатель шлифовальной бабки 4 сообщает вращательное движение шлифовальному кругу 5. Радиальная (поперечная) подача шлифовального круга 5 осуществляется перемещением шлифовальной бабки 4 по поперечным направляющим станины. Заготовку устанавливают в центрах передней 6 и задней 7 бабок, расположенных на столе 2. Заготовка вращается от отдельного электродвигателя через коробку скоростей, расположенную в передней бабке 6, а длина хода стола 2 с вращающейся заготовкой регулируется переставными упорами 8. Для

обработки конических поверхностей верхняя поворотная часть стола устанавливается на нужный угол.

Плоскошлифовальный станок (рис. 2.33, б) также имеет коробчатую станину 1 и возвратно-поступательное движение столу 2 по её горизонтальным направляющим сообщает посредством штока 3 гидропривод, размещённый внутри станины 1. Шлифовальная бабка 4, несущая шлифовальный круг 5 (частично прикрытый защитным кожухом 9), может перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлениях (поперечная и вертикальная подачи) по вертикальной колонне 10, установленной на станине 1. Шлифовальный шпиндель с установленным на нем шлифовальным кругом 5 вращается от отдельного встроеного электродвигателя. Заготовка крепится либо непосредственно на столе 2, либо на магнитной плите 11. Сбоку стола закрепляются на необходимом расстоянии подвижные кулачки 12, с помощью которых регулируется длина хода стола.

Инструмент

Абразивные инструменты состоят из зёрен абразивного материала, сцементированных связкой.

Абразивные материалы, применяемые в промышленности, делятся на две группы: естественные и искусственные.

К естественным абразивным материалам относятся минералы: песчаник, наждак, корунд, алмаз (самый твёрдый). Основной составляющей частью корунда и наждака является окись алюминия (глинозем). Они нестандартны по составу, содержат большое количество посторонних примесей, снижающих их качество и, в первую очередь, твёрдость, а потому в современном машиностроении почти не применяются.

К искусственным абразивным материалам относят: электрокорунд; карбид кремния; карбид бора; искусственные (синтетические) алмазы. Эти материалы стандартны по своему составу.

К абразивным инструментам относятся: шлифовальные круги и головки (рис. 2.34, а-б), бруски (рис. 2.34, в), сегменты (рис. 2.34, д), шкурки, порошки и пасты. Формы и размеры абра-

зивных инструментов всех видов (круги, головки, бруски, сегменты) стандартизованы.

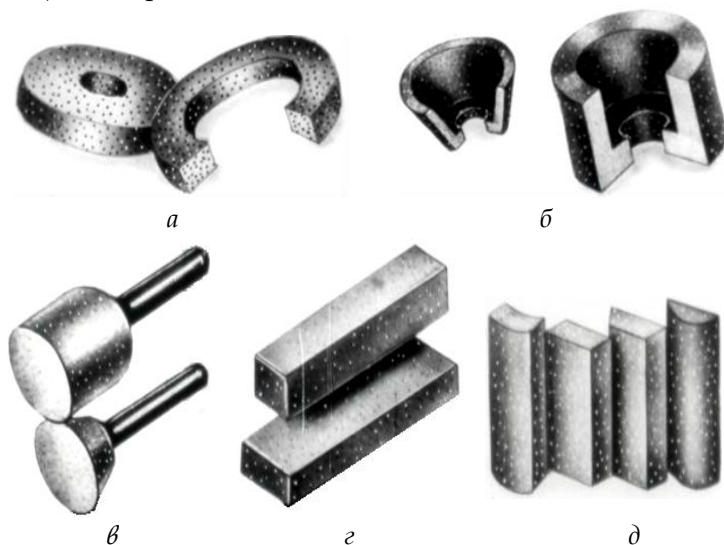


Рис. 2.34 – Шлифовальные плоские прямые круги (а), конические и цилиндрические круги-чашки (б), головки (в), бруски (г), сегменты (д)

Важнейшим абразивным инструментом является шлифовальный круг, состоящий из большого количества острых и твёрдых абразивных зёрен, связанных между собой специальной массой – связкой (рис. 2.35).

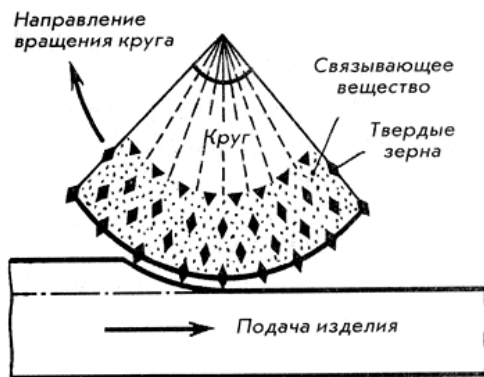


Рис. 2.35 – Процесс обработки заготовки шлифовальным кругом

Для нормальной работы шлифовального круга между абразивными зёрнами и связующими их веществами должны оставаться некоторые промежутки (поры), играющие роль впадин между зубьями, в которых размещается стружка. Размеры пор и плотность их распределения в объеме круга играют настолько существенную роль, что их принято рассматривать как третью составляющую структурного строения круга. С точки зрения процесса резания шлифовальный круг можно рассматривать в качестве фрезы с большим количеством мелких зубьев, так как в процессе шлифования каждое зерно, находящееся на периферии круга, работает как зуб фрезы, снимая стружки переменного сечения.

Особенностями шлифовального круга по сравнению с другими режущими инструментами является, с одной стороны, очень высокая твёрдость зубьев (зёрен), а с другой, - способность кругов к самозатачиванию, которое происходит благодаря тому, что затупившиеся зёрна на поверхности круга выкрашиваются, а в работу вступают новые острые зёрна.

Благодаря высокой твёрдости абразивных зёрен шлифованием можно обрабатывать металлы любой твёрдости, включая твёрдые сплавы и неметаллические материалы такие, как стекло, мрамор, камень и т.д.

Для осуществления рационального и высокопроизводительного процесса шлифования необходимо правильно выбрать шлифовальный круг по форме, по виду абразивного материала, по типу связки, по твёрдости, зернистости и структуре.

Форма круга выбирается в соответствии с видом обработки. Для круглого шлифования применяют дисковые круги, для отрезных работ – тонкие прорезные круги, для торцового шлифования – чашечные круги и т.д.

Тип абразивного материала выбирается в зависимости от вида обрабатываемого материала. Для шлифования стали применяются корундовые круги, для шлифования чугуна, бронзы и неметаллических материалов – карборундовые круги. Круги зелёного карбида кремния и алмазные круги используют в основ-

ном для заточки твердосплавного инструмента и для специальных работ.

Выбор связки зависит от условий работы и формы круга. Для большинства работ применяются круги с керамической связкой, недостатком которых является хрупкость и низкая упругость. Потому на этой связке нельзя изготавливать тонкие круги. Для разрезки металла используются круги только на растительной – вулканитовой или бакелитовой связке.

Выбор твёрдости круга зависит от режимов резания и от твёрдости обрабатываемого материала. Под твёрдостью круга принято понимать не твёрдость абразивного материала, а твёрдость связки, т. е. то сопротивление, которое оказывает связка вырыванию из неё абразивных зёрен. Твёрдость круга должна быть такой, чтобы он в процессе работы не засаливался и излишне не осыпался, а нормально самозатачивался. Твёрдость круга находится в обратной зависимости от твёрдости обрабатываемого материала. Как правило, чем твёрже обрабатываемый материал, тем мягче должен быть шлифовальный круг.

Обычно твердые материалы (закаленная сталь, твердые сплавы, чугун) шлифуются мягкими кругами, так как затупившиеся при этом зерна круга легко дробятся и выкрашиваются из связки, обнажая новые острые кромки, которые продолжают резание до нового затупления и т. д.

Мягкую сталь обрабатывают твердыми кругами, для шлифования меди и латуни применяют мягкие крупнозернистые круги.

Зернистость круга выбирается в зависимости от требуемой чистоты поверхности. Чем выше должна быть чистота поверхности, тем более мелкозернистым должен быть шлифовальный круг. Однако следует помнить, что с уменьшением зернистости круга падает и его производительность.

Структура круга определяется его пористостью. Поры являются приёмниками стружки, снимаемой кругом. Если бы не было пор, то образование стружки было бы невозможно. Пористость кругов различна, она в некоторых случаях составляет 50% объёма круга.

Шлифовальные круги маркируют. При маркировке на поверхность абразивного круга несмываемой краской наносят: марку завода – изготовителя; абразивный материал; зернистость; индекс, указывающий содержание зёрен основной фракции; твёрдость круга; связку; структуру; форму круга; наружный диаметр; высоту; диаметр посадочного отверстия; максимальную окружную скорость при работе круга.

Основные элементы режима резания при шлифовании

Основными элементами режима резания при шлифовании являются глубина резания t , подача S , скорость главного движения резания V_k .

Глубина резания t (мм) при шлифовании определяется толщиной слоя материала, срезаемого за один проход. Глубину резания t иногда называют поперечной подачей круга за один его двойной проход.

Движениями подач являются перемещения заготовки или инструмента вдоль или вокруг координатных осей. Выражения и размерности подач определяются схемами шлифования.

При наружном круглом шлифовании (рис. 2.32, *а* на стр. 85) продольная подача происходит за счет возвратно-поступательного движения заготовки, а при внутреннем круглом шлифовании (рис. 2.32, *б* на стр. 85) – за счет возвратно-поступательного движения шлифовального круга. Различают окружную скорость заготовки $V_{заг}$ (иногда называемую круговой подачей $S_{кр}$, м/с), продольную подачу $S_{п}$, часто выражаемую в долях ширины круга B и соответствующую осевому перемещению заготовки за один её оборот (мм/об), и поперечную подачу (радиальную подачу круга) S_r , которая при круглом шлифовании численно равна глубине резания t (мм).

Скорость вращения заготовки (м/мин) рассчитывается по формуле:

$$V_{заг} = S_{кр} = \frac{\pi \cdot D_{заг} \cdot n_{заг}}{1000},$$

где $D_{заг}$ – диаметр заготовки, мм;

$n_{заг}$ – частота вращения заготовки, мин⁻¹.

Подачу S_p (мм/ход) на глубину резания производят при крайних положениях заготовки.

При плоском шлифовании (рис. 2.32, θ -г на стр. 85) возвратно-поступательное перемещение заготовки является продольной подачей S_{Π} (м/мин). Для обработки поверхности на всю ширину заготовка или круг должны перемещаться с поперечной подачей $S_{\text{ПОП}}$ (мм/двойной ход). Это движение происходит прерывисто (периодически) при крайних положениях заготовки в конце продольного хода. Периодически производится и подача S_p (мм) на глубину резания, которая осуществляется также в крайних положениях заготовки, но в конце поперечного хода. Скорость главного движения резания V_k равна окружной скорости точки на периферии шлифовального круга (м/с):

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60},$$

где D_k – наружный диаметр шлифовального круга, мм;

n_k – частота вращения круга, мин^{-1} .

Оптимальные режимы резания выбирают по справочным данным.

Контрольные вопросы

1. Что включает механическая обработка?
2. Что такое термическая обработка?
3. Какое движение при строгании главное?
4. Какое движение при механической обработке называется движением подачи?
5. Для чего у сверла выполнены спиральные канавки?
6. Что такое нормализация?
7. Что придает стали прочность?
8. С помощью какого способа можно уменьшить хрупкость стали после закалки?
9. Какие станки служат для полировки и доводки деталей?
10. При каком методе обработки достигается наибольший класс чистоты поверхности (наименьшая шероховатость)?

11. Какой из методов определения припусков на механическую обработку даёт более объективный результат?
12. При каком методе обработки достигается наибольшая точность?
13. Сколько режущих инструментов может применяться на одной технологической операции?
14. Какой из этапов проектирования технологического процесса производится раньше?
15. Какой из методов определения припусков на механическую обработку даёт более объективный результат?
16. Что происходит с увеличением главного угла в плане φ ?
17. От каких параметров зависит значение скорости резания?
18. Какой главный угол в плане имеют проходные резцы?
19. Какая фактическая скорость резания заготовки диаметром 15 мм, если действительная частота вращения $n_d = 630$ об/мин.?
20. С какой целью на спиральном сверле выполняются стружечные канавки?
21. Какими сверлами производится обработка глухих отверстий, сравнительно больших диаметров?
22. Какая составная часть зенкера обеспечивает соосность цилиндрического углубления с предварительно обработанным отверстием?
23. Фрезы какой конструкции обеспечивают наиболее рациональное использование инструментального материала?
24. Какие фрезы применяют для обработки пазов в заготовке?
25. При каком виде фрезерования стойкость фрезы будет выше?
26. Как называются фрезы, у которых режущие зубья представляют собой пластины из инструментальной стали припаянные к корпусу фрезы?
27. Для чего предназначена передняя бабка станка?
28. Из каких составляющих состоит головка резца?
29. Для чего служит консоль горизонтально-фрезерного станка?
30. Какие основные углы заточки существуют у зуба фрезы?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для гарантированного обеспечения качества ремонтных операций, от квалифицированного исполнения которых зависит надёжность эксплуатации автотранспортных средств, а, следовательно, и уровень безопасности дорожного движения, важны знания, умения и навыки компетентного выполнения технологических требований и особенностей диагностики поврежденных износом деталей узлов и агрегатов машин, их контрольных измерений и соблюдения, на этой основе, регламентируемых норм по допускам геометрических отклонений, показателей качества, шероховатости и эксплуатационные свойств подвергнутых механической обработке восстановленных деталей одним или несколькими из вышеобозначенных способов.

Успешное формирование на основе достоверной идентификация и комплексной трансинтеграция практико-ориентированных профессиональных компетенций у обучающихся в профессиональных образовательных организациях с целенаправленным совершенствованием методологического аппарата учебно-образовательной деятельности безусловно должно быть отражено в учебном плане подготовки квалифицированных специалистов через направленность рабочих программ учебных дисциплин на большую ориентацию к изучению условий производства будущей профессиональной деятельности, в том числе с учетом прогнозно-ожидаемых условий её совершенствования как результата научно-технического прогресса. Примером таких условий могут служить результаты научно-исследовательских работ в смежных отраслях экономики от заготовительного до ремонтно-восстановительного производства, включая достижения ресурсосберегающих технологий неразрушающего ультразвукового контроля технологических процессов при диагностировании, выявлении отклонений от нормируемых параметров и др. [4–45], что является, в конечном итоге, гарантом предупреждения нарушений технологических режимов, брака, низкой производительности труда, неэффективности использования нового оборудования, существенных затрат на професси-

ональную адаптацию до соответствующего уровня квалификации и профессиональной дееспособности выпускников профессиональных образовательных организаций, по окончании которых, как правило, сегодня не в полной мере готовых приступить к продуктивному выполнению должностных обязанностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Восстановление деталей механической обработкой. [Электронный ресурс] – URL: <http://stroy-technics.ru/article/vosstanovlenie-detalei-mekhanicheskoi-obrabotkoi>.
2. Хонингование [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
3. Суперфинишная обработка [Электронный ресурс]. – URL: <https://dmliefer.ru/ru/content/nagel#superfinish>.
4. Влияние тернарности представления учебной информации на повышение креативности обучающихся / В.А. Белевитин, Е.А. Гафарова, Ю.В. Корчемкина, О.Н. Шварцкоп // *European Social Science Journal*. – 2017. – № 6. – С. 194–200.
5. Risk Management Based on Model of Competences when Introducing Innovative Information Technology / S.A. Bogatenkov, V.A. Belevitin, M.L. Khasanova // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – V.7. – No 4.38. – pp. 78–81.
6. Integrated Approach to Modeling IC Competence in Students / V.A. Belevitin, S.A. Bogatenkov, V.V. Rudnev, M.L. Khasanova, A.I. Tyunin // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – V.7. – No 4.38. – pp. 60–62.
7. The Approbation of a Mathematical Model of the Influence of Three-Level Semantic Representation of a Educational Message on the Dynamics of Students' Creativity/ Ye. Gafarova, V. Belevitin, Yu. Korchemkina, Ye. Smirnov, M. Khasanova // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – V.7. – No 4.38. – pp. 171–173.
8. Пропедевтика инженерной культуры обучающихся: инновации в образовании: колл. монография / Л.М. Базавлущкая, В.А. Белевитин и [др.]. – Челябинск, 2017.
9. Профессионально-педагогическое образование на рубеже веков: колл. монография / Е.А. Гнатышина, Г.А. Герцог, В.А. Белевитин. – Челябинск, 2014.
10. Идентификация универсальных компетенций выпускников работодателем / Э. Зеер, Д. Заводчиков // *Высшее образование в России*, 2007. – № 11. – С. 39–46.

11. Оценка профессиональных компетенций [Электронный ресурс]. – URL: [https:// www.hse.ru/data/ 2015/04/29/1098176151.pdf](https://www.hse.ru/data/2015/04/29/1098176151.pdf).
12. DEFECT HEALING IN THE AXIAL ZONE OF CONTINUOUS-CAST BILLET/ Y.N. Smyrnov, V.A. Skliar, V.A. Belevitin, R.A. Shmyglya, O.Y. Smyrnov // Steel in Translation. – 2016. – Т. 46. – № 5. – pp. 325–328.
13. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ: ПРОИЗВОДСТВО ГОРЯЧЕКАТАНЫХ БЛОМОВ И СОРТОВЫХ ЗАГОТОВОК: учеб. пособие / Е.Н. Смирнов, В.А. Белевитин, В.А. Скляр, В.В. Кисиль. – Челябинск, Изд-во ЧГПУ, 2016.
14. УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОЛИТА Н.И. БРАЖНИКОВА / А.И. Бражников, В.А. Белевитин, Ф.И. Бражников и [др.]. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2005. – № 3. – С. 54–56.
15. О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ДИАМЕТРОВ ВАЛКОВ И ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ / Р.М. Голубчик, В.К. Воронцов, В.А. Белевитин // Сталь. –1982. – № 8. – С. 64–66.
16. PHYSICAL AND COMPUTER MODELING OF A NEW SOFT REDUCTION PROCESS OF CONTINUOUSLY CAST BLOOMS / Y. Smyrnov, V. Skliar, V. Belevitin, G. Orlov // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2015. –Т. 50. – № 6. – С. 589–594.
17. Ультразвуковой контроль и регулирование технологических процессов / Н.И. Бражников, В.А. Белевитин, А.И. Бражников. – М.: Изд-во «Теплотехник», 2008. – 256 с.
18. Материаловедение. Свойства металлов и сплавов: учеб. пособие / В.А. Белевитин. – Челябинск, Изд-во ЧГПУ, 2012. – 236 с.
19. Материаловедение. Расходные материалы автотранспортной техники: учеб. пособие / А.Г. Карпенко, В.А. Белевитин. – Челябинск, Изд-во ЧГПУ, 2013. – 236 с.
20. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ: сб-к лабораторных работ / А.Г. Карпенко, К.В. Глемба, В.А. Белевитин. – Челябинск, Изд-во ЧГПУ, 2014. – 124 с.

21. ОПЕРАЦИОННО-ЗАЧЕТНЫЕ РАБОТЫ ПО ОБЩЕСТВЕННО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ: сб-к лабораторных работ / В.А. Белевитин, А.В. Суворов, Е.П. Меркулов. – Челябинск, Изд-во ЧГПУ, 2015. – 184 с.
22. К ПОСТАНОВКЕ И РЕШЕНИЮ ОБЪЕМНОЙ ЗАДАЧИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ МЕТОДАМИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕХАНИКИ / В.К. Воронцов, П.И. Полухин, В.А. Белевитин, В.В. Бринза // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1976. – № 4. – С. 75–80.
23. О моделировании пластического формоизменения раскатов с неравномерным распределением температуры по сечению на пластилиновых моделях / А.А. Минаев, Е.Н. Смирнов, В.А. Белевитин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1992. – № 4. – С. 57–59.
24. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИ ПРОКАТЕ КВАДРАТНОЙ ПОЛОСЫ В ОВАЛЬНОМ КАЛИБРЕ / В.К. Воронцов, Ю.С. Атеф, В.В. Бринза, В.А. Белевитин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1977. – № 5. – С. 101–105.
25. Simulation of the macrostructure influence of forging ingots on the potential capabilities of obtaining high-quality forgings / V.A. Belevitin, Y.N. Smyrnov, S.Y. Kovalenko, A.V. Suvorov // Metallurgical and Mining Industry. 2016. – № 7. – С. 18–23.
26. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ КВАРЦИТОВ / А.И. Серов, Е.Н. Смирнов, В.А. Скляр, В.А. Белевитин // Обогащение руд. 2017. – № 3 (369). – С. 15–20.
27. AN ULTRASOUND METHOD FOR CONTROLLING THE QUALITY OF SHAPED FORGINGS / I.P. Belevitina, N.I. Brazhnikov, V.A. Belevitin // Metallurgist. 1996. – Т. 39. – № 10. – С. 198.
28. Complete evaluation of extruded aluminum section and semi-product mechanical properties under conditions of typical regional manufacturer ALTEK / E.N. Smirnov, V.A. Sklyar, M.V. Mitrofanov, O.E. Smirnov, V.A. Belevitin, A.N. Smirnov // Metallurgist, 2018. – Vol. 61, – No. 9–10. – pp. 878–883.

29. Producing Structural-Steel Bar from Continuous-Cast Billet / A.N. Smirnov, E.N. Smirnov, V.A. Sklyar, V.A. Belevitin, R.E. Pivovarov // *Steel in Translation*, 2018, – Vol. 48. – No. 4. – pp. 233–239.
30. Effects of Decreasing the Initial Rolling Temperature in Three-High Roughing Stands / E.N. Smirnov, A.N. Smirnov, V.A. Sklyar, V.A. Belevitin, S.P. Eron'ko, R.E. Pivovarov // *Steel in Translation*, 2018. – Vol. 48. – No. 6. – pp. 381–387.
31. Behavior of Structural Defects of Already-Deformed Continuous-Cast Bar on Rolling / E.N. Smirnov, V.A. Sklyar, O.E. Smirnov, V.A. Belevitin, R.E. Pivovarov // *Steel in Translation*, – 2018. – Vol. 48. – No. 5. – pp. 289–295.
32. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГОРОДОВ / В.В. Руднев, М.Л. Хасанова, В.А. Белевитин. – Челябинск, 2017. – 88 с.
33. Компетентностно-ориентированное управление подготовкой кадров в условиях электронного обучения: монография / С.А. Богатенков, Е.А. Гнатышина, В.А. Белевитин. – Челябинск, Изд-во ЮУрГППУ. – 2017.
34. О понятии «Информационно-педагогический тезаурус магистранта» / В.А. Белевитин, М.Ю. Семагин. // сб. науч. трудов «Инновационные технологии в подготовке современных профессиональных кадров: опыт, проблемы». – Челябинск: Челяб. филиал РАНХиГС. – 2017. – С. 23–29.
35. К решению объемной задачи стационарного пластического течения методом координатной сетки / В.К. Воронцов, П.И. Полухин, В.А. Белевитин, В.В. Бринза // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 1976. – № 9. – С. 77–80.
36. Расчет параметров пластического формоизменения сортовых заготовок / А.А. Минаев, В.А. Белевитин, Е.Н. Смирнов // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 1990. – № 12. – С. 26–28.
37. Бесконтактный одноканальный времяимпульсный расходомер жидкости / А.И. Бражников, В.А. Белевитин, Е.В. Бражникова и [др.] // *Метрология*. 2004. – № 11. – С. 16–25.

38. Исследование формоизменения и напряженно-деформированного состояния непрерывнолитой заготовки с дефектом "ромбичность" в процессе прокатки в прямоугольных калибрах / Е.Н. Смирнов, В.А. Скляр, С.А. Снитко, В.А. Белевитин // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всеросс. научно-практич. конф-ии с между. участием. 2016. – С. 147–152.
39. Сквозная оценка механических свойств полупродукта и пресованных алюминиевых профилей в условиях типового регионального производителя ООО «АЛТЕК» / Е.Н. Смирнов, В.А. Скляр, М.В. Митрофанов, О.Е. Смирнов, В.А. Белевитин, А.Н. Смирнов // *Металлург*. 2017. – № 10. – С. 49-53.
40. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ: учеб.-метод. пособие / В.А. Белевитин, Е.А. Гнатышина, И.Г. Черновол. – Челябинск, 2017.
41. Магистерская диссертация: рекомендации по подготовке и защите: учеб.-метод. пособие / В.А. Белевитин, Е.А. Гнатышина, И.Г. Черновол. – Челябинск, 2016.
42. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ: учебное пособие / В.А. Белевитин. – Челябинск, 2017.
43. MAGNETIC METHOD NONDESTRUCTIVE EXPRESS INSPECTION OF MECHANICAL PROPERTIES / V.A. Belevitin, A.L. Mazurovskij, N.I. Brazhnikov, I.P. Belevitina // *Металлург*. 1996. – № 11. – С. 34.
44. PRESSURE TREATMENT OF METALS MONITORING THE THICKNESS OF SUPERTHIN STEEL BY MEANS OF UD2-12 DEFECTOSCOPES / V.A. Belevitin, A.I. Brazhnikov, E.L. Ivanov, A.K. Tarelkin // *Steel in Translation*. 2006. – Т. 36. – № 1. – С. 40-42.
45. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЖИМА ПРОКАТКИ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАРОК СТАЛИ В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО СТАНА / Е.Н. Смирнов, В.А. Скляр, В.А. Белевитин, А.Н. Смирнов, Р.Е. Пивоваров // *Производство проката*. 2018. –№ 8. – С. 19-25.

Учебное издание

**Белевитин Владимир Анатольевич,
Смирнов Евгений Николаевич,
Меркулов Евгений Павлович**

**ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН: ДОПУСКИ,
ПОСАДКИ, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА**

Учебное пособие

ISBN 978-5-907210-42-4

Работа рекомендована РИСом университета
Протокол № 19, 2019 г.

Изд-во ЮУрГГПУ
454080 г. Челябинск, пр. Ленина, 69

Редактор Л.Г. Шибакова
Компьютерный набор В.А. Белевитин

Формат 60x84 1/16

Объем 3,3 уч.-изд. л. (3,8 п. л.)

Тираж 100 экз.

Подписано в печать 04.04.2019

Заказ № 423

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69