

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

В.А. Кохановский

ПРОЦЕССЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ
И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям
и расчетно-графической работе

Ростов-на-Дону
2017

УДК 621.9(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент А.С. Шапшал

Кохановский, В.А.

Процессы механической и физико-технической обработки: учебно-методическое пособие к практическим занятиям и расчетно-графической работе / В.А. Кохановский; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 38 с.

Содержатся необходимые сведения и материалы для самостоятельного выполнения практических заданий и расчетно-графической работы по основным разделам дисциплины «Процессы механической и физико-технической обработки». Расчетно-графическая работа включает 4 задания, которые рассмотрены в соответствующих практических занятиях. В настоящем пособии приведены индивидуальное задание, пример расчета, справочные данные.

Предназначено для студентов специальности «Подвижной состав железных дорог», специализации «Технология производства и ремонта подвижного состава».

Одобрено к изданию кафедрой «Технология металлов».

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Практическое занятие № 1. Обработка на токарных станках | 4 |
| Практическое занятие № 2. Обработка на сверлильных станках | 12 |
| Практическое задание № 3. Обработка на консольно-фрезерных станках. . | 18 |
| Практическое задание № 4. Обработка на шлифовальных станках | 25 |
| Библиографический список | 37 |

Практическое занятие № 1

ОБРАБОТКА НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

1. Общие положения

Обработка резанием – по процесс срезания режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла для получения требуемой геометрической формы, точности размеров и шероховатости поверхности детали. Для осуществления этого необходимо, чтобы заготовка и режущая кромка инструмента перемещались относительно друг друга

Рабочими движениями в металлорежущих станках являются движения, обеспечивающие срезание с заготовки слоя металла и включающие главное движение и подачу.

Главным называется движение, которое служит непосредственно для отделения стружки. Количественно оно оценивается скоростью резания, обозначаемой буквой V , с размерностью м/с (м/мин). При токарной обработке – это вращение заготовки.

Подача – это движение, обеспечивающее непрерывное врезание режущего инструмента в новые слои материала обрабатываемой заготовки. Подача обозначается буквой S с индексом, указывающим направление: $S_{пр}$ – продольная, $S_{п}$ – поперечная подача. При токарной обработке подачей является поступательное движение суппорта. Размерность подачи мм/об.

Обработка заготовки на токарном станке называется токарной операцией. **Операция** – законченная часть технологического процесса, выполняемая рабочим на одном рабочем месте над определенной деталью. Простейшим элементом технологической операции является **переход** – обработка одной поверхности одним инструментом при определенных режимах резания. Если срезаемый слой велик, то он может удаляться не за 1, а за 2 и более **проходов** – однократных движений инструмента по поверхности. Кроме того, различают **установы** – мероприятия, связанные с установкой, переустановкой и закреплением заготовки.

Все сведения об обработке заготовки заносятся в специальные технологические карты. В них приводятся эскизные схемы, включающие заготовку в состоянии, соответствующем окончанию обработки, обработанный размер и длину обработки. Обработанную поверхность выделяют утолщенными линиями. Текст действий при выполнении перехода формулируется в повелительном наклонении.

Припуск – это слой материала, срезаемый с заготовки в процессе механической обработки. Припуски бывают односторонними (обработка одного торца) и двусторонними, симметричными (обработка 2 торцов цилиндрических поверхностей и т.п.).

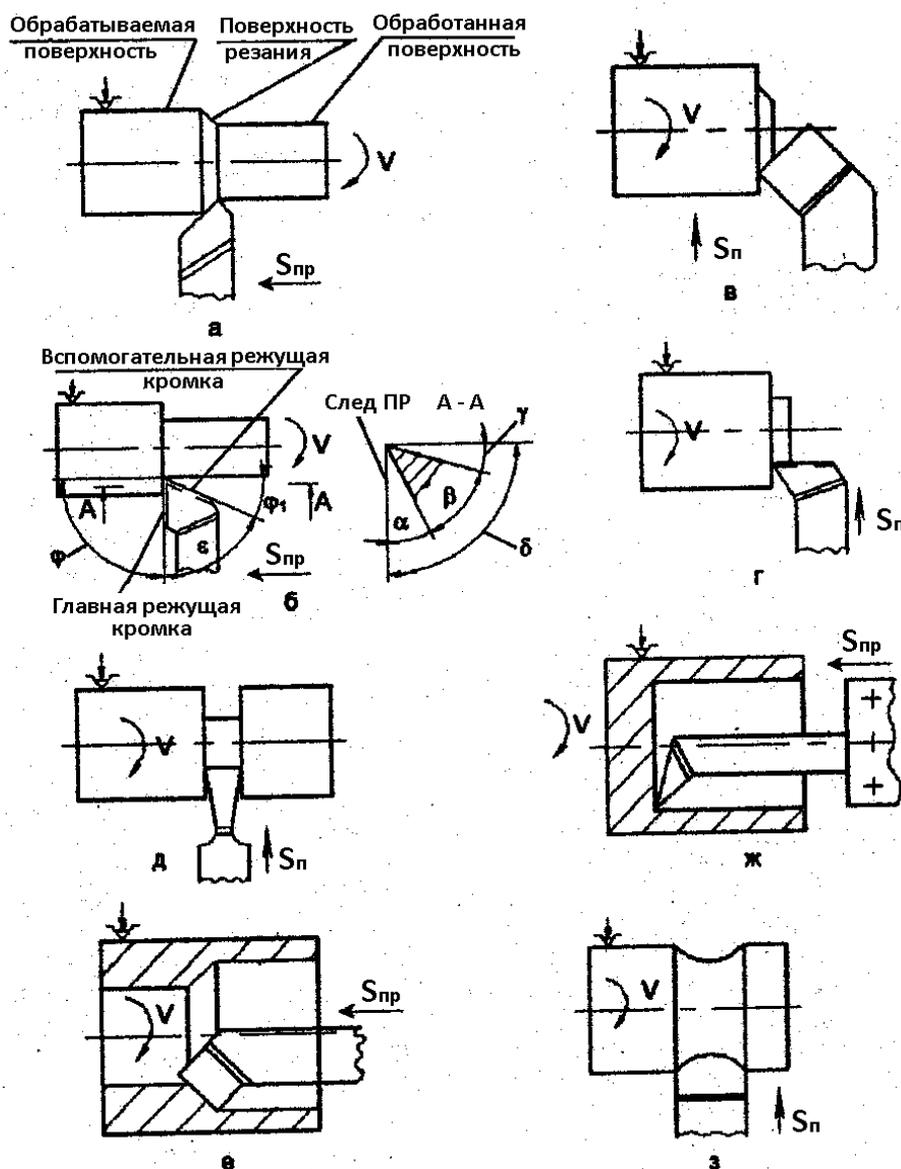


Рис. 1. Схемы обработки и токарные резцы: а – проходной прямой, б – проходной упорный, в – проходной отогнутый, г – подрезной, д – отрезной, е – расточной проходной, ж – расточной упорный, з – фасонный

По величине припуска и чертежу детали рассчитываются размеры заготовки по формуле (для двустороннего припуска)

$$D = d + 2z \text{ (мм)}, \quad (1)$$

где D и d – диаметры заготовки и детали в мм;

z – величина припуска в мм.

Для изготовления токарных резцов применяются следующие материалы: высоколегированные инструментальные стали (быстрорежущие P18 и др.), твердые сплавы (однокарбидные ВК8, двухкарбидные Т15К6, трехкарбидные ТТ7К12 и др.).

По технологическому назначению различают резцы: проходные (рис. 1, а, б, в) для обтачивания наружных цилиндрических и конических поверхностей; подрезные (рис. 1, г) для обтачивания плоских торцевых поверхностей; отрезные (рис. 1, д) для протачивания канавок и отрезки заготовок; расточные (рис. 1

е, ж) для растачивания сквозных, ступенчатых и глухих отверстий: фасонные (рис. 1, з) для обработки фасонных поверхностей.

По характеру обработки различают резцы черновые, получистовые и чистовые, которые отличаются друг от друга величиной радиуса r (мм) при вершине резца.

Таблица 1. Рекомендуемые значения припусков при точении

| Обрабатываемая поверхность | Размер поверхности, мм | Припуск на сторону, z , мм |
|----------------------------|------------------------|------------------------------|
| Цилиндрическая | 10 – 50 | 1,0 |
| | более 50 | 1,5 |
| Торцевая | | 1,5 |

Таблица 2. Материал и геометрия (град.) проходных резцов

| № п/п | Материал заготовки | | Мат-л резца | φ | φ_1 | γ | α | r |
|-------|--------------------|-------|-------------|-----------|-------------|----------|----------|---------|
| | Наимен. | марка | | | | | | |
| 1 | Латунь | Л62 | P18 | 90 | 10 – 45 | 5 – 15 | 8 – 12 | 0,5 – 2 |
| 2 | Сталь | 10 | T15K6 | 90 | 15 – 45 | 5 | 5 – 12 | 0,5 – 2 |

Таблица 3. Периоды стойкости резцов

| № п/п | Материал заготовки | Резец | Материал резца | Стойкость T , мин |
|-------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 1 | Латунь Л62 | проходной отогнутый | P18 | 30 – 60 |
| 2 | Сталь 10 | | T15K6 | 60 – 80 |

У токарного резца различают углы в плане и углы в главной секущей плоскости (рис 1, б). Углы в плане: φ – главный угол в плане, φ_1 – вспомогательный угол в плане, ε – угол при вершине резца.

Порядок назначения элементов режимов резания зависит от их влияния на стойкость инструмента и осуществляется в следующей последовательности: глубина – t , подача – S и скорость резания V . Вначале задаются глубиной резания, стремясь снять припуск на обработку за один проход. Далее выбирают подачу с учетом технологических ограничений: шероховатости обработанной поверхности, прочности и жесткости заготовки и инструмента.

При принятых глубине резания, подаче, стойкости инструмента и прочих условиях определяют скорость резания по формуле

$$V = \frac{C_v}{t^{x_v} S^{y_v} T^m}, \text{ м/мин} \quad (2)$$

где C_v , X_v , Y_v , m – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в таблице 5.

Таблица 4. Рекомендуемые подачи при точении

| № п/п | Материал заготовки | Шероховатость поверхности R_a , мкм | Радиус при вершине резца, мм | | |
|-------|--------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | | 0,5 | 1,0 | 2,0 |
| | | | Подача, S мм/об | | |
| 1 | Сталь 10 | 10 | 0,30 – 0,50 | 0,45 – 0,60 | 0,55 – 0,70 |
| 2 | Латунь Л62 | | 0,25 – 0,40 | 0,40 – 0,50 | 0,50 – 0,60 |
| 3 | Сталь 10 | 5 | 0,10 – 0,25 | 0,25 – 0,30 | 0,30 – 0,40 |
| 4 | Латунь Л62 | | 0,15 – 0,25 | 0,25 – 0,40 | 0,40 – 0,60 |
| 5 | Сталь 10 | 2,5 | 0,10 – 0,11 | 0,11 – 0,16 | 0,15 – 0,25 |
| 6 | Латунь Л62 | | 0,10 – 0,15 | 0,15 – 0,20 | 0,20 – 0,35 |

Таблица 5. Коэффициенты для расчета скорости резания при точении

| № п/п | Материал | | Подача S , об/мин | C_v | X_v | Y_v | m |
|-------|-----------|----------|---------------------|-------|-------|-------|------|
| | заготовки | резца | | | | | |
| 1 | P18 | Латунь | $\leq 0,2$ | 270 | 0,12 | 0,25 | 0,23 |
| 2 | | Л62 | $> 0,2$ | 182 | | 0,50 | |
| 3 | T15K6 | Сталь 10 | $\leq 0,3$ | 420 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| 4 | | | $< 0,7$ | 350 | | 0,35 | |

По скорости резания найдем расчетную частоту вращения по формуле

$$n = \frac{1000 V}{\pi D}, \text{ мин}^{-1} \quad (3)$$

где V - скорость резания в м/мин;

D – диаметр заготовки в мм.

Уточним n по паспорту станка (таблица 6).

Таблица 6. Паспортные данные токарного станка

| № п/п | Параметр | Величина |
|-------|--|---|
| 1 | Частота вращения шпинделя, n мин ⁻¹ | 100; 160; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000 |
| 2 | Продольная подача, S мм/об | 0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,063; 0,08; 0,10; 0,125; 0,2; 0,25; 0,315; 0,40; 0,50; 0,63; 0,8; 1,0 |
| 3 | Мощность, N кВт | 10 |

Фактическая скорость резания определяется по формуле (4):

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ м/мин} . \quad (4)$$

Главная составляющая силы резания P_Z рассчитывается по формуле (5)

$$P_Z = C_p t^{x_p} S^{y_p} V^{n_p}, \text{ Н} \quad (5)$$

Таблица 7. Коэффициент для расчета силы резания (Н) при точении

| № п/п | Материал | | C_p | X_p | Y_p | n_p |
|-------|----------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | резца | детали | | | | |
| 1 | P18 | Латунь Л62 | 589,5 | 1,0 | 0,66 | 0,0 |
| 2 | T15K6 | Сталь 10 | 2943 | 1,0 | 0,75 | -0,16 |

Эффективную мощность N резания рассчитывают по формуле (6)

$$N_{\text{э}} = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1040 \cdot 60}, \text{ кВт.} \quad (6)$$

Найденное значение эффективной мощности $N_{\text{э}}$, необходимо сравнивать с мощностью станка, приведенной в табл.6. При этом должно соблюдаться условие

$$N_{\text{э}} < N_{\text{ст}} \eta, \quad (7)$$

где $\eta = 0,7 - 0,85$ коэффициент полезного действия механизмов и передач станка.

Невыполнение этого условия требует снижения режимов резания (в первую очередь скорость резания).

Машинное (основное) время обработки детали на данной операции рассчитывается по формуле

$$T_{\text{маш}} = \frac{k \cdot L}{n \cdot S} \text{ мин,} \quad (8)$$

где $k = 1,1$ – коэффициент, учитывающий врезание и перебеги инструмента,
 L – длина обрабатываемой поверхности детали.

2. Индивидуальное задание

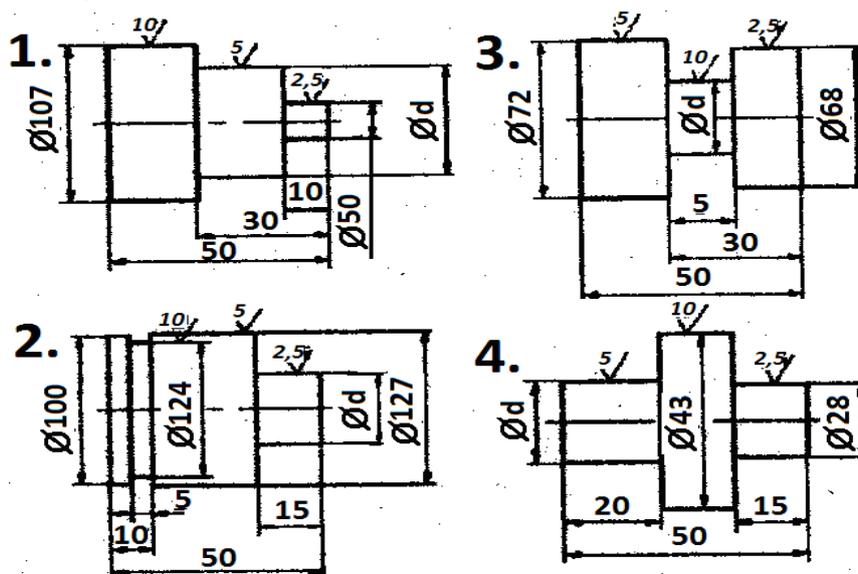


Рис. 2. Эскизы обрабатываемых деталей

Таблица 8. Индивидуальные задания

| № п/п | № эскиза | Материал заготовки | Размер d | № п/п | № эскиза | Материал заготовки | Размер d |
|-------|----------|--------------------|--|-------|----------|--------------------|---|
| 1 | 1 | Сталь 10 | Для четных d=120мм, нечетных d=80мм | 16 | 3 | Латунь Л62 | нечетных d=90мм |
| 2 | | | | 17 | | | |
| 3 | | | | 18 | | | |
| 4 | | Латунь Л62 | | 19 | | Сталь 10 | |
| 5 | | | | 20 | | | |
| 6 | | | | 21 | | | |
| 7 | | | | 22 | | | |
| 8 | 2 | Сталь 10 | Для четных d=100мм, | 23 | 4 | Латунь Л62 | Для четных d=30мм, нечетных d=20мм |
| 9 | | | | 24 | | | |
| 10 | | | | 25 | | | |
| 11 | | | | 26 | | | |
| 12 | | Латунь Л62 | | 27 | | Сталь 10 | |
| 13 | | | | 28 | | | |
| 14 | | | | 29 | | | |
| 15 | | | | 30 | | | |

3. Пример выполнения задания

3.1. Ознакомиться с общей частью методических указаний

3.2. Привести исходные данные

Выполняется задание.

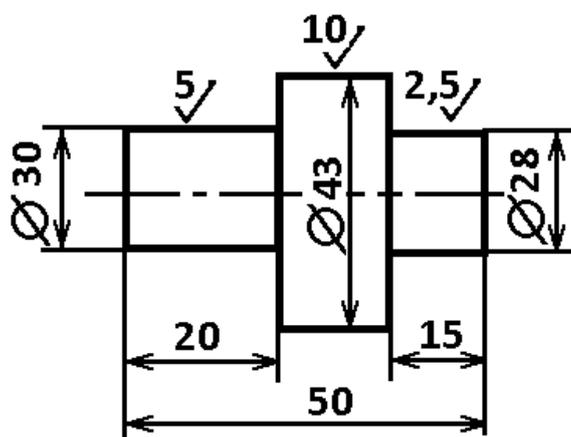


Рис. 3. Эскиз детали (Материал – сталь 10, эскиз №4, d = 30мм)

3.3. Составить маршрут токарной операции обработки детали и занести в таблицу 9.

3.4. Найти величину общего припуска на обработку и определить размеры заготовки по формуле (1) и табл. 1

$$D = d + 2z = 43 + 2 \times 1,0 = 45 \text{ мм}$$

В качестве заготовки выбираем горячекатаный стальной прут, Ø 45мм.

3.5. Назначить распределение припусков по переходам

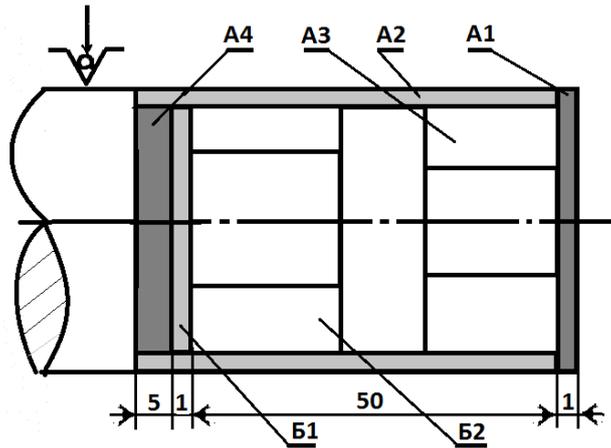


Рис. 4. Распределение припусков по переходам

3.6. Выбор инструмента для перехода A2

Используется проходной упорный резец. По табл.2 находим марку твердосплавной режущей пластинки – Т15К6 с геометрией: $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $r = 1,0\text{мм}$. Период стойкости T по табл.3 принимаем $T=80\text{мин}$.

3.7. Расчет режимов резания для перехода A2

3.7.1. Глубина резания принимается равной припуску

$$t = z = 1\text{мм}.$$

3.7.2. По таблице 4 выбираем подачу S для стали 10 при шероховатости $Ra = 10\text{ мкм}$ и радиусе при вершине резца $r = 1,0\text{мм}$

$$S = 0,45\text{ мм/об}.$$

Уточняем подачу S по паспортным данным станка (см. табл.6) и принимаем

ближайшую к выбранной $S = 0,5\text{ мм}$.

3.7.3. Скорость резания определяется по формуле (2) и данным таблицы 5. Стойкость выбираем по таблице 3 равную 90 минутам резания.

$$V = \frac{C_v}{t^{x_v} S^{y_v} T^m} = \frac{350}{1^{0.15} 0.5^{0.35} 90^{0.2}} = 184.2\text{ м/мин}$$

3.7.4. Частоту вращения по формуле (3):

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 184.2}{3.14 \cdot 45} = 1303.6\text{ мин}^{-1}$$

Уточняем по паспортным данным станка (см. таблицу 6) и принимаем ближайшую меньшую $n_{ст} = 1250\text{ мин}^{-1}$.

3.7.5. Фактическая скорость резания V_ϕ определяется по формуле (5) и данным таблицы 7

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 45 \cdot 1250}{1000} = 176,6\text{м/мин}$$

3.7.6. Главная составляющая силы резания определяется по формуле (5) и данным таблицы 7

$$P_Z = C_p t^{x_p} S^{y_p} V^{n_p} = 2943 \cdot 11 \cdot 0,50,75 \cdot 176,6 \cdot 0,15 = 804,1\text{ Н}$$

3.7.7. Мощность резания N определяется по формуле (6)

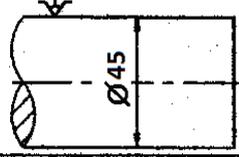
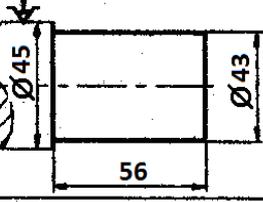
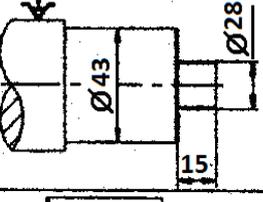
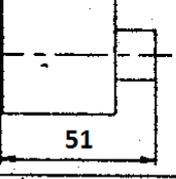
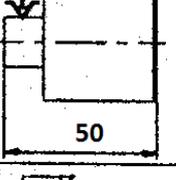
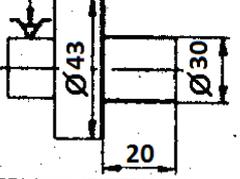
$$N_{\text{э}} = \frac{P_z \cdot V_{\text{ф}}}{1040 \cdot 60} = \frac{804 \cdot 1,176 \cdot 6}{1040 \cdot 60} = 2,27 \text{ кВт}$$

Так как $N_{\text{э}} = 2,27 < N_{\text{см}} \cdot \eta = 8 \text{ кВт}$, то обработка на данных режимах выполнена правильно.

3.8.7. Рассчитать машинное (основное) время обработки детали для данного перехода

$$T = \frac{k \cdot L}{n \cdot S} = \frac{1,1 \cdot 56}{1250 \cdot 0,5} = 0,098 \text{ мин}$$

Таблица 9. Схема обработки детали

| Уста- но- вы | Пере- ходы | Содержание устано- вов и переходов | Схемы переходов | Тип реза |
|--------------------|---------------|---|--|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| А | 1 | Установить заготовку в патрон и закрепить. Подрезать торец "как чисто". |  | Подрезной |
| | 2 | Точить $\varnothing 45$ до $\varnothing 43$ на длину 56 |  | Проходной упорный |
| | 3 | Точить $\varnothing 43$ до $\varnothing 28$ на длину 15 |  | Проходной упорный |
| | 4 | Отрезать в размер 51 |  | Отрезной |
| Б | 1 | Установить заготовку в потрон и закрепить. Подрезать торец в размер 50. |  | Подрезной |
| | 2 | Точить $\varnothing 43$ до $\varnothing 30$ на длину 20. |  | Проходной упорный |

4. Содержание отчета

- 4.1. Исходные данные с эскизом детали.
- 4.2. Схема распределения припусков по переходам (Рис.3).
- 4.3. Расчет режимов резания с формулами, цифрами и результатом.
- 4.4. Схема переходов с их содержанием, установкой, инструментом и необходимыми размерами (табл. 9).
- 4.5. Вывод о маршруте и режимах изготовления детали.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Что такое режимы токарной обработки?
- 5.2. Последовательность назначения режимов резания.
- 5.3. Из каких материалов изготавливают режущую часть резцов?
- 5.4. Какой параметр оказывает наибольшее влияние на скорость резания?
- 5.5. Что такое стойкость инструмента?
- 5.6. Почему в справочниках приведена скорость резания, а на станках указана частота вращения?
- 5.7. Что составляет главное движение на токарном станке?
- 5.8. Какие виды подачи имеет токарный станок?
- 5.9. Что такое эффективная мощность резания?
- 5.10. Почему при расчетах оперируют не равнодействующей, а вертикальной составляющей сил резания?

Практическое занятие № 2 ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

1. Общие положения

Сверлением называется образование отверстия в сплошном материале снятием стружки с помощью режущего инструмента – сверла. Сверление осуществляют при сочетании вращательного движения инструмента вокруг оси – **главного движения** резания и поступательного его движения вдоль оси – движения подачи (рис. 1). На сверлильном станке оба движения сообщаются инструменту.

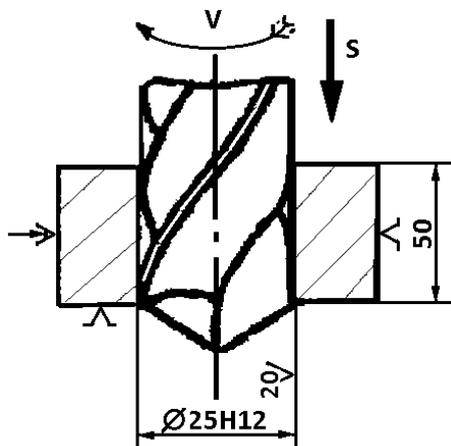


Рис. 1. Схема обработки отверстия сверлением

Под режимами резания при сверлении понимается совокупность значений скорости резания и подачи.

За скорость главного движения V принимают окружную скорость точки режущей кромки, наиболее удаленной от оси сверла, (м/мин):

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ м/мин} \quad (1)$$

где d – наружный диаметр сверла, мм;
 n – частота вращения сверла, мин^{-1} .

Таблица 1. Подачи при сверлении

| Диаметр сверл, d мм | Предел прочности обрабатываемой стали б, МПа | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | < 300 | 400 – 590 | 600 – 1190 | > 1200 |
| Св 8 до 10 | 0,26 – 0,31 | 0,20 – 0,24 | 0,14 – 0,16 | 0,12 – 0,14 |
| Св 10 до 12 | 0,32 – 0,35 | 0,25 – 0,27 | 0,17 – 0,19 | 0,15 – 0,16 |
| Св 12 до 16 | 0,36 – 0,42 | 0,28 – 0,32 | 0,20 – 0,22 | 0,17 – 0,19 |
| Св 16 до 20 | 0,43 – 0,46 | 0,33 – 0,37 | 0,23 – 0,26 | 0,20 – 0,22 |
| Св 20 до 25 | 0,48 – 0,57 | 0,38 – 0,42 | 0,27 – 0,31 | 0,23 – 0,25 |
| Св 25 до 30 | 0,58 – 0,61 | 0,43 – 0,47 | 0,32 – 0,34 | 0,26 – 0,28 |

Подача сверла S равна осевому перемещению сверла за один оборот, мм/об. Приведенные в таблице 1 подачи применяют при сверлении отверстий глубиной не более $2d$ с точностью не выше 12-го качества в условиях жесткой технологической системы. При ограничениях по точности вводят понижающие поправочные коэффициенты.

Таблица 2. Пределы стойкости спиральных сверл

| Диаметр сверла, d мм | 6 – 14 | 15 – 19 | 20 – 24 | 25 – 29 |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|
| Стойкость, T мин | 10 | 12 | 18 | 25 |

Таблица 3. Коэффициенты для расчета режимов обработки: скорости резания V , осевой силы P_o и крутящего момента M_k

| б, МПа | C_V | | | | C_M | | C_P | |
|--------------------|----------|-------|----------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| | $d < 10$ | | $d > 10$ | | Все размеры | | | |
| 410 – 500 | 3,18 | | 7,70 | | 23,0 | | 55,6 | |
| 510 – 600 | 3,86 | | 9,85 | | 27,2 | | 65,4 | |
| 610 – 700 | 3,36 | | 8,17 | | 30,4 | | 73,5 | |
| 710 – 800 | 3,00 | | 7,26 | | 33,3 | | 82,5 | |
| Показатели степени | n_V | Y_V | n_V | Y_V | X_M | Y_M | X_P | Y_P |
| | 0,65 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | | | | |
| | m | 0,2 | m | 0,2 | | | | |

Таблица 4. Паспортные данные вертикально-сверлильного станка 2Н135

| Параметры | Величина |
|--|--|
| Диаметр условного сверления | 35 мм |
| Частоты вращения шпинделя, n мин ⁻¹ | 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400 |
| Величины подач, S мм/об | 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6 |
| Мощн. эл. двигателя, N кВт | 4,5 |
| Осевое усилие P_o , кГс | 1500 |
| Крутящий момент, M_k кГс·мм | 4000 |

2. Индивидуальное задание

Таблица 5. Варианты заданий

| № п/п | Диаметр сверла, d мм | Прочность обрабатываемой стали, σ МПа | № п/п | Диаметр сверла, d мм | Прочность обрабатываемой стали, σ МПа |
|-------|------------------------|--|-------|------------------------|--|
| 1 | 9 | 320 | 14 | 19 | 550 |
| 2 | 10 | 400 | 15 | 20 | 600 |
| 3 | 11 | 450 | 16 | 21 | 650 |
| 4 | 12 | 500 | 17 | 22 | 700 |
| 5 | 12,5 | 550 | 18 | 23 | 750 |
| 6 | 13 | 600 | 19 | 23,5 | 320 |
| 7 | 14 | 650 | 20 | 24 | 400 |
| 8 | 15 | 700 | 21 | 25 | 450 |
| 9 | 15,5 | 750 | 22 | 26 | 500 |
| 10 | 16 | 320 | 23 | 26,5 | 550 |
| 11 | 17 | 400 | 24 | 27 | 600 |
| 12 | 18 | 450 | 25 | 28 | 650 |
| 13 | 18,5 | 500 | 26 | 29 | 700 |

Примечание:

1. Материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

2. Длина сверления $L = 2d$. мм.

3. Пример выполнения задания

3.1. Исходная информация.

На вертикально-сверлильном станке модели 2Н135 требуется просверлить в заготовке сквозное отверстие диаметром $d = 25$ Н12 глубиной $L = 50$ мм (см. рис. 1).

Материал заготовки – углеродистая горячекатаная сталь с пределом прочности $\sigma = 700$ МПа. Материал спирального сверла – сталь быстрорежущая марки Р6М5. Охлаждение – 5% эмульсией.

Необходимо назначить режимы резания, определить осевую силу, крутящий момент, эффективную мощность и основное время при сверлении.

Обработка сверлением позволяет получить точность отверстия по 13-11 квалитету и шероховатость поверхности $Ra=12,5$ мкм, то есть параметры, которые требуются согласно заданию (см. рис. 1).

3.2. Определить подачу S по формуле:

$$S = S_{\text{табл}} \cdot K_s = (0,32 - 0,34) \cdot 1 = (0,32 - 0,34) \text{ мм/об}, \quad (2)$$

где $S_{\text{табл}}$ - рекомендуемое табличное значение подачи, выбирается по табл.1 в пределах выбранного табличного диапазона.

K_s - поправочный коэффициент на подачу, для всех вариантов заданий равный единице, так как сверлится отверстие глубиной $L \leq 3d$, с точностью не выше 12-го квалитета в условиях достаточно жесткой технологической системы.

Окончательно подача устанавливается по паспорту станка. Если точно такой не окажется, берется ближайшая, имеющаяся на станке (таблица 4).

Принимаем $S = 0,28$ мм/об.

3.3. Определить скорость резания V по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot d^{n_v}}{T^m \cdot S^{y_v}} \cdot K_v = \frac{8,17 \cdot 25^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 1 \cdot \left(\frac{750}{700}\right)^{0,9} \cdot 1 \cdot 1 =$$

$$= 31,27 \text{ м/мин (0,52 м/с)}, \quad (3)$$

где C_v - коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала заготовки и условия обработки;

T - стойкость сверла, мин. Значения T , коэффициента C_v и показателей степени n_v , m и y_v , приведены в таблице 3.

$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}$ - поправочный коэффициент на скорость резания;

$K_{mv} = K_{\Gamma}(750/6_e)$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала;

$K_{\Gamma} = 1$ для сверл из быстрорежущей стали, а деталей - из углеродистой (учитывает материалы инструмента и обрабатываемый);

$n = 0,9$ - показатель степени (для сверл из быстрорежущей стали и заготовок из углеродистой) при <750 МПа.

$K_{uv} = 1$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала (для быстрорежущей стали);

K_{lv} - поправочный коэффициент, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия (при глубине $3d$, $K_{lv} = 1$).

3.4. Определить частоту вращения шпинделя станка n , соответствующую скорости, полученной по расчету:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 31,27}{3,14 \cdot 25} = 398 \text{ мин}^{-1}. \quad (4)$$

Принимаем по станку ближайшую меньшую частоту вращения шпинделя, равную 355 мин^{-1}

3.5. Определить фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi d n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 355}{1000} = 27,9 \text{ м/мин} \quad (5)$$

3.6. Определить осевую силу P_o

$$P_o = C_p d^{X_p} S^{Y_p} K_p = 73,5 \cdot 251,0 \cdot 0,280,7 \cdot (700/750)^{0,75} = 716 \text{ кгс}, \quad (6)$$

где C_p , d^{X_p} и S^{Y_p} принимаем по таблице 3, а $K_p = (6_v / 750)^n$, где $n = 0,75$ при обработке углеродистых сталей.

По паспортным данным станка 2Н135 (см. таблицу 4) наибольшее осевое усилие, допускаемое механизмом подачи станка 1500 кгс. Следовательно, назначенная подача $S=0,28$ мм/об допустима.

3.7. Определить крутящий момент при сверлении M_k .

$$M_k = C_m d^{X_m} S^{Y_m} K_p = 30,4 \cdot 252,0 \cdot 0,280,8 (700/750)^{0,75} = 6516 \text{ кгс} \cdot \text{мм} \quad (7)$$

Значения коэффициентов и показателей степеней приведены в таблице 3.

Так как полученный крутящий момент не обеспечивается станком (см. таблицу 4), следует уменьшить подачу, которую определяем, исходя из крутящего момента, допускаемого станком. Используя уравнение для определения крутящего момента M_k и приравняв его к допустимому

$M_{k доп.} = 4000$ кгс·мм, можно определить искомую подачу из выражения:

$$S = \left(\frac{M_{k доп.}}{C_m d^{X_m} K_m} \right)^{\frac{1}{Y_m}} = \left[\frac{4000}{30,4 \cdot 25^{1,0} \cdot \left(\frac{700}{750} \right)^{0,75}} \right]^{\frac{1}{0,8}} = 0,15 \text{ мм/об}. \quad (8)$$

Принимаем по станку (см. таблицу 4) $S=0,14$ мм/об.

3.8. Пересчитываем скорость резания и частоту вращения сверла, исходя из принятого нового значения подачи:

$$V = \frac{8,17 \cdot 25^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,14^{0,5}} \cdot 1 \cdot \left(\frac{750}{700} \right)^{0,9} \cdot 1 \cdot 1 = 44,08 \text{ м/мин} (0,73 \text{ м/с}),$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 44,08}{3,14 \cdot 25} = 562 \text{ мин}^{-1}. \quad (9)$$

По станку (см. таблицу 4) принимаем ближайшую меньшую частоту вращения частоту вращения $n = 500 \text{ мин}^{-1}$.

3.9. Определить фактическую скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 500}{1000} = 32,3 \text{ м/мин}. \quad (10)$$

3.10. Найти эффективную мощность резания

$$N_e = \frac{M_{k доп.} \cdot n}{974000} = \frac{4000 \cdot 500}{974000} = 2,05 \text{ кВт}. \quad (11)$$

3.12. Сравнить эффективную мощность резания с мощностью станка

$$N_{э} = 2,05 \text{ кВт} < N_{\eta} = 4,5 \cdot 0,7 = 3,15 \text{ кВт}$$

Обработка возможна, так как мощность станка 2Н135, превышает мощность резания. Если окажется, что мощности электродвигателя станка недоста-

точно для сверления, следует уменьшить частоту вращения шпинделя, определив ее по формуле

$$n = \frac{974000 \cdot N_s \cdot \eta}{M_{к доп.}} \quad (12)$$

Полученную частоту вращения шпинделя нужно откорректировать по паспорту станка, принимая ближайшее меньшее значение.

3.13. Определяем основное время T_o , затрачиваемое непосредственно на сверление при "ручном" подводе инструмента к заготовке по формуле:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n}, \text{ мин} \quad (13)$$

где $L=l+l_{сп}+l_{пер}$ – полная длина перемещения сверла, мм;

l – длина (глубина) отверстия, мм;

$l_{сп} = \frac{d}{2} \operatorname{ctg} \varphi$ – глубина врезания сверла в заготовку, мм;

$l_{пер} \geq 3S$ – длина перебега инструмента, мм.

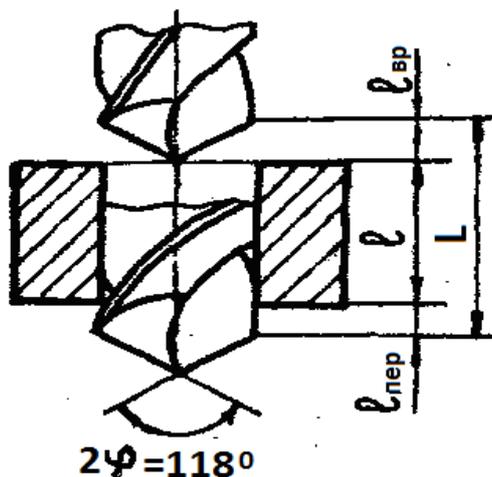


Рис. 2. Схема для расчета длины рабочего хода

Принимаем угол при вершине сверла

$2\varphi = 118^\circ$, рекомендуемый при обработке стали ($\operatorname{ctg} 59^\circ = 0,6$).

Тогда

$$T_o = \frac{l + l_{сп} + l_{пер}}{S \cdot n} = \frac{50 + 12,5 \cdot \operatorname{ctg} 59^\circ + 3 \cdot 0,14}{0,14 \cdot 500} = 0,83 \text{ мин.}$$

4. Содержание отчета

4.1. Исходные данные с эскизом обработки (Рис.1).

4.2. Расчеты с формулами, цифрами и результатами.

4.3. Вывод о полученных результатах.

5. Контрольные вопросы.

5.1. Что является главным движением при сверлении ?

- 5.2. Какую размерность имеет подача при сверлении?
- 5.3. Какие расчетные величины относятся к режимам резания при сверлении?
- 5.4. Как определяется частота вращения шпинделя станка?
- 5.5. Как рассчитывается мощность электродвигателя станка?
- 5.6. Что определяет длину рабочего хода сверла?
- 5.7. Какой тип сверла применен в работе?
- 5.8. Назовите название, марку и состав материала сверла.
- 5.9. Сколько режущих кромок у применяемого сверла?
- 5.10. В чем особенности геометрии применяемых сверл?

Практическое задание № 3

ОБРАБОТКА НА КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

1. Общие положения

Фрезерование – метод обработки поверхностей заготовок многолезвийными режущими инструментами (фрезами). Движениями при фрезеровании являются (см. рис.1): главное движение – непрерывное вращение фрезы со скоростью резания V , движения подачи – перемещение стола с заготовкой в продольном направлении – продольная подача S_{np} , перемещение поперечных салазок со столом – поперечная подача S_n и перемещение консоли с салазками и столом по вертикальным направляющим станины – вертикальная подача S_v .

Процесс фрезерования характеризуется прерывистостью резания каждым зубом фрезы. Зуб фрезы срезает стружку только на некоторой части ее оборота. Другую часть оборота зуб не касается заготовки до последующего врезания. Прерывистость резания вызывает вибрации, повышенный износ зубьев, ухудшает точность обработки и увеличивает шероховатость обработанной поверхности.

На фрезерных станках обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, пазы разнообразного профиля, фасонные линейчатые и нелинейчатые поверхности.

2. Устройство консольно-фрезерных станков

В зависимости от компоновки фрезерные станки могут быть вертикальными (преимущественно для фрез с вертикальной осью вращения) и горизонтальными (преимущественно для фрез с горизонтальной осью вращения). Горизонтально-фрезерный (рис. 1, а) и вертикально-фрезерный (рис. 1, б) станки относятся к универсальному виду оборудования и имеют много общих узлов и деталей. Их конструктивными различиями является наличие у вертикально-фрезерного станка поворотной шпиндельной головки 14, а у горизонтально-фрезерного станка – хобота 12, подвески (серьги) 13 и двух съемных поддержек 11.

Станина 2 имеет вертикальные направляющие, по которым перемещается консоль 5, имеющая вертикальную подачу S_v . Внутри станины 2 расположена

коробка скоростей 4, которая передает вращение от электродвигателя к шпинделю 7 и служит для изменения частоты вращения шпинделя. Консоль 5 имеет направляющие, по которым перемещаются салазки 6, имеющие поперечную подачу S_n . На салазках расположен стол 8, имеющий продольную подачу $S_{пр}$. Коробка подач 10 расположена внутри консоли 5, она получает вращение от второго электродвигателя 9, которое преобразуется в поступательное движение консоли 5, салазок 6 и стола 8. Механизмы коробки подач 10 позволяют получать продольные, поперечные и вертикальные подачи.

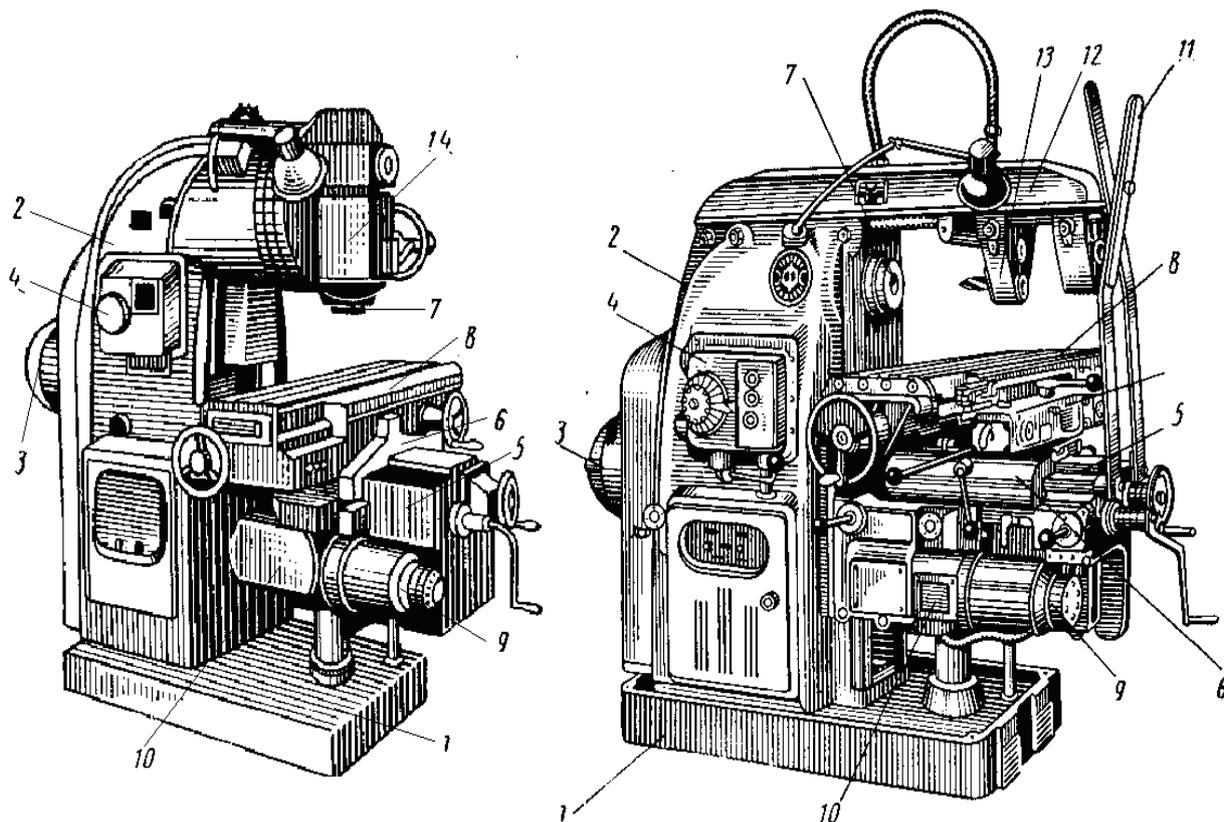


Рис. 1. Консольные горизонтально-фрезерный (а) и вертикально-фрезерный (б) станки: 1 – основание; 2 – станина; 3 – электродвигатель; 4 – коробка скоростей; 5 – консоль; 6 – поперечные салазки; 7 – шпиндель; 8 – стол; 9 – эл. дв. коробки подач; 10 – коробка подач; 11 – две поддержки; 12 – хобот; 13 – подвеска; 14 – шпиндельная головка

Фреза на горизонтально-фрезерных станках насаживается на оправку, один конец которой закрепляется в шпинделе 7, второй поддерживается подвеской 13, закрепляемой на хоботе 12. Шпиндельная головка 14 вертикально-фрезерного станка может поворачиваться в вертикальной плоскости.

3. Обработка на фрезерных станках

На рис. 2 показаны схемы обработки горизонтальной плоскости на горизонтально-фрезерном станке цилиндрической фрезой (а) и уступа на вертикально-фрезерном станке концевой фрезой (б).

4. Расчет режимов резания

К режимам резания относятся: скорость главного движения V , (одна из подач), например, продольная подача $S_{пр}$, глубина резания t и ширина фрезерования B . Глубину и ширину резания, параметры фрезы, а также вид обрабатываемого материала находим по таблице индивидуального задания.

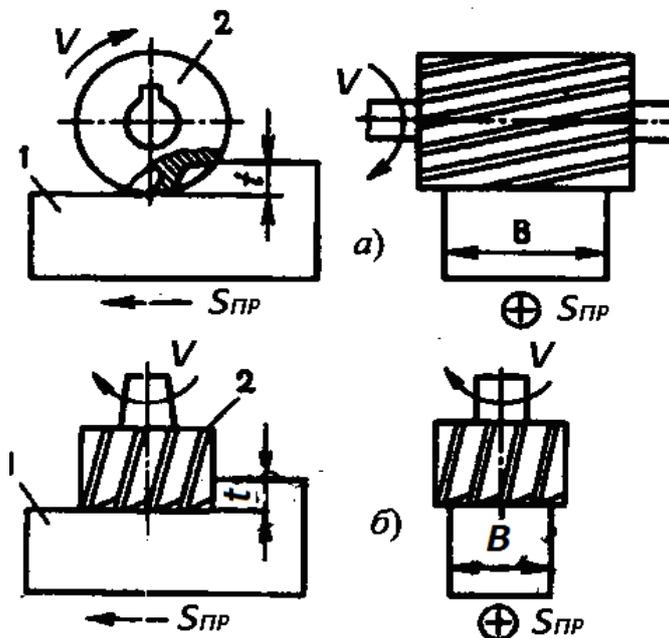


Рис. 2. Схемы фрезерования: а) цилиндрической фрезой на горизонтально-фрезерном станке, б) концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке

Глубина резания t (мм) – толщина срезаемого за один проход слоя материала, измеренная перпендикулярно к обработанной поверхности.

Ширина фрезерования B (мм) – ширина поверхности, обрабатываемой за один проход.

Различают подачу **на зуб** фрезы S_Z (один), подачу **на оборот** фрезы S_O (один) и минутную подачу S_M (в одну минуту). Подача на один зуб фрезы S_Z (мм/зуб) – величина перемещения стола станка с заготовкой за время углового поворота фрезы на один зуб (таблицы 1 и 2). Подача на один оборот фрезы S_O , (мм/об) – величина перемещения стола с заготовкой за время одного оборота фрезы. Минутная подача S_M (мм/мин) – величина перемещения стола с заготовкой в минуту. Поддачи при фрезеровании между собой связаны зависимостями

$$S_M = S_O \cdot n = S_Z \cdot Z \cdot n \quad (\text{мм/мин}), \quad (1)$$

где Z – число зубьев фрезы,

n – частота вращения фрезы.

Скорость главного движения или резания V (м/мин) определяется по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_Z^{y_v} \cdot Z^{n_v} \cdot B^{z_v}} \quad \text{м/мин}, \quad (2)$$

где D – диаметр фрезы, мм;

T – стойкость, (принимается $T = 60$ мин);
 t – глубина резания, мм;
 S_z – подача на зуб, мм/зуб;
 B – ширина фрезерования, мм;
 $C_v, X_v, Y_v, n_v, Z_v, q_v$ – безразмерные параметры модели.

Таблица 1. Подача на зуб для цилиндрических фрез из быстрорежущей стали

| Глубина фрезерования t , мм | Ширина фрезерования B , мм | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------|
| | до 50 мм | свыше 50 мм |
| | Подача на зуб S_z , мм/зуб | |
| при фрезеровании стали | | |
| до 2 | 0,25 – 0,40 | 0,15 – 0,25 |
| свыше 2 до 5 | 0,20 – 0,30 | 0,10 – 0,20 |
| свыше 5 до 10 | 0,10 – 0,20 | 0,10 – 0,15 |
| при фрезеровании серого чугуна | | |
| до 2 | 0,30 – 0,45 | 0,25 – 0,35 |
| свыше 2 до 5 | 0,25 – 0,35 | 0,20 – 0,30 |
| свыше 5 до 10 | 0,10 – 0,20 | 0,10 – 0,15 |

Таблица 2. Подача на зуб для концевых фрез из быстрорежущей стали
($t = 3 - 5$ мм)

| Ширина фрезе- рования B , мм | Диаметр фрезы D , мм | | |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|
| | до 10 | 10 – 30 | свыше 30 |
| | Подача на зуб S_z , мм/зуб | | |
| при фрезеровании стали | | | |
| до 5 | 0,005 – 0,010 | 0,010 – 0,050 | 0,050 – 0,070 |
| свыше 5 до 20 | 0,003 – 0,006 | 0,008 – 0,015 | 0,020 – 0,050 |
| свыше 20 | - | - | 0,020 – 0,040 |
| при фрезеровании серого чугуна | | | |
| до 5 | 0,010 – 0,020 | 0,020 – 0,040 | 0,070 – 0,100 |
| свыше 5 до 20 | 0,006 – 0,010 | 0,015 – 0,030 | 0,050 – 0,100 |
| свыше 20 | - | - | 0,030 – 0,040 |

Таблица 3. Коэффициенты для расчета скорости резания

| Мате- риал | C_v | | q_v | m | n_v | x_v | y_v | | z_v | |
|----------------|--------------|-----------------|-------|------|-------|-------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----|
| | Цилиндрич. | Конц. | | | | | Цилиндрические и концевые фрезы | | | |
| Сталь | $S_z > 0,1$ | $S_z \leq 0,1$ | 40,0 | 0,45 | 0,33 | 0,1 | 0,3 | $S_z \leq 0,1$ | $S_z > 0,1$ | 0,1 |
| | 35,4 | 55,0 | | | | | | 0,2 | 0,4 | |
| Серый чугун | $S_z > 0,15$ | $S_z \leq 0,15$ | 72,2 | 0,70 | 0,25 | 0,3 | 0,5 | $S_z \leq 0,15$ | $S_z > 0,15$ | 0,3 |
| | 27,0 | 57,6 | | | | | | 0,2 | 0,6 | |

Частота вращения фрезы n (мин⁻¹) определяется по формуле (3)

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ мин}^{-1}. \quad (3)$$

Рассчитанную частоту вращения шпинделя необходимо уточнить по паспорту станка (см. таблицу 5) и при необходимости принять ближайшую величину $n_{СТ}$. Затем рассчитать фактическую скорость резания V_ϕ и минутную подачу S_M , уточнив ее величину по станку $S_{МСТ}$. Наконец, рассчитать фактическую подачу на зуб $S_{Z\phi}$.

Окружная составляющая силы резания P_Z (Н) определяется по формуле (4) с использованием уточненных по паспорту станка режимов

$$P_Z = C_p t^{x_p} S_z^{y_p} D^{q_p} B^z, \text{ Н.} \quad (4)$$

Таблица 4. Коэффициенты для расчета силы резания при фрезеровании цилиндрическими и концевыми фрезами

| Материал | C_p | X_p | Y_p | Z_p | q_p |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Сталь | 480 | 0,83 | 0,65 | 1,0 | -0,83 |
| Сер. чугун | 680 | 0,86 | 0,74 | | -0,86 |

Эффективная мощность резания N_ϕ (кВт) определяется выражением (5)

$$N_\phi = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1040} \text{ кВт.} \quad (5)$$

Необходимо сравнить эффективную мощность резания с мощностью электродвигателя станка, учитывая его КПД, равный $\eta = 0,75 - 0,8$.

$$N_\phi < N_{СТ} \eta. \quad (6)$$

При невыполнении неравенства (6) необходимо снизить режимы резания t и B .

Таблица 5. Основные паспортные данные консольно-фрезерных станков

| | |
|--|---|
| Частота вращения шпинделя, n мин ⁻¹ | 65, 80, 100, 125, 160, 210, 255, 300, 380, 490, 590, 725, 945, 1225, 1500, 1800 |
| Мин. подача, S_M мм/мин | 30, 40, 50, 65, 85, 105, 125, 165, 205, 250, 300, 510, 620, 765, 980 |
| Мощность, $N_{СТ}$ кВт | 4,5 |

5. Индивидуальное задание

Таблица 6. Задание для расчетов режимов резания при фрезеровании

| № п/п | Параметры фрезы | | Материал заготовки | Глубина резания t , мм | Ширина фрезерования B , мм |
|--|------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------|
| | Диаметр D , мм | Число зубьев, Z | | | |
| Обработка на горизонтально-фрезерном станке цилиндрической фрезой из быстрорежущей стали | | | | | |
| 1 | 50 | 6 | Сталь для | 4 | 20 |
| 2 | 50 | 6 | | 3 | 30 |
| 3 | 50 | 6 | | 2 | 40 |

| | | | | | | |
|---|-----|----|--|--|----|---|
| 4 | 63 | 8 | четных номеров, серый чугун для нечетных номеров | 4 | 30 | |
| 5 | 63 | 8 | | 4 | 60 | |
| 6 | 80 | 10 | | 5 | 30 | |
| 7 | 80 | 10 | | 4 | 50 | |
| 8 | 80 | 10 | | 3 | 70 | |
| 9 | 80 | 10 | | 2 | 90 | |
| 10 | 100 | 12 | | 8 | 50 | |
| 11 | 100 | 12 | | 6 | 60 | |
| 12 | 100 | 12 | | 4 | 70 | |
| 13 | 100 | 12 | | 2 | 80 | |
| Обработка на вертикально-фрезерном станке концевой фрезой из быстрорежущей стали | | | | | | |
| 1 | 10 | 3 | | Сталь для четных номеров, серый чугун для нечетных номеров | 2 | 4 |
| 2 | 10 | 3 | | | 3 | 6 |
| 3 | 22 | 3 | 2 | | 30 | |
| 4 | 25 | 4 | 4 | | 10 | |
| 5 | 40 | 4 | 3 | | 60 | |
| 6 | 40 | 4 | 4 | | 30 | |
| 7 | 40 | 6 | 5 | | 40 | |
| 8 | 40 | 6 | 6 | | 50 | |
| 9 | 50 | 4 | 2 | | 40 | |
| 10 | 50 | 6 | 3 | | 35 | |
| 11 | 50 | 6 | 4 | | 30 | |
| 12 | 50 | 6 | 5 | | 25 | |

Примечание: Для номеров заданий больших чем 12 или 13 следует менять местами материал заготовки (столбец 4 таблицы 6).

6. Порядок выполнения работы

6.1. Ознакомиться с содержанием общих разделов пособия.

6.2. Выбрать вариант своего индивидуального задания.

Пример: Концевая фреза $D = 50\text{мм}$, $Z = 4$ зуба, $t = 5\text{мм}$, $B = 70\text{мм}$, обрабатываемый материал – серый чугун.

6.3. По таблице 2 определяем подачу на зуб для концевых фрез $S_z = 0,04\text{мм/зуб}$.

6.4. Рассчитываем скорость резания $V = 45 \text{ м/мин}$.

6.5. По формуле (3) определяем частоту вращения шпинделя $n = 287\text{мин}^{-1}$

6.6. По паспорту станка (таблице 5) принимаем ближайшую меньшую частоту вращения, равную $n = 255 \text{ об/мин}$.

6.7. По формуле (3) определяем фактическую скорость резания $V_\phi = 40\text{м/мин}$.

6.8. По формуле (1) определяем минутную подачу $S_m = 40,8\text{мм/мин}$

6.9. Принимаем ближайшую подачу, имеющуюся на станке (таблица 5)

$$S_{мст} = 40 \text{ мм/мин.}$$

6.10. Определяем (формула 1) фактическую подачу на зуб

$$S_{Z\phi} = 0,039 \text{ мм/зуб.}$$

6.11. По формуле (4) рассчитываем составляющую силы резания

$$P_Z = 568 \text{ Н.}$$

6.12. По формуле (5) рассчитаем эффективную мощность резания

$$N_{\text{Э}} = 0,365 \text{ кВт.}$$

6.13. Сравниваем эффективную мощность резания $N_{\text{Э}}$ с мощностью станка, учитывая его коэффициент полезного действия $\eta \approx 0,8$

$$N_{\text{Э}} = 0,365 < N_{\text{см}} \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6$$

6.14. При выполнении неравенства делаем вывод о возможности обработки на рассчитанных режимах, при невыполнении равенства необходимо снизить режимы обработки.

7. Содержание отчета

7.1. Исходные данные.

7.2. Схемы обработки (Рис. 2).

7.3 Расчет режимов резания с формулами, цифрами и результатом.

7.4. Сводная таблица результатов (расчетных и принятых).

Таблица результатов

| Режимы резания | Расчетные | Фактические |
|---|-----------|-------------|
| Подача на зуб S_Z , мм/зуб | 0,040 | 0,039 |
| Скорость резания V , м/мин | 45 | 40 |
| Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹ | 287 | 255 |
| Минутная подача S_m , мм/мин | 40,8 | 40 |
| Эффективная мощность N , кВт | 0,365 | 0,365 |

7.5. Вывод

8. Контрольные вопросы

8.1. Дайте определение сущности фрезерования.

8.2. Расскажите об элементах режима резания при фрезеровании.

8.3. Назовите основные узлы горизонтально-фрезерного станка, расскажите об их назначении.

8.4. Назовите основные узлы вертикально-фрезерного станка, расскажите об их назначении.

8.5. Как определяются частота вращения шпинделя и минутная подача стола станка?

8.6. В чем различие используемых в работе фрез?

8.7. Дайте определение ширины фрезерования.

8.8. В чем состоит различие консольных горизонтально- и вертикально-фрезерных станков ?

8.9. Какие функции выполняет консоль?

8.10. Из каких соображений назначается подача на зуб?

Практическое задание № 4 ОБРАБОТКА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

1. Общие положения

Шлифованием называется метод обработки заготовок резанием с помощью абразивного инструмента – шлифовальных кругов. Режущими элементами шлифовальных кругов являются абразивные зерна, закрепленные в круге связкой.

Особенностью шлифования является отсутствие у круга сплошной режущей кромки. Резание производится одновременно несколькими абразивными зернами, выступающими на разную величину и имеющими скругленные кромки с отрицательными передними углами. Часть зерен из-за малого вылета срезать (царапать) материал не может и просто скользит по поверхности.

Скорость резания при шлифовании велика и достигает 30–50 м/с. Это вызывает рост температуры до 1000–1500 °С и в зону резания обычно подается смазочно-охлаждающая технологическая среда (СОТС).

В процессе резания абразивные зерна затупляются, что вызывает рост силы резания, которая, увеличившись, выламывает тупые зерна из круга, высвобождая новые острые. Так абразивный круг самозатачивается.

Правка для придания нужной формы и очистка поверхности залоснившихся шлифовальных кругов осуществляется специальными алмазными карандашами.

Шлифование применяется для окончательной чистовой и отделочной обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических, плоских, резьбовых, эвольвентных и других фасонных поверхностей любой твердости.

В работе рассматриваются наружное круглое и плоское шлифование.

2. Обработка на кругло-шлифовальных станках

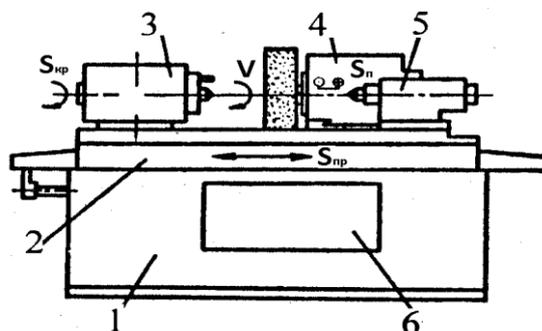


Рис. 1. Схема кругло-шлифовального станка: 1 – станина, 2 – стол, 3 – передняя и задняя 5 бабки изделия, 4 – шлифовальная бабка, 6 – привод-возвратно-поступательного движения стола

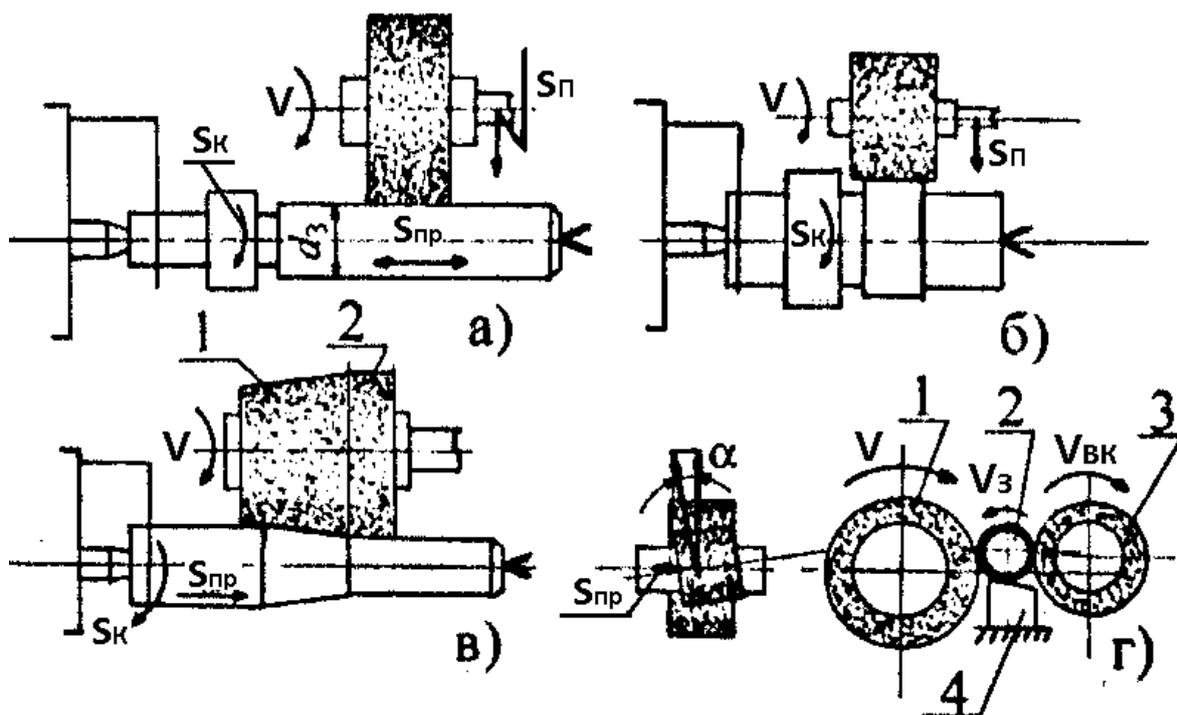


Рис. 2. Схемы наружного круглого шлифования: а) с продольной $S_{пр}$, поперечной $S_{п}$ и круговой подачей $S_{к}$; б) шлифование с круговой и поперечной подачами (врезанием); в) с продольной и круговой подачей (подача на глубину осуществляется конусом на шлифовальном круге); г) обработка на бесцентровошлифовальном станке (круговая подача осуществляется вращением ведущего круга, а продольная – от горизонтальной составляющей его вращения при угле наклона α).

3. Обработка на плоскошлифовальных станках

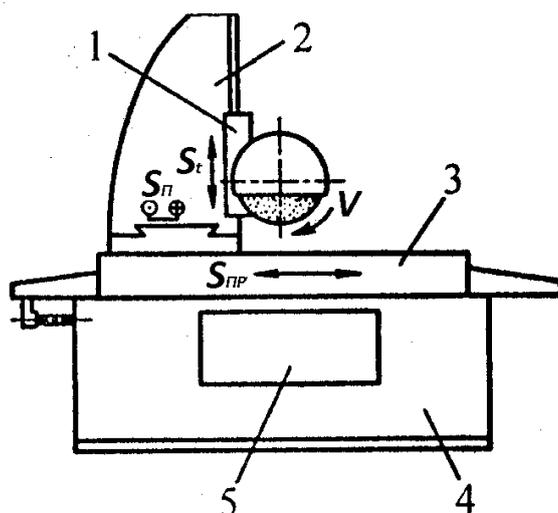


Рис. 3. Схема плоскошлифовального станка с прямоугольным столом: 1 – шлифовальная бабка, 2 – стойка, 3 – стол, 4 – станина, 5 – приводы стола и стойки

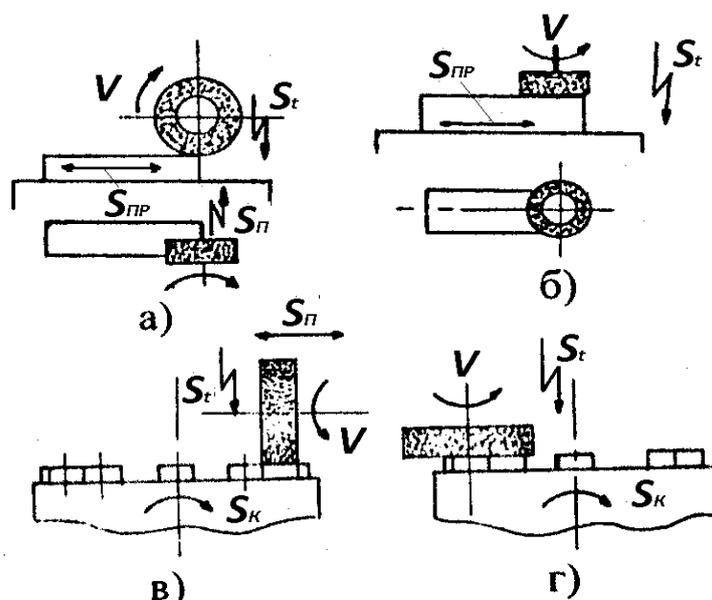


Рис. 4. Схемы плоского шлифования: а) шлифование периферией круга на прямоугольном столе, б) торцом круга на прямоугольном столе, в) периферией круга на круглом столе, г) торцом круга на круглом столе (V – главное движение – вращение круга, $S_{ПП}$ – продольная подача, $S_{П}$ – поперечная подача, $S_{К}$ – круговая подача, S_t – подача на глубину). Зигзаг обозначает прерывистость и периодичность подачи

4. Абразивные материалы и инструменты

Абразивные инструменты (круги, сегменты, бруски, головки, порошки и пасты) применяются для операций шлифования, хонингования, полирования и т.п. Наиболее широкое применение нашли шлифовальные круги, которые изготавливают из абразивных зерен и связующего материала.

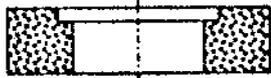
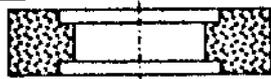
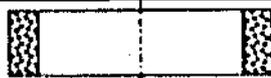
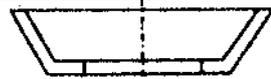
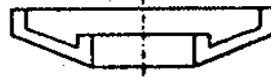
Абразивные материалы – естественные или искусственные материалы, зерна которых обладают высокой твердостью, износостойкостью и острыми гранями. Электрокорунд белый содержит 97 – 99% окиси алюминия Al_2O_3 (марки 22А, 23А, 24А, 25А) и применяется для отделочных работ. Электрокорунд нормальный содержит 87 – 95% Al_2O_3 (12А, 13А, 14А, 15А, 16А) и применяется для черновых и получистовых работ. Карбид кремния (карборунд) черный и зеленый (53С, 54С, 55С) – это 97 – 99% SiC применяется для заточки режущего инструмента. Применяются также синтетические алмазы АС, эльбор (кубический нитрид бора) и другие абразивы.

Зернистость. В зависимости от размера зерен (в сотых мм) основной фракции абразивные материалы делятся на группы:

- шлифзерно – 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16;
- шлифпорошки – 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3;
- микрошлифпорошки (мкм) – М63, М50, М40....М14;
- тонкие микропорошки – М10, М9, М8.....М5.

В зависимости от процентного содержания зерен основной фракции размеров зернистость дополняют буквенным индексом: **В** – высокое, **П** – повышенное, **Н** – нормальное, **Д** – допустимое.

Таблица 1. Основные типы шлифовальных кругов

| Форма шлифовального круга | Эскиз | Обозначение |
|-------------------------------------|--|-------------|
| Прямого профиля |  | ПП |
| С двухсторонним коническим профилем |  | 2П |
| С выточкой |  | ПВ |
| С двухсторонней выточкой |  | ПВД |
| Кольцевые |  | К |
| Чашечные цилиндрические |  | ЧЦ |
| Чашечные конические |  | ЧК |
| Тарельчатые |  | Т |

Связка – материал, с помощью которого абразивные зерна закрепляются в абразивном инструменте. Связки бывают: минеральные (керамические), органические и металлические. Бакелитовая связка (**Б**) состоит из фенолоформальдегидной смолы, вулканитовая (**В**) – из синтетического каучука, керамическая (**К**) – жидкое стекло с наполнителями.

Структура абразивного инструмента – процентное соотношение объема зерен, связки и пор. Структура обозначается номерами и подразделяется на закрытую (плотную) – **0...4** (при 0 зерен 62%, а при 4 – 20...22%); среднюю – **5...8**; открытую – **9...12**; высокопористую – **13...20**.

Твердость абразивного инструмента характеризует способность связки сопротивляться вырыванию зерен с рабочей поверхности под действием сил резания. Слишком твердый круг не будет самозатачиваться, а слишком мягкий – будет осыпаться.

Таблица 2. Твердость шлифовальных кругов

| Степень твердости | Обозначение |
|---------------------|-----------------------------|
| Чрезвычайно мягкие | ЧМ |
| Весьма мягкие | ВМ1, ВМ2 |
| Мягкие | М1, М2, М3 |
| Среднемягкие | СМ1, СМ2 |
| Средние | С1, С2 |
| Среднетвердые | СТ1, СИ2, СТ3 |
| Твердые | Т1, Т2 |
| Весьма твердые | ВТ1, ВТ2 |
| Чрезвычайно твердые | ЧТ1, ЧТ2, ЧТ3...ЧТ10 |

Предельная скорость вращения круга зависит от его прочности, дисбаланса, точности и технологии применения. При низкой скорости круг плохо шлифует, при слишком высокой он может разорваться от центробежных сил и ранить оператора. Предельно допустимая скорость вращения для кругов с керамической связкой указывается в маркировке, обычно 35...40 м/с.

Класс точности инструмента определяется предельными отклонениями его размеров. Шлифовальные круги изготавливают трех классов точности: **АА, А, Б** (в порядке снижения точности).

Класс дисбаланса маркируется на круге в порядке возрастания неуравновешенности: **1, 2, 3**.

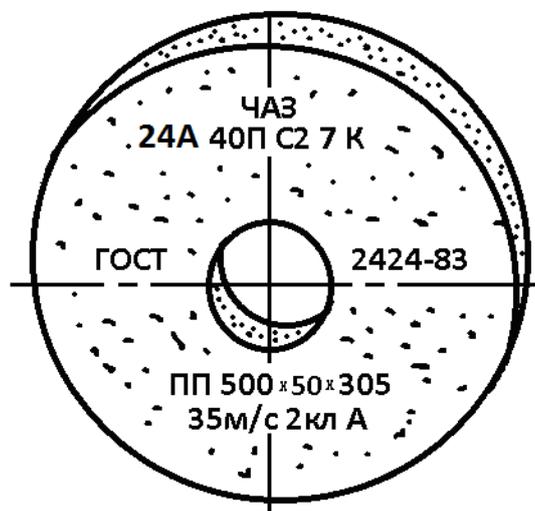


Рис. 5. Маркировка шлифовального круга

5. Режимы резания при шлифовании

5.1. Припуски на обработку

Таблица 3. Припуски при круглом шлифовании (Н – незакаленная сталь, З – закаленная)

| Обрабатываемый диаметр, мм | Термообработка детали | | Длина шлифуемой поверхности, мм | | | |
|----------------------------|-----------------------|--|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | До 100 | 100 – 250 | 250 – 400 | 400 – 600 |
| | | | Припуски на диаметр, мм | | | |
| 10 – 30 | Н | | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| | З | | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |
| 30 – 50 | Н | | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| | З | | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 |
| 50 – 80 | Н | | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |
| | З | | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 |

Таблица 4. Припуски при плоском шлифовании

| Обрабатываемая длина, мм | Термообработка детали | | Ширина шлифуемой поверхности, мм | | | | |
|--------------------------|-----------------------|--|----------------------------------|------|------|------|------|
| | | | 10 | 50 | 100 | 260 | 400 |
| | | | Припуск мм | | | | |
| До 100 | Н | | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 |
| | З | | 0,13 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| 100 – 500 | Н | | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| | З | | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 |
| 500 – 1000 | Н | | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 |
| | З | | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,50 |

5.2. Режимы шлифования

Таблица 5. Круговая и продольная подачи при круглом шлифовании

| Обрабатываемый диаметр, мм | Термообработка | | | Ширина круга, мм | | | |
|----------------------------|------------------------------|----|------|------------------------------------|----------|-------------|----------|
| | | | | до 40 мм | | свыше 40 мм | |
| | Н | З | Т.О. | Вид операции шлифования | | | |
| | Круговая подача, S_K м/мин | | | получист. | чистовая | получист. | чистовая |
| | | | | Продольная подача, $S_{пр}$ мм/мин | | | |
| 25 | 15 | 35 | Н | 3200 | 2000 | 4000 | 2500 |
| | | | З | 7200 | 4500 | 2500 | 1600 |
| 32 | 16 | 38 | Н | 2400 | 1500 | 3000 | 2370 |
| | | | З | 3600 | 3500 | 7000 | 4400 |
| 50 | 18 | 42 | Н | 1440 | 900 | 1800 | 1750 |
| | | | З | 1400 | 800 | 5500 | 3450 |
| 80 | 20 | 48 | Н | 960 | 600 | 1200 | 750 |
| | | | З | 3200 | 2000 | 4000 | 2500 |

Таблица 6. Подача на глубину при круглом шлифовании

| Продольная подача S_{np} мм/мин до | Припуск на диаметр, мм | Диаметр шлифуемой поверхности до, мм | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | 25 | 32 | 63 | 80 |
| | | Подача на глубину S_t , мм/ход | | | |
| 700 | 0,30 | 0,060 | 0,050 | 0,038 | 0,038 |
| | 0,50 | 0,075 | 0,063 | 0,047 | 0,041 |
| 1000 | 0,30 | 0,043 | 0,035 | 0,027 | 0,024 |
| | 0,50 | 0,054 | 0,045 | 0,034 | 0,030 |
| 1700 | 0,30 | 0,019 | 0,016 | 0,011 | 0,010 |
| | 0,50 | 0,024 | 0,020 | 0,015 | 0,013 |
| | 0,70 | 0,029 | 0,025 | 0,019 | 0,016 |
| 2500 | 0,30 | 0,013 | 0,011 | 0,007 | 0,006 |
| | 0,50 | 0,018 | 0,013 | 0,010 | 0,008 |
| | 0,70 | 0,020 | 0,016 | 0,013 | 0,010 |
| 3600 | 0,30 | 0,087 | 0,007 | 0,005 | 0,004 |
| | 0,50 | 0,011 | 0,009 | 0,007 | 0,005 |
| | 0,70 | 0,013 | 0,011 | 0,008 | 0,007 |
| 5000 | 0,30 | 0,008 | 0,007 | 0,005 | 0,004 |
| | 0,50 | 0,010 | 0,008 | 0,005 | 0,005 |
| | 0,70 | 0,012 | 0,010 | 0,008 | 0,007 |

Таблица 7. Поперечная подача при плоском шлифовании

| Ширина шлифовального круга до мм | Вид операции шлифования | | |
|--|----------------------------------|--------------|----------|
| | черновое | получистовое | чистовое |
| | Поперечная подача S_n , мм/ход | | |
| 20 | 16 | 10 | 4 |
| 32 | 26 | 15 | 8 |
| 40 | 32 | 20 | 10 |
| 50 | 40 | 25 | 12 |
| 80 | 64 | 35 | 20 |

Таблица 8. Поддачи при плоском шлифовании

| Термообработка | Продоль. подача S_{np} м/мин | Припуск мм | Поперечная подача S_n , мм/ход | | | | |
|----------------|--------------------------------------|---------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 8 | 12 | 18 | 27 | 38 |
| | | | Подача на глубину S_t , мм | | | | |
| Н | 6 – 10 | 0,17 | 0,085 | 0,056 | 0,038 | 0,025 | 0,018 |
| | | 0,35 | 0,123 | 0,089 | 0,059 | 0,039 | 0,028 |
| | | 0,50 | 0,168 | 0,113 | 0,075 | 0,051 | 0,036 |
| З | 10 – 20 | 0,17 | 0,043 | 0,042 | 0,023 | 0,020 | 0,013 |
| | | 0,35 | 0,058 | 0,043 | 0,029 | 0,021 | 0,013 |
| | | 0,50 | 0,069 | 0,045 | 0,031 | 0,022 | 0,014 |

Таблица 9. Паспортные данные шлифовальных станков

| Параметр | Кругло-шлифовальный 3151 | Плоскошлифовальный 372Б |
|--|--------------------------|-------------------------|
| Обороты шпинделя n , мин ⁻¹ | 1080; 1240 | 1440 |
| Продольная подача S_{np} , м/мин | 0,1 – 6,0 | 3 – 30 |
| Поперечная подача n , мин ⁻¹ ; S_p , мм/ход | 75,150, 210, 300 | 2 – 20 |
| Подача на глубину S_t , мм | Устанавливается вручную | |
| Мощность N , кВт | 7,0 | 4,5 |

6. Индивидуальное задание

Таблица 10. Маркировка шлифовальных кругов

| № п/п | Обозначение характеристик шлифовальных кругов | | | | | | | | | | |
|-------|---|-----|-------------|-----|-----|-----|---|----|-------|-----|----|
| | КАЗ | ПП | Размер | А | П | С | В | К | С | Кл | А |
| 1 | КАЗ | ПП | 450×80×203 | 14А | 50П | СМ2 | 8 | К3 | 35м/с | 1кл | А |
| 2 | КАЗ | ПП | 500×50×305 | 23А | 40Н | СТ1 | 5 | К2 | 35м/с | 2кл | Б |
| 3 | КАЗ | ПВ | 500×63×305 | 16А | 40П | СМ1 | 9 | К1 | 40м/с | 1кл | А |
| 4 | КАЗ | ПВ | 600×63×305 | 44А | 32Н | СТ3 | 4 | Б3 | 35м/с | 1кл | А |
| 5 | КАЗ | ПВД | 400×63×305 | 53С | 25П | СМ2 | 7 | Б2 | 35м/с | 2кл | Б |
| 6 | КАЗ | ПВД | 500×100×400 | 54С | 40Н | СТ1 | 8 | К2 | 35м/с | 2кл | А |
| 7 | КАЗ | 2П | 600×80×305 | 55С | 12П | С2 | 6 | К3 | 35м/с | 1кл | АА |
| 8 | КАЗ | ПП | 350×13×127 | 13А | 50Н | СМ2 | 7 | В2 | 40м/с | 1кл | А |
| 9 | КАЗ | ЧК | 300×20×127 | 22А | 40П | С1 | 4 | Б3 | 35м/с | 1кл | А |
| 10 | КАЗ | К | 350×16×127 | 15А | 50П | СТ2 | 6 | К1 | 35м/с | 1кл | АА |
| 11 | КАЗ | 2П | 500×40×203 | 54С | 25Д | СТ3 | 5 | К2 | 35м/с | 1кл | АА |
| 12 | КАЗ | ПП | 300×13×76 | 16А | 50П | С2 | 7 | Б1 | 35м/с | 1кл | А |
| 13 | КАЗ | ЧК | 300×40×127 | 12А | 16Д | СМ1 | 9 | В1 | 40м/с | 1кл | А |
| 14 | КАЗ | К | 300×100×250 | 25А | 25Н | СТ2 | 5 | К2 | 35м/с | 2кл | Б |
| 15 | КАЗ | ЧЦ | 300×150×150 | 53С | 32Д | С2 | 6 | К3 | 35м/с | 1кл | А |
| 16 | КАЗ | Т | 250×20×63 | 22А | 40П | СТ1 | 2 | Б1 | 35м/с | 1кл | А |
| 17 | КАЗ | ЧЦ | 450×11×203 | 14А | 16В | Т1 | 2 | К2 | 35м/с | 1кл | А |
| 18 | КАЗ | Т | 200×20×40 | 54С | 25В | ВТ1 | 3 | Б2 | 40м/с | 1кл | Б |
| 19 | КАЗ | К | 350×100×203 | 24А | 32Н | М2 | 9 | В2 | 35м/с | 2кл | А |
| 20 | КАЗ | ЧК | 200×30×127 | 53С | 40Д | ВТ2 | 1 | К1 | 35м/с | 1кл | АА |
| 21 | КАЗ | ПП | 450×80×203 | 13А | 25П | СМ2 | 8 | К3 | 40м/с | 2кл | А |
| 22 | КАЗ | ПВ | 600×63×305 | 55С | 40В | СТ3 | 4 | Б3 | 35м/с | 2кл | А |
| 23 | КАЗ | ПВД | 350×13×127 | 16А | 40П | С2 | 7 | В3 | 35м/с | 1кл | Б |
| 24 | КАЗ | ПВ | 500×40×20, | 12А | 63Н | СТ2 | 5 | К2 | 35м/с | 1кл | А |
| 25 | КАЗ | ПП | 300×40×127 | 53С | 50П | ВТ1 | 9 | В1 | 35м/с | 1кл | АА |

Таблица 11. Данные для расчета режимов шлифования

| № п/п | Условия обработки | | | Размеры кру- га |
|----------|----------------------|----------------|----------|--------------------|
| | Вид шлифования | Размеры детали | Термооб. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Плоское чистовое | 480×150 | 3 | Ø250×32 |
| | Круглое получистовое | Ø65×300 | Н | Ø600×80 |
| 2 | Плоское черновое | 550×180 | Н | Ø250×40 |
| | Круглое чистовое | Ø40×220 | 3 | Ø500×63 |
| 3 | Круглое получистовое | Ø25×180 | Н | Ø500×50 |
| | Плоское получистовое | 300×170 | Н | Ø250×32 |
| 4 | Плоское чистовое | 350×180 | 3 | Ø250×40 |
| | Круглое получистовое | Ø55×280 | Н | Ø600×80 |
| 5 | Круглое чистовое | Ø45×240 | Н | Ø600×63 |
| | Плоское получистовое | 500×90 | Н | Ø250×32 |
| 6 | Круглое чистовое | Ø43×240 | 3 | Ø450×63 |
| | Плоское черновое | 700×180 | 3 | Ø250×40 |
| 7 | Плоское получистовое | 680×150 | 3 | Ø250×32 |
| | Круглое чистовое | Ø75×100 | 3 | Ø500×63 |
| 8 | Плоское получистовое | 500×120 | Н | Ø300×63 |
| | Круглое получистовое | Ø25×130 | 3 | Ø600×80 |
| 9 | Плоское чистовое | 400×100 | 3 | Ø250×40 |
| | Круглое чистовое | Ø70×110 | 3 | Ø500×50 |
| 10 | Плоское получистовое | 320×160 | 3 | Ø300×40 |
| | Круглое получистовое | Ø30×190 | Н | Ø450×63 |
| 11 | Плоское черновое | 760×140 | Н | Ø300×63 |
| | Круглое чистовое | Ø50×120 | 3 | Ø600×80 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12 | Плоское чистовое | 720×100 | Н | Ø250×40 |
| | Круглое получистовое | Ø60×210 | Н | Ø500×50 |
| 13 | Плоское черновое | 530×160 | 3 | Ø250×32 |
| | Круглое чистовое | Ø25×140 | Н | Ø500×50 |
| 14 | Плоское получистовое | 620×180 | Н | Ø300×63 |
| | Круглое получистовое | Ø65×310 | 3 | Ø600×80 |
| 15 | Плоское черновое | 660×110 | 3 | Ø250×40 |
| | Круглое чистовое | Ø35×160 | 3 | Ø450×63 |
| 16 | Плоское чистовое | 640×100 | 3 | Ø300×53 |
| | Круглое получистовое | Ø60×270 | 3 | Ø450×63 |
| 17 | Плоское получистовое | 570×150 | Н | Ø250×32 |
| | Круглое чистовое | Ø50×260 | Н | Ø500×50 |
| 18 | Плоское черновое | 740×140 | Н | Ø300×40 |
| | Круглое получистовое | Ø30×140 | 3 | Ø450×63 |
| 19 | Плоское получистовое | 380×160 | Н | Ø300×63 |
| | Круглое чистовое | Ø65×290 | Н | Ø500×50 |

| | | | | |
|----|----------------------|---------|---|---------|
| 20 | Плоское чистовое | 430×140 | 3 | Ø250×40 |
| | Круглое получистовое | Ø35×120 | Н | Ø600×80 |
| 21 | Плоское черновое | 550×180 | Н | Ø250×40 |
| | Круглое чистовое | Ø40×220 | 3 | Ø500×63 |
| 22 | Плоское чистовое | 350×180 | 3 | Ø250×40 |
| | Круглое получистовое | Ø55×280 | Н | Ø600×80 |
| 23 | Плоское чистовое | 400×100 | 3 | Ø250×40 |
| | Круглое чистовое | Ø70×110 | 3 | Ø500×50 |
| 24 | Плоское черновое | 760×140 | Н | Ø300×63 |
| | Круглое чистовое | Ø50×120 | 3 | Ø600×80 |
| 25 | Плоское получистовое | 620×180 | Н | Ø250×40 |
| | Круглое получистовое | Ø65×310 | 3 | Ø450×63 |

7. Пример выполнения задания

7.1. Расшифровка маркировки шлифовального круга

На шлифовальном круге нанесена следующая маркировка:

ЧАЗ ПП 500×50×305 24А 40Н С2 7 К3 36м/с 1кл А ГОСТ2424-94

7.2. Расчет режимов резания при круглом шлифовании

Требуется выполнить чистовое шлифование вала Ø78×350 из закаленной стали кругом Ø500×80. Число оборотов шлифовального круга по паспорту станка $n = 1800$ об/мин.

7.2.1. Определить фактическую скорость резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1080}{1000 \cdot 60} = 28,3 \text{ м/с}$$

Если расчетная скорость вращения круга превышает указанную в индивидуальном задании, то необходимо уменьшить диаметр круга.

Таблица 12. Расшифровка маркировки

| Параметры шлиф. круга | Маркировка | Результат расшифровки |
|-----------------------|--------------|---|
| Завод изготовитель | ЧАЗ (КАЗ) | Чебоксарский абразивный завод (Кременчугский) |
| Форма шлиф. круга | ПП | Прямого профиля |
| Размеры, мм | 500×50×305 | Наружный диаметр × Высота × Внутренний диаметр |
| Абразивный материал | 24А | Электрокорунд белый с содержанием Al_2O_3 98 – 99% |
| Зернистость абразива | 40Н | Шлифзерно с зернистостью 40 и нормальным содержанием основной фракции |
| Твердость | С2 | Среднетвердый 2-й степени |
| Структура | 7 | Средний тип структуры |

| | | |
|------------------|--------|---|
| Тип связки | КЗ | Керамическая связка |
| Скорость резания | 36 м/с | Допустимая скорость вращения |
| Класс дисбаланса | 1кл | Минимальная неуравновешенность |
| Класс точности | А | Определяет предельные отклонения размеров круга |

7.2.2. Выбрать припуск по таблице 3 $2Z = 0,5$ мм.

7.2.3. Выбрать продольную подачу круга S_{PP} и круговую подачу S_K для круглого шлифования по таблице 5.

$$S_{PP} = 2500 \text{ мм/мин} \quad \text{и} \quad S_K = 48 \text{ м/мин}$$

7.2.4. Рассчитать частоту вращения заготовки.

$$n = \frac{1000 \cdot S_K}{\pi \cdot D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 48}{3,14 \cdot 78} = 196 \text{ мин}^{-1}$$

7.2.5. Примем ближайшее число оборотов бабки изделия, равное 210 мин^{-1} , тогда фактическая круговая подача будет равна

$$S_K = \frac{\pi \cdot D_{баб} \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 78 \cdot 210}{1000} = 51,4 \text{ м/мин}$$

7.2.6. Выбрать по таблице 6 подачу на глубину для круглого шлифования

$$S_t = 0,008 \text{ мм/ход}$$

7.2.7. Рассчитать основное время круглого шлифования (коэффициент $k \approx 1,3$ учитывает врезание и перебег круга)

$$T_0 = \frac{L \cdot k \cdot Z}{S_{PP} \cdot S_t \cdot 2} = \frac{350 \cdot 1,3 \cdot 0,5}{2500 \cdot 0,008 \cdot 2} = 5,69 \text{ мин}$$

Таблица 13. Результаты расчетов

| $2Z$, мм | V , м/с | n , мин^{-1} | S_{PP} , мм/мин | S_t , мм/ход | T_0 , мин |
|-----------|-----------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0,5 | 28,3 | 210 | 2500 | 0.008 | 5.69 |

7.3. Расчет режимов резания при плоском шлифовании

Требуется выполнить получистовое шлифование плоской детали размером 480×150 из незакаленной стали кругом $\text{Ø}250 \times 40$. Число оборотов шлифовального круга по паспорту станка $n = 2740$ об/мин.

7.3.1. Определить фактическую скорость резания.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 1440}{1000 \cdot 60} = 35,8 \text{ м/с}$$

7.3.2. Выбрать припуск по таблице 4 $Z = 0,30$ мм.

7.3.3. Выбрать поперечную подачу круга S_{II} по таблице 7.

$$S_{II} = 20 \text{ мм/ход}$$

7.3.4. Выбрать продольную подачу S_{PP} и подачу на глубину S_t по таблице

8

$$S_{PP} = 6 \text{ м/мин} \quad \text{и} \quad S_t = 0,039 \text{ мм}$$

7.3.5. Рассчитать основное время плоского шлифования

$$T_0 = \frac{(L \cdot k) \cdot (B_{ш} + B_K) \cdot Z}{1000 \cdot S_{пр} \cdot S_{п} \cdot S_t} = \frac{480 \cdot 1,1 \cdot (150 + 40) \cdot 0,3}{1000 \cdot 6 \cdot 20 \cdot 0,039} = 6,43 \text{ мин}$$

где $k \approx 1,1$ – коэффициент, учета врезания и перебега шлифовального круга,
 $B_{ш}$ – ширина шлифуемой поверхности,
 B_K – высота шлифовального круга.

Таблица 14. Результаты расчетов

| Z , мм | V , м/с | S_{II} , мм/ход | $S_{пр}$, м/мин | S_t , мм | T_0 , мин |
|----------|-----------|-------------------|------------------|------------|-------------|
| 0,30 | 35,8 | 20 | 6 | 0,039 | 6,43 |

8. Содержание отчета

- 8.1. Исходные данные.
- 8.2. Расшифровка маркировки шлифовального круга.
- 8.3. Расчет режимов для круглошлифовального станка (формулы, цифры, результаты).
- 8.4. Расчет режимов для плоскошлифовального станка.
- 8.5. Итоги расчета в виде таблиц.
- 8.6. Выводы.

9. Контрольные вопросы

- 9.1. Назовите типы шлифовальных кругов.
- 9.2. Перечислите поверхности, обрабатываемые шлифованием.
- 9.3. Какие подачи имеются у круглошлифовального станка?
- 9.4. Назовите размерность подач круглошлифовального станка.
- 9.5. Что является главным движением для шлифовальных станков?
- 9.6. В каких величинах измеряют подачи плоскошлифовального станка?
- 9.7. Почему на шлифовальном круге маркируется предельная скорость вращения?
- 9.8. Назовите связки, применяемые при изготовлении шлифовальных кругов.
- 9.9. Какие абразивные материалы вы знаете?
- 9.10. Перечислите основные характеристики шлифовальных кругов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Обработка металлов резанием. Справочник технолога / под ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

2 **Железнов, Г.С.** Процессы механической и физико-химической обработки металлов / Г.С. Железнов, А.Г. Схиртладзе ; УМО ВУЗов. – Старый Оскол : Изд-во ТНТ, 2015.

3 Технология конструкционных материалов : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.М. Дальский, Л.Н. Бухаркин [и др.]; под ред. А.М. Дальского. – М. : Машиностроение, 2004. – 512с.

Учебное издание

Кохановский Вадим Алексеевич

**ПРОЦЕССЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ
И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.И. Исаева

Подписано в печать 23.10.17. Формат 60×84/16
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,79.
Тираж экз. Изд. № 90463. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.