

Федеральное агентство морского и речного транспорта

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского»

В. А. Килин, С. Б. Малышко

## **ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом  
Морского государственного университета  
в качестве учебного пособия  
для организации самостоятельной работы

Владивосток  
2009

УДК [621.7+621.9] (075.8)

ББК 34.5

**Килин В. А.** Технология конструкционных материалов [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. А. Килин, С. Б. Малышко. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2009. – 58 с.

Пособие соответствует общепрофессиональной дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» и написано в соответствии с государственным образовательным стандартом для всех специальностей в рамках направления 180400 «Эксплуатация водного транспорта и транспортного оборудования», а также отдельных специальностей других направлений.

Изложены сведения по двум важным разделам дисциплины: основы сварочного производства; обработка металлов резанием и металлорежущие станки. Компьютерная поддержка выполнения работ осуществляется через сеть Интранет Морского государственного университета.

Предназначено для студентов технических специальностей.

Ил. 7, табл. 32, библиогр. 10 назв.

Рецензенты:

Г.С. Филиппов, д-р транспорта, профессор,  
зав. кафедрой технологии конструкционных материалов ДВГТРУ;

И.Н. Мутылина, доцент кафедры технологии  
металлов и материаловедения ДВГТУ

© Килин В.А., Малышко С.Б.

© Морской государственный университет  
им. адм. Г.И. Невельского, 2009

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» вместе с другими общепрофессиональными дисциплинами направлен на обеспечение подготовки дипломированного специалиста в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Учебное пособие предназначено для выполнения самостоятельных работ по разделу «Технология конструкционных материалов» курсантами и студентами технических специальностей вузов, при подготовке которых предусмотрено изучение дисциплины «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

В качестве основных тем курса выбраны электродуговая сварка, обработка металлов резанием и металлорежущие станки. Согласно модульному курсу обучения, задачами которого являются изучение теоретического материала, его осмысление и закрепление, а также приобретение практических навыков, в учебном пособии в сжатой форме изложены теоретические сведения по указанным темам, представлены справочные данные, образцы выполнения задания по одному из вариантов, вопросы для самоконтроля. Компьютерная поддержка включает в себя информационный материал теоретического курса и программу расчета режима электродуговой сварки с использованием Microsoft Access. Доступ к программе возможен через локальную сеть Интранет МГУ. Режим доступа [http://web01/div/kaf/tm/educate/Kil\\_mal/Cover\\_km.htm](http://web01/div/kaf/tm/educate/Kil_mal/Cover_km.htm).

Учебное пособие позволит студентам составить представление о сущности технологического процесса сварки и механической обработки, а также научиться самостоятельно разрабатывать его для ручной электродуговой сварки стыковых соединений и токарной обработки деталей.

## Глава 1

### ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

#### 1.1. Основные теоретические сведения

Электродуговой сваркой называется сварка плавлением, при которой нагрев свариваемых кромок осуществляется теплотой электрической дуги. Ручную дуговую сварку широко применяют в судостроении и судоремонте при соединении заготовок из сталей и цветных металлов благодаря ее универсальности и возможности выполнять процесс во всех пространственных положениях сварного шва.

Ручная дуговая сварка производится двумя способами: неплавящимся и плавящимся электродом. Второй способ, выполняемый плавящимся электродом, является основным при ручной дуговой сварке (рис. 1).

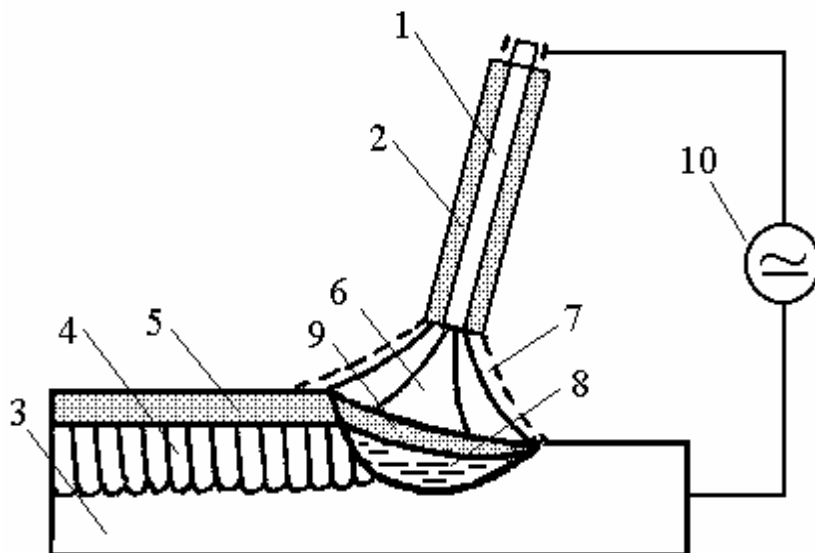


Рис. 1. Схема ручной дуговой сварки плавящимся электродом с покрытием:  
1 – стержень электрода; 2 – покрытие электрода; 3 – основной металл; 4 – сварной шов;  
5 – твердая шлаковая корка; 6 – электрическая дуга; 7 – газовая защитная атмосфера;  
8 – жидкая металлическая ванна; 9 – жидкая шлаковая ванна; 10 – источник тока

К электроду 1 и основному металлу 3 подводится постоянный или переменный ток от специального источника 10 и возбуждается электрическая сварочная дуга 6. Теплота дуги расплавляет стержень электрода и основной металл, образуется металлическая ванна 8. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода 2, образуя защитную газовую атмосферу 7 вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну 9 на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковая ванна вместе создают сварочную ванну, которая, охлаждаясь, образует сварной шов 4. Жидкий шлак, остывая, создает на поверхности сварного шва твердую шлаковую корку 5.

При разработке технологического процесса ручной электродуговой сварки прежде всего необходимо правильно выбрать *тип сварного соединения*, который определяют взаимным расположением свариваемых элементов и формой подготовки (разделки) их под сварку.

ГОСТ 5264-80 устанавливает следующие основные типы сварных соединений: стыковые – условное обозначение С, нахлесточные – Н, тавровые – Т и угловые – У.

Стыковые соединения – самые типичные сварные соединения, в которых торцы соединяемых деталей располагаются так, что поверхность одной детали является продолжением другой. При сварке заготовок больших толщин необходимо обрабатывать соединяемые кромки для обеспечения провара по всему сечению. В табл. 3 представлены два типа стыковых сварных соединений: С2, применяемое при сварке односторонним швом заготовок толщиной до 4 мм, без скоса кромок и С17, применяемое при сварке заготовок толщиной от 3 до 60 мм односторонним швом с V-образным скосом кромок. Кроме формы разделки кромок, которая бывает также U-образная и X-образная, ГОСТ устанавливает величину зазора  $b$  (мм) и притупления  $a$  (мм) между кромками. Раскрытие кромок и зазор необходим для обеспечения провара всего сечения, а притупление кромок предотвращает прожог.

Тавровые соединения – соединения, при которых торец одного элемента примыкает к поверхности другого элемента свариваемой конструкции под некоторым углом (чаще всего прямым).

Нахлесточные соединения – соединения, в которых один элемент соединения накладывается на другой.

Угловые соединения осуществляют при расположении свариваемых элементов под прямым или произвольным углом, и сварка выполняется по кромкам этих элементов с одной или с обеих сторон.

Учитывая заданную толщину свариваемого шва  $\delta$ , выберите тип стыкового соединения (табл. 3).

Вторым этапом при разработке технологии ручной электродуговой сварки является выбор *типа и марки электрода*. Типы и требования, предъявляемые к металлическим электродам для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей, регламентированы ГОСТ 9467-75.

Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей предусмотрено девять типов электродов (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60); для сварки легированных и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности пять типов (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150) (табл. 5).

Тип электрода обозначается буквой Э и цифрой, показывающей гарантируемый предел прочности металла шва (временное сопротивление)  $\sigma_B$  ( $10^{-1}$  МПа). Буква А в обозначении указывает, что металл шва, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства. Такие электроды применяют при сварке наиболее ответственных швов.

С учетом заданной марки стали и временного сопротивления при растяжении этой стали (табл. 1), выберите из табл. 5 тип электрода. Если сварное соединение должно работать при ударных нагрузках, выбирайте электрод с повышенными пластическими свойствами.

Каждому типу электрода соответствует несколько марок (табл. 7), на каждую из которых разработаны технические условия. Марка электрода – это его промышленное обозначение, характеризующее стержень и покрытие.

Электродные покрытия делят на две группы: тонкие (стабилизирующие) и толстые (качественные).

Назначение тонкого покрытия – облегчить возбуждение дуги и стабилизировать ее горение. Оно не создает защиты для расплавленного металла шва, и поэтому при сварке происходит его окисление и азотирование. Шов получается хрупким, пористым, с различными неметаллическими включениями. Поэтому электроды с тонким покрытием используют при выполнении неотвеченных сварных швов. Сварные соединения высокого качества выполняют электродами с толстым покрытием.

Качественное покрытие – обеспечивает устойчивое горение дуги; защищает расплавленный металл шва от воздействия кислорода и азота воздуха; раскисляет образующиеся в металле шва оксиды и удаляет невосстанавливаемые оксиды в шлак, легирует наплавляемый металл, удаляет серу и фосфор из расплавленного металла шва; образует шлаковую корку над металлом шва, замедляет его охлаждение и тем самым способствует выходу газов и неметаллических включений на поверхность металла шва.

По виду покрытия электроды подразделяются: с рудно-кислым покрытием – условное обозначение А, с основным покрытием – Б, с целлюлозным покрытием – Ц, с рутиловым покрытием – Р.

Рудно-кислые покрытия содержат руды в виде оксидов железа и марганца, при плавлении они выделяют кислород, способный окислить металл ванны и легирующие примеси. Для ослабления действия кислорода в покрытие вводят **раскислители** в виде ферросплавов. Кислые покрытия имеют хорошие сварочно-технические свойства, высокопроизводительны, позволяют сваривать металл с ржавыми кромками и окалиной и получать плотные швы. Однако наплавленный металл имеет относительно малую **ударную вязкость** и **пластичность** и пониженное содержание легирующих примесей, к тому же эти электроды токсичны. К этому виду относятся покрытия ОММ-5, ЦМ-7, ЦМ-8 и др.

В рутиловых покрытиях основным компонентом является рутит  $TiO_2$ . Благодаря высоким сварочно-технологическим свойствам, механическим свойствам металла шва и благоприятным санитарно-гигиеническим характеристикам электроды с рутиловым покрытием нашли широкое применение, в том числе и взамен электродов с рудно-кислым покрытием. К рутиловым относятся покрытия ЦМ-9, МР-3, АНО-3, АНО-5, ОЗС-3 и др.

Целлюлозные покрытия содержат большое количество органических составляющих, разлагающихся в процессе плавления и обеспечивающих газовую защиту расплавленного металла. Эти покрытия придают хорошее качество

сварному шву при соблюдении теплового режима. Их недостаток – большие потери от разбрызгивания. К этой группе покрытий относятся ОМА-2, ЦЦ-1, ВСЦ-4 и др.

Основные покрытия составлены на основе плавикового шпата  $\text{CaF}_2$  и мрамора. Эти электродные покрытия дают высокое качество металла шва и применяются для сварки ответственных швов. Так как основные электродные покрытия адсорбируют влагу при хранении, перед применением их нужно прокалить. Кромки свариваемых изделий необходимо тщательно очищать от ржавчины и загрязнений, иначе в сварном шве будут поры. Широко используются электроды марок УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, СМ-11, АНО-7, АНО-8 и др.

Одним из основных параметров режима ручной дуговой сварки является диаметр электрода  $d_э$  (мм). Для стыковых соединений диаметр электрода выбирают из табл. 4 в зависимости от толщины свариваемых кромок.

В табл. 7 представлены наиболее часто применяемые электроды. Каждому типу электрода соответствует несколько марок. В таблице указаны диаметры и коэффициенты наплавки электродов. Коэффициент наплавки оценивает массу электродного металла, перешедшую в сварной шов в течение часа горения дуги, отнесенную к одному амперу сварочного тока. Учитывая, что производительность сварки прямо пропорциональна коэффициенту наплавки, а тип электрода и его диаметр уже выбран, подберите марку электрода из табл. 7.

Величину сварочного тока  $I_{св}$  (А), основного параметра режима сварки, устанавливают по известному диаметру электрода. При сварке стыкового шва в нижнем положении используют формулу

$$I_{св} = K \cdot d_э,$$

где  $d_э$  – диаметр электрода (мм),  $K$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от диаметра электрода, определяется по табл. 4.

Длина дуги  $L_д$  (мм) значительно влияет на качество сварки. **Короткая дуга** горит устойчиво и спокойно. Она обеспечивает получение высококачественного шва, так как расплавленный металл электрода быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. Но слишком короткая дуга вызывает «**примерзание**» электрода, дуга прерывается, нарушается процесс сварки. **Длинная дуга** горит неустойчиво и с характерным шипением. Глубина проплавления недостаточная, расплавленный металл электрода разбрызгивается и больше окисляется и азотируется. Шов получается бесформенным, а металл шва содержит большое количество оксидов. Длину дуги можно определить по формуле

$$L_д = 0,5(d_э + 2),$$

где  $d_э$  – диаметр электрода (мм).

Самое широкое применение нашла дуга с **жесткой характеристикой**, когда напряжение  $U_д$  (В) практически не зависит от силы тока и пропорционально её длине  $L_д$ . Такая дуга горит устойчиво и обеспечивает нормальный процесс сварки.

Для нахождения  $U_{\delta}$  можно использовать формулу:

$$U_{\delta} = \alpha + \beta \cdot L_{\delta},$$

где  $L_{\delta}$  – длина дуги (мм),  $\alpha$  (В) – коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах (при использовании стальных электродов  $\alpha = 10-12$  В),  $\beta$  (В/мм) – коэффициент характеризующий падение напряжения на 1 мм длины дуги ( $\beta = 2,0-2,5$  В/мм).

Количество металла, необходимого для сварного шва  $Q_n$  (г), можно определить по формуле

$$Q_n = \ell \cdot S \cdot \gamma / 1000,$$

где  $\ell$  – длина свариваемого шва (мм),  $S$  – площадь поперечного сечения шва (мм<sup>2</sup>),  $\gamma$  – плотность электродного металла, для стали  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>.

Для одностороннего стыкового шва без скоса кромок площадь поперечного сечения  $S$  можно определить по формуле

$$S = b \cdot \delta,$$

где  $\delta$  – толщина свариваемого металла (мм),  $b$  – зазор (расстояние) между свариваемыми деталями (мм).

Для одностороннего шва с V-образным скосом двух кромок площадь поперечного сечения  $S$  можно определить по формуле

$$S = \delta(b - 1) + 0,5(\delta^2 + 1),$$

где  $\delta$  и  $b$  – указанные выше конструктивные элементы сварного шва.

Величину зазора между свариваемыми деталями берём из табл. 3.

Основное время горения дуги  $t_0$  (ч) определим по формуле

$$t_0 = Q_n / (I_{св} \cdot \alpha_n),$$

где  $Q_n$  – масса наплавленного металла (г),  $I_{св}$  – сила сварочного тока (А),  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки (г/А·ч), (табл. 7).

На рис. 2 показано перемещение электрода при сварке: а – по направлению оси электрода 1 в зону дуги; б – вдоль линии свариваемого шва 2; в – поперек линии свариваемого шва 2. Скорость движения в зону дуги должна соответствовать скорости плавления электрода, чтобы сохранить постоянство длины дуги. Скорость перемещения вдоль линии свариваемого шва не должна быть большой, так как металл электрода не успеет сплавиться с основным металлом (непровар). При малой скорости перемещения возможны перегрев и пережог металла. Шов получается широкий и толстый. Производительность сварки оказывается низкой. Поперечные колебательные движения применяют для получения уширенного валика шириной 3–4  $d_3$ . Поперечные движения замедляют остывание наплавленного металла, облегчают выход газов и шлаков и способствуют наилучшему сплавлению основного и электродного металлов и получению высококачественного шва.

Скорость сварки  $V_{св}$  (м/ч) можно определить по формуле

$$V_{св} = 0,001 \cdot \ell / t_0,$$

где  $\ell$  – длина сварного шва (мм),  $t_0$  – основное время горения дуги (ч).



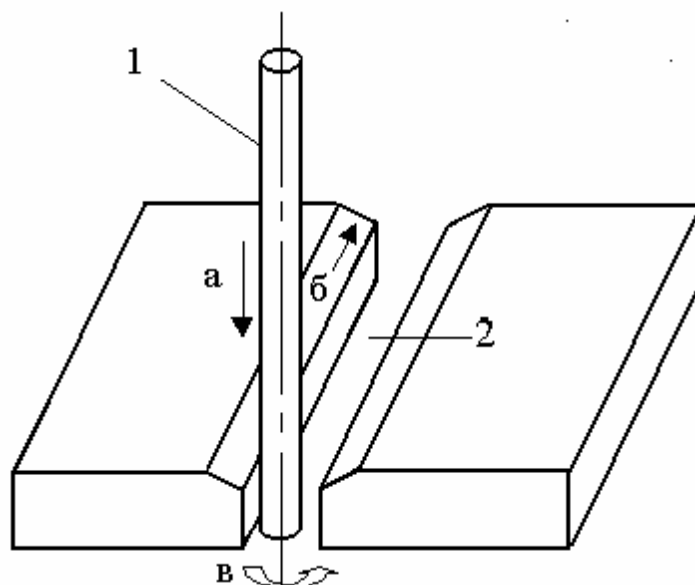


Рис. 2. Перемещение электрода при сварке

Процесс сварки включает не только время горения дуги, но и вспомогательные операции (установку электрода, поворот детали и т. д.).

Дополнительное время зависит от организации рабочего места, квалификации сварщика и учитывается коэффициентом производительности  $M$ . Полное время сварки  $T_n$  (ч) определяется по формуле

$$T_n = t_0 / M,$$

где  $t_0$  – основное время горения дуги (ч),  $M$  – коэффициент производительности ( $M = 0,6-0,8$ ).

Массу расплавленного металла  $Q_p$  (г) можно определить, подчитав массу расплавленных электродов

$$Q_p = \gamma \cdot \pi \cdot d_s^2 (l_s - l_{oz}) \cdot n / 4000,$$

где  $\gamma$  – плотность электродного металла (для стали  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>),  $d_s$  – диаметр электрода (мм),  $l_s$  – длина электрода (мм) (табл.4),  $l_{oz}$  – длина огарка (мм), принимают  $l_{oz} = 50$  мм,  $n$  – число слоёв (проходов) (табл. 6).

Потери металла на угар и разбрызгивание характеризуются коэффициентом потерь  $\varphi$  (%), который определяется по формуле

$$\varphi = 100 \cdot (Q_p - Q_n) / Q_p,$$

где  $Q_p$  – масса расплавленного металла (г),  $Q_n$  – масса наплавленного металла (г).

Значение коэффициента потерь при ручной электродуговой сварке не должно превышать 10 %.

Далее определим полный расход электроэнергии на сварку  $A$  (кВт·ч) по формуле

$$A = I_{св} \cdot U_d \cdot t_0,$$

где  $I_{св}$  – сила сварочного тока (А),  $U_d$  – напряжение дуги (В),  $t_0$  – основное время горения дуги (ч).

## 1.2. Расчетно-графическое задание № 1

Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки плавящимся электродом с покрытием в нижнем положении со стыковым соединением свариваемых элементов.

### 1.2.1. Варианты задания

В табл. 1 приведены исходные данные для выполнения расчетно-графического задания № 1.

Таблица 1

#### Исходные данные

№ варианта	Марка стали	Временное сопротивление при растяжении $\sigma_B$ , МПа	Толщина свариваемой стали $\delta$ , мм	Длина шва $l$ , мм
0	09Г2СД	450	11,0	460
1	10Г2С1*	500	1,5	400
2	08ГДН*	400	2,0	300
3	15Г	420	2,5	650
4	20	420	3,0	260
5	15*	400	3,5	230
6	Ст3	400	4,0	200
7	14ХГС	500	4,5	180
8	08ГДНФ	500	5,0	150
9	09Г2С*	500	5,5	260
10	12Г2СМФ	700	6,0	240
11	14ГХНМ	700	6,5	200
12	15Х	700	7,0	190
13	16ГС*	500	7,5	340
14	12ГН2МФАЮ	850	8,0	260
15	14Х2ГМР	800	8,5	375
16	20Х	800	9,0	330
17	12ХГН2МФБАЮ	900	9,5	300
18	18ХГТ	1000	10,0	270
19	16Г2АФ	600	10,5	500
20	15Г2СФ	560	11,0	460
21	16Г2АФД	580	11,5	440
22	09Г2*	450	12,0	400
23	20Г	460	12,5	373
24	10ХСНД	540	13,0	347
25	17Г1С	520	13,5	330
26	Ст4	440	14,0	280
27	10Г2*	450	14,5	325
28	25*	460	15,0	310
29	14Г2	460	15,5	290
30	10Г2С1Д	520	16,0	280
* Сварное соединение работает при ударных нагрузках				

## 1.2.2. Порядок выполнения задания

Для выполнения задания необходимо:

1. В соответствии с номером Вашего варианта выписать из табл. 1 исходные данные для выполнения задания.

2. Ознакомиться с основными теоретическими сведениями, где подробно описано, как разработать технологический процесс ручной электродуговой сварки.

3. Руководствуясь табл. 2 с расчетом основных параметров режима электродуговой сварки, сделать расчет для своего варианта, пользуясь основным теоретическими сведениями (раздел 1.1). В таблице приведен расчет для варианта 0.

Отчет по расчетно-графическому заданию выполняется по установленной форме на форматных листах А 4.

## 1.3. Компьютерная поддержка выполнения задания

Компьютерная поддержка включает в себя информационный материал теоретического курса и программу расчета режима электродуговой сварки по заданному варианту. Разработанная программа использует Microsoft Access. Режим доступа через локальную сеть Интранет МГУ по адресу [http://web01/div/kaf/tm/educate/Kil\\_mal/Cover\\_km.htm](http://web01/div/kaf/tm/educate/Kil_mal/Cover_km.htm).

После загрузки методического пособия следует нажать кнопку «Оглавление», а далее «Индивидуальное задание № 1 Варианты задания». Далее нажать ссылку «Инструкция». Сначала нужно изучить «Теоретическую часть». При входе в «Расчетную часть» появляется окно, следует ввести номер варианта, который соответствует вашему номеру в классном журнале и нажать на клавишу «ОК».

Далее появляется рабочая форма – страница с окнами, где указаны исходные данные заданного варианта и расчетные параметры. Некоторые параметры рассчитываются автоматически, а некоторые выбираются, поэтому их окна имеют списки. Следует выбрать тип соединения и зазор между свариваемыми деталями, тип, марку, длину и коэффициент наплавки электрода, коэффициенты падения напряжения и коэффициенты производительности, руководствуясь таблицами и теорией.

После ввода указанных параметров рабочая форма автоматически произведет полный расчет режима электродуговой сварки по вашему варианту.

## 1.4. Информационно-справочные данные

**Электрическая дуга** – устойчивый длительный электрический разряд в газовой среде между твёрдыми или жидкими электродами при высокой плотности тока, сопровождающийся выделением большого количества тепла.

**Ручная дуговая сварка** – разновидность электродуговой сварки, в процессе которой сварщик возбуждает электрическую дугу, поддерживает её горение, опускает электрод и перемещает его вдоль свариваемых заготовок.

**Пространственные положения свариваемого шва** бывают нижнее, горизонтальное, вертикальное и потолочное.

**Конструкционные стали** – стали, применяемые для изготовления деталей машин и конструкций.

**Теплоустойчивые стали** – стали, способные сохранять высокую твердость при нагреве до 500–600 °С.

**Низколегированные стали** – стали, в которых количество легирующих элементов не превышает 5 %.

**Предел прочности** (временное сопротивление) – характеризует максимальную несущую способность материала.

**Окисление и азотирование** расплавленного металла сварного шва – образование в металле шва оксидов и нитридов Fe, Mn, Si вследствие взаимодействия с кислородом и азотом воздуха.

**Раскислители** – элементы, имеющие большое сродство к кислороду (Al, Si, Mn, Ti), которые вводят в жидкий металл для удаления из него кислорода.

**Ударная вязкость** – сопротивление материала разрушению при динамических нагрузках.

**Пластичность** – способность материала пластически деформироваться.

**Длина дуги** – расстояние между торцом электрода и поверхностью сварочной ванны.

**Короткая дуга** – дуга длиной 2–4 мм.

**"Примерзание"** электрода – приваривание электрода к изделию.

**Длинная дуга** – дуга длиной более 6 мм.

**Жесткая характеристика дуги** – жесткая область вольт-амперной характеристики дуги с постоянной плотностью тока.

#### 1.5. Контрольные вопросы для защиты задания

1. Каковы основные типы сварных соединений?
2. Для чего применяют разделку и притупление кромок?
3. Что показывает тип электрода?
4. Что характеризует марка электрода?
5. Каково назначение электродного покрытия?
6. Какие виды покрытий электродов вы знаете?
7. Каковы основные параметры режима сварки?
8. Как выбирают диаметр электрода?
9. Как выбирают величину сварочного тока для стыковых швов?
10. Что оценивает коэффициент наплавки?
11. Что называется длиной дуги?
12. Что характеризует коэффициент потерь?
13. Какова оптимальная величина длины дуги?
14. Каковы основные перемещения электрода в процессе сварки?

Таблица 2

## Расчет основных параметров режима электродуговой сварки

№	Определяемая величина	Буквенное обозначение, ед. измерения	Расчетная формула или источник информации	Численная величина	Примечание
1	Тип сварного шва	С...	табл. 3	С17	
2	Тип электрода	Э...	табл. 5	Э46	
3	Диаметр электрода	$d_э$ , мм	табл. 4	6	
4	Марка электрода		табл. 7	ОЗС-6	
5	Коэффициент пропорциональности	$K$ , А/мм	табл. 4	50	
6	Сила сварочного тока	$I_{св}$ , А	$I_{св} = K \cdot d_э$	300	
7	Длина дуги	$L_д$ , мм	$L_д = 0,5 \cdot (d_э + 2)$	4	
8	Напряжение дуги	$U_д$ , В	$U_д = \alpha + \beta \cdot L_д$	18	$\alpha = 10, \beta = 2$
9	Площадь поперечного сечения	$S$ , мм <sup>2</sup>	$S = b \cdot \delta$	–	для $\delta \leq 4$ мм, $b$ из табл. 3
			$S = \delta \cdot (b - 1) + 0,5 \cdot (\delta^2 + 1)$	94	для $\delta > 4$ мм, $b$ из табл. 3
10	Масса наплавленного металла	$Q_n$ , г	$Q_n = \ell \cdot S \cdot \gamma / 1000$	337,27	$\gamma = 7,8$ г/см <sup>3</sup> ; $\ell$ из табл. 1
11	Коэффициент наплавки	$\alpha_n$ , г/А·ч	табл. 7	10	
12	Основное время горения дуги	$t_0$ , ч	$t_0 = Q_n / (I_{св} \cdot \alpha_n)$	0,11	
13	Скорость сварки	$V_{св}$ , м/ч	$V_{св} = 0,001 \cdot \ell / t_0$	4,09	
14	Полное время сварки	$T_n$ , ч	$T_n = t_0 / M$	0,22	$M = 0,5$
15	Длина электрода	$l_э$ , мм	табл. 4	450	
16	Число слоев	$n$	табл. 6	4	
17	Масса расплавленного металла	$Q_p$ , г	$Q_p = \gamma \cdot \pi \cdot d_э^2 \cdot (l_э - l_{оз}) \cdot n / 4000$	352,68	$\pi = 3,14, l_{оз} = 50$ мм
18	Коэффициент потерь	$\varphi$ , %	$\varphi = 100 \cdot (Q_p - Q_n) / Q_p$	4,4	
19	Расход электроэнергии на сварку	$A$ , кВт·ч	$A = I_{св} \cdot U_д \cdot t_0$	594	

Таблица 3

## Тип сварного шва

Наименование соединения	Условное обозначение	Форма подготовки кромок	Толщина металла $\delta$ , мм	Зазор $b$ , мм	Выполнение шва
Шов стыковой односторонний без скоса кромок	C2		1,5–2,5 3,0–4,0	1 2	
Шов стыковой односторонний с V-образным скосом двух кромок	C17		4,5–7,5 8,0–13,5 14,0–16,0	3 4 5	

$a$  – притупление кромок,  $a = 1$  мм

Таблица 4

## Диаметр электрода

Толщина свариваемого металла $\delta$ , мм	1,5–2,0	2,5–4,0	4,5–7,0	7,5–10,0	более 10,0
Диаметр электрода $d_э$ , мм	2	3	4	5	6
Коэффициент пропорциональности $K$ , А/мм	30	35	40	45	50
Длина электрода $l_э$ , мм	250	300	350	450	450

Таблица 5

## Тип электрода

Тип электрода	Механические свойства металла сварного шва		
	Временное сопротивление при растяжении $\sigma_b$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Ударная вязкость $KCU$ , МДж/м <sup>2</sup>
Э38	380	14	0,3
Э42	420	18	0,8
Э42А	420	22	1,5
Э46	460	18	0,8
Э46А	460	22	1,4
Э50	500	16	0,7
Э50А	500	20	1,3
Э55	550	20	1,2
Э60	600	18	1,0
Э70	700	14	0,6
Э85	850	12	0,5
Э100	1000	10	0,5
Э125	1250	8	0,4
Э150	1500	6	0,4

Таблица 6

## Число слоев

Толщина свариваемой стали $\delta$ , мм	1,0–5,0	5,5–8,0	8,5–10,0	10,5–14,0	14,5–16,0
Число слоев $n$	1	2	3	4	5

Таблица 7

## Марка электрода

Тип электрода	Марка электрода	Диаметр электрода $d_{э}$ , мм	Коэффициент наплавки $\alpha_H$ , г/А·ч
Э42	ОЗС-23	2; 3	8,5
	ВСЦ-4	3; 4	9,5
	ОМА-2	2; 2,5; 3	8
	АНО-6	4; 5	10
Э42А	УОНИ-13/45	2; 2,5; 3; 4; 5	8,5
	СМ-11	3; 4; 5	10
Э46	АНО-4	3; 4; 5	8,5
	ОЗС-6	3; 4; 5; 6	10
	МР-3	3; 4; 5; 6	7,5
	ОЗС-21	3; 4; 5	8,5
Э46А	ВН-48	2,5; 3; 4; 5; 6	11
	ОЗС-22Р	3; 4; 5; 6	10
	УОНИ-13/55К	3; 4; 5	9,5
Э50	ВСЦ-4А	3; 4	9,5
Э50А	УОНИ-13/55	2; 2,5; 3; 4; 5	9
	АНО-11	3; 4; 5	9,5
	ДК-50	4; 5	10
Э55	УОНИ-13/55У	4; 5; 6	10
Э60	ВСЦ-60	5; 6	10
	УОНИ-13/65	2; 2,5; 3; 4; 5	9,5
	ОЗС-24	3; 4	9,5
Э70	ВСФ-75У	4	9
Э85	УОНИ-13/85	2; 2,5; 3; 4; 5	10
	НИАТ-3М	2; 2,5; 3; 4; 5	9,5
	ВСФ-85	3; 4	9,5
Э100	ОЗШ-1	2; 2,5; 3; 4; 5	8,5



# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

### 2.1. Основные понятия о технологическом процессе и его составных частях

**Производственный процесс** представляет собой совокупность всех действий, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в готовую продукцию (изделие). В производственный процесс входят не только операции и действия, непосредственно связанные с изменением формы и свойств обрабатываемых деталей, сборки узлов и изделий, но и все необходимые вспомогательные действия, обеспечивающие выпуск готовой продукции (транспортировка деталей и их хранение, изготовление инструментов, ремонт станков и др.).

**Технологическим процессом** называется часть производственного процесса, непосредственно связанная с изменением формы, размеров, шероховатости поверхности, внешнего вида и свойств заготовок, из которых изготавливают детали машин. Так, например, отливкой и штамповкой получают заготовки из определенного металла или сплава с заданным химическим составом, но не всегда с требуемой твердостью, прочностью, формой и размерами. Необходимую твердость и другие механические свойства сообщают изделиям термической обработкой. Необходимую форму и размеры высокой точности придают изделиям механической обработкой. Технологический процесс определяет последовательность обработки деталей, необходимое оборудование, приспособления и инструмент и состоит из ряда операций.

**Операция** – законченная часть технологического процесса, выполняемая над одной или несколькими одновременно обрабатываемыми деталями одним или группой рабочих непрерывно на одном рабочем месте до снятия с обработки и перехода к обработке другой заготовки. Так, например, одновременная шлифовка нескольких поршневых пальцев, установленных на оправке, является одной операцией, как и шлифовка их каждого в отдельности.

Одну и ту же операцию иногда вынуждены выполнять двое и более рабочих, когда, например, установку и переустановку на станке тяжелых обрабатываемых деталей производят без подъемных приспособлений.

Если непрерывность точения изделия прерывается, допустим, сверлением отверстия обточенной втулки перед ее растачиванием, то имеют место не одна, а две токарные операции.

Непрерывность при изготовлении деталей может нарушаться не только переходом на другой вид обработки, например с точения на сверление и обратно, но и передачей детали на другой станок для выполнения последующей или промежуточной операции. Необходимость обработки изделия на другом рабочем месте предусматривает выполнение уже другой операции. Так, например,

чистовое и последующее тонкое точение на одном и том же станке является одной операцией; при выполнении же чистового точения на одном станке, а тонкого точения на другом имеют место две операции.

Название операций, связанных с механической обработкой, обычно дается по названию станка, на котором производят обработку (токарная, фрезерная, сверлильная и т. д.).

Операция разделяется на составные элементы, основными из которых являются установка, позиция, переход, проход, прием.

**Установкой** называется часть операции, выполняемая при неизменном закреплении заготовки на станке или в приспособлении. Например, вал установленный в центрах, обтачивают при двух его установках, так как перед обтачиванием другого конца необходимо снять его с центров, раскрепить хомутик на необработанном конце вала и закрепить на обработанном, затем снова установить его в центрах.

**Позицией** называется такое измененное положение изделия относительно станка, которого достигают без перемены его закрепления и когда, следовательно, всю операцию выполняют при неизменном закреплении изделия, но при разных его положениях. Такое изменение положения изделия производят специальными приспособлениями. Например, операцию нарезания многозаходной резьбы с поворотом нарезаемого изделия при помощи специального делительного патрона выполняют при нескольких позициях.

**Переходом** называется законченная часть технологической операции, выполняемая при неизменной установке или позиции изделия, режущего инструмента, режима резания и обрабатываемой поверхности. Переход может состоять из одного или нескольких проходов.

**Проход** – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, при котором снимается один слой материала. В качестве примера можно рассмотреть технологический процесс обработки детали типа втулки. При ее изготовлении на токарном станке технологический процесс будет состоять из одной операции – токарной.

Переходами будут подрезание торца, обтачивание по наружному диаметру, сверление отверстия, растачивание отверстия и отрезка. Каждый переход можно производить со снятием одного или нескольких слоев металла, т. е. за один или несколько проходов.

Для технического нормирования трудовые процессы работающего делят на **приемы** – законченные действия рабочего из числа необходимых для выполнения данной операции. К приемам относят, например, установку или снятие детали, пуск станка, переключение рычагов управления, закручивание гайки и т. д.

Важным вопросом при разработке технологических процессов обработки является вопрос правильного выбора базирования (установки) деталей на станках.

### 2.1.1. Понятие о базах и их выборе

Базами являются поверхности, линии, точки и их совокупности, служащие для ориентации детали на станках, для расположения деталей в узле или изделии, для измерения детали. Различают технологические (производственные) и конструкторские базы.

**Технологической** называется база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. Такие базы могут состоять из одной или сочетания нескольких поверхностей (рис. 3).

Технологические базы разделяются на установочные и измерительные.

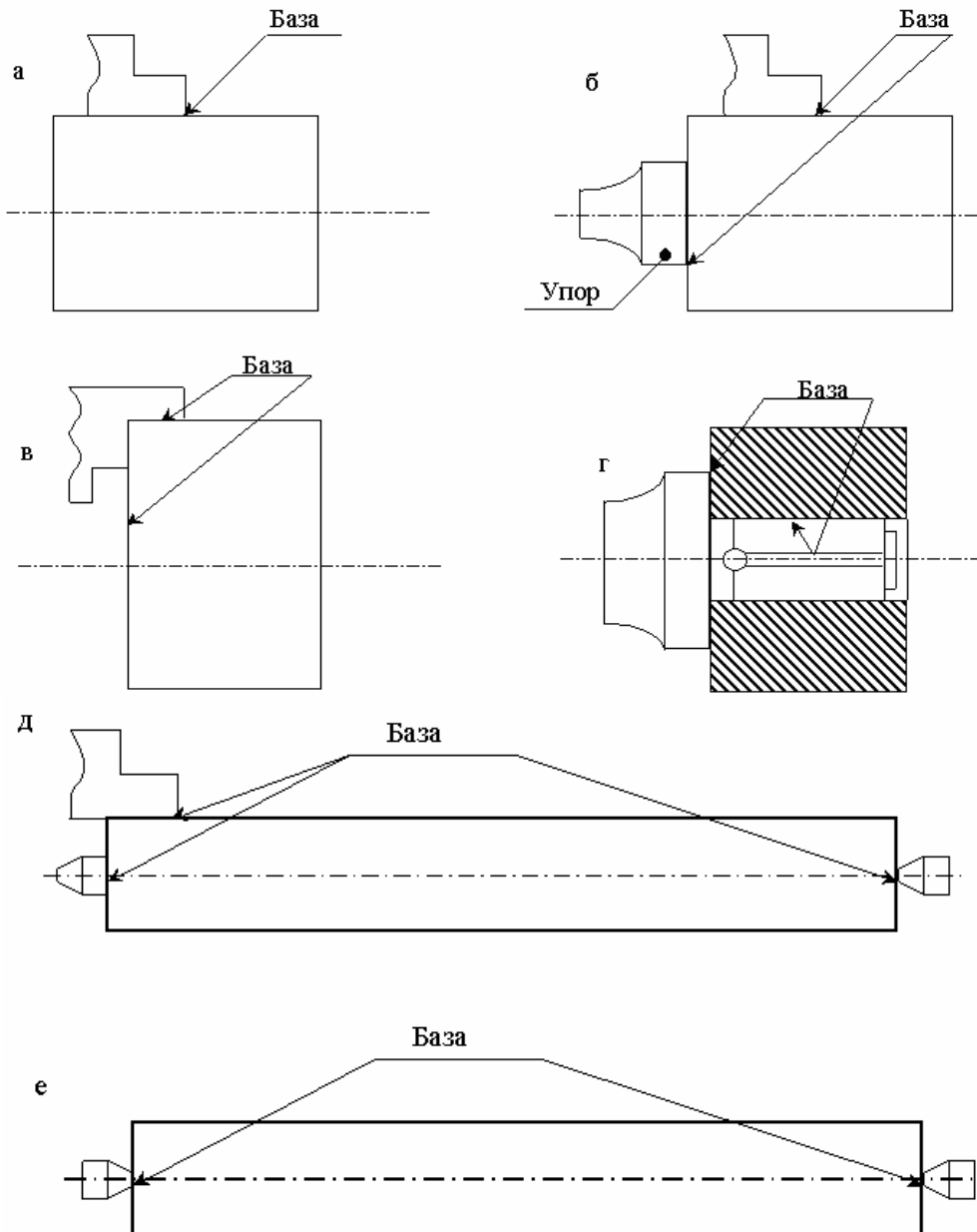


Рис. 3. Технологические базы при различных способах установки заготовок на токарном станке: а – в патроне; б – в патроне с опорой на шпиндельный упор; в – в обратных кулачках патрона; г – на разжимной оправке; д – в патроне и заднем центре с опорой на шпиндельный упор; е – в центрах

**Установочные базы** – поверхности, а также линии и точки детали, служащие для установки заготовки на станке и ориентирующие ее относительно режущего инструмента. Установочными базами могут быть различные поверхности заготовок (наружные и внутренние цилиндрические поверхности, центровые гнезда, плоскости, поверхности зубьев колес). В качестве баз при первоначальной обработке используют необработанные поверхности (черновые базы), при последующей обработке – обработанные поверхности (чистовые базы). Установочные базы делятся на основные и вспомогательные.

**Основные установочные базы** – это поверхности, которые, являясь поверхностями соединения с другими деталями, определяют положение детали в собранном узле или механизме и используются для установки детали на станке при ее обработке. Так, например, основными базами являются: у коленчатых валов – коренные шейки, а также посадочные места под шестерню и маховик; у распределительного вала – шейки, а также посадочные места под шестерню; у гильзы – посадочные места для соединения с блоком; у шестерни или шкива – отверстия ступиц, а также наружная поверхность по зубьям или ободу.

**Вспомогательные установочные базы** – это поверхности, которые используют только для установки детали на станке; они не имеют особого значения для работы детали в механизме. Примером вспомогательной базы могут служить центровые отверстия у вала, обтачиваемого и шлифуемого с установкой в центрах.

Вспомогательными базами обычно пользуются в тех условиях, когда поверхности основных баз или обрабатываются, или оказались настолько изношенными, что получить точную установку детали на станке весьма затруднительно.

**Измерительная база** – поверхность (линия или точка), от которой производят измерение и отсчет размеров изделия. Выбирать в качестве измерительных баз следует такие поверхности изделия, которые служат одновременно и его установочными базами. Совпадение измерительных баз с установочными позволяет получить более точно обработанное изделие.

**Конструкторская база** – совокупность поверхностей, линий, точек, от которых заданы размеры и положения деталей при разработке конструкции. Конструкторские базы могут быть реальными (материальная поверхность) или геометрическими (осевые линии, точки).

### 2.1.2. Понятие о проектировании технологических процессов

Проектирование технологических процессов является определяющим элементом производственного процесса. От степени рациональности технологических процессов зависят качество изделий, затраты труда и материальных средств на изготовление продукции. К числу исходных данных для проектирования процесса механической обработки деталей относятся рабочие чертежи

деталей и технические условия на их изготовление; данные о заготовках, из которых должны изготавливаться детали; данные об оборудовании (паспорта, каталоги и др.).

При проектировании технологических процессов необходим также ряд справочных материалов (по припускам и допускам, по режущим, измерительным и вспомогательным инструментам; режиму резания; вспомогательному времени и т.д.). Проектирование технологических процессов механической обработки начинается с тщательного изучения чертежа и технических условий на готовую деталь. Во многих случаях требуется также ознакомиться с чертежами узла и изделия, в которые входит обрабатываемая деталь, с условиями работы детали.

При проектировании процесса механической обработки детали выполняются следующие работы: определение вида и размера заготовки; составление плана обработки (порядка операций); выбор оборудования для отдельных операций; выбор базовых поверхностей и способов установки детали; выбор или проектирование приспособлений; выбор режущих инструментов; подсчет межоперационных размеров; нормирование операций (определение режимов резания и штучного времени); выбор измерительных инструментов и приспособлений, а также разработка карт контрольных операций; составление технологических карт; экономические подсчеты по установлению наивыгоднейшего варианта обработки путем сопоставления конкурирующих вариантов технологических процессов.

В качестве первых операций механической обработки применяют операции, при выполнении которых снимают наибольшие слои металла. Это обусловлено, во-первых, тем, что при снятии больших слоев металла легче обнаружить дефекты заготовки (трещины, раковины, включения и т. п.), во-вторых, тем, что вследствие перераспределения напряжений возможно коробление заготовок. При последующей чистовой обработке коробление должно быть минимальным. Отделочные операции располагают в конце цикла обработки для уменьшения возможности повреждения окончательно обработанных поверхностей. Отделочные операции выбирают в зависимости от требуемых чертежом точности размеров и шероховатости поверхности.

Операции по механической обработке детали должны быть увязаны с термическими операциями. Закалку с низким отпуском обычно проводят перед шлифованием, а закалку с высоким отпуском (улучшение) с целью достижения необходимых механических свойств металла – между черновой и чистовой обработкой точением, фрезерованием, строганием. Перед процессом механической обработки заготовки (отливки, штамповки, поковки) часто подвергают отжигу или нормализации.

### 2.1.3. Технологическая документация и технологическая дисциплина

Правильное построение технологического процесса предусматривает тщательную разработку документации с учетом достижений передовой техники и передовых методов труда. И чем большее количество деталей будет изготавливаться по данному технологическому процессу, тем детальнее ее разрабатывают.

К технологической документации относятся технологические карты, чертежи приспособлений, специального режущего и измерительного инструмента и т. п. Наиболее важным технологическим документом является технологическая карта. Применяют различные формы технологических карт в зависимости от вида работ (сборка, механическая обработка, термическая обработка, сварка и т. п.), масштаба производства (единичное, серийное, массовое) и степени ответственности изготавливаемого изделия.

Для индивидуального, а иногда и мелкосерийного производства технологические карты оформляют в виде маршрута (маршрутная карта), где перечисляются операции и указана последовательность их выполнения. Для крупносерийного и массового производства технологические карты составляют на каждую операцию (операционные карты) обработки данной детали. Такие операционные карты содержат подробные указания, необходимые для обработки и контроля деталей на данной операции.

В большинстве случаев в технологические карты механической обработки вносят следующие данные: об обрабатываемой детали; о заготовке (материал, из которого она изготавливается, механические свойства, размеры сортового проката при использовании его в качестве заготовки и др.); номера и наименования операций и переходов; о применяемом оборудовании; о приспособлениях и инструментах (их наименования, размеры или шифры); о режимах обработки; элементы времени на обработку и их сумма; разряды рабочих по операциям.

Кроме перечисленных карт на наиболее ответственные детали разрабатываются инструкционные технологические карты, которые используются токарем и наладчиком. В данных картах содержатся те же сведения, что и в операционных картах; также в них указываются характер установки, способы крепления и измерения детали, положение инструмента, организация рабочего места.

Операционные эскизы, приводимые в картах технологического процесса, являются упрощенными чертежами детали. На них указываются только те размеры и шероховатость поверхности, которые необходимы при выполнении данной операции.

Эскизы установок и позиций показывают положение обрабатываемой детали относительно режущего инструмента, а также способы ее крепления и приемы измерения.

#### 2.1.4. Типизация технологических процессов

Типизация в машиностроении необходима для резкого сокращения количества индивидуальных решений при разработке технологической документации и уменьшения сроков подготовки производства новых изделий. Она основывается на технологической классификации деталей по сходным признакам: размерам, форме, технологическому подобию. Применительно к деталям, обрабатываемым на токарных станках, выделяют следующие основные технологические классы: валы, втулки, стаканы, диски, фланцы.

К **валам** относят круглые стержни длиной более трех диаметров. Кроме собственно валов, этот класс включает также ходовые винты, оси, шпиндели, пиноли и др. **Втулки** отличаются наличием сквозного отверстия и небольшой длиной – менее трех наружных диаметров. **Стаканами** называются детали типа круглых сосудов со сплошным дном или небольшим отверстием в нем. Характерная особенность **дисков** – небольшая длина, менее 1/2 диаметра. К ним относятся крышки, шкивы, зубчатые колеса и др. **Фланцы** – детали дисковой формы с отверстием и ступицей.

Такая классификация позволила значительно сократить чрезвычайно большое число индивидуальных технологических процессов до процессов для каждого класса деталей или его характерной части (группы).

Продолжая подобную унификацию, можно для большинства деталей токарной обработки предложить только два наиболее характерных типовых технологических процесса: один – для класса валов, другой – для класса втулок. По технологической общности к втулкам также относятся и другие короткие детали с отверстиями – стаканы, диски, фланцы.

Основное содержание типовых технологических процессов токарной обработки деталей классов валов и втулок приведено в табл. 8 и 9.

На рис. 4 и 5 приведены примеры использования типовых технологических процессов токарной обработки деталей различных технологических классов (иллюстрации к табл. 8 и 9). На этих эскизах способы установки заготовок на станке изображены с помощью условных обозначений, предусмотренных ЕСТД (единой системой технологической документации) по ГОСТ 3.1107-81.

Таблица 8

## Типовой технологический процесс обработки деталей типа валов

Номер операции	Способ установки заготовки на станке	Содержание операции
1–2	В патроне	Подрезка торцов заготовки в размер длины и центрование с двух сторон
3–4	В патроне и заднем центре	Черновое обтачивание заготовки с двух сторон с припуском на чистовую обработку точных поверхностей 1–2 мм на диаметр
5–6	В центрах	Чистовое обтачивание точных поверхностей с двух сторон
<p><b>Примечания:</b> 1. В третьей операции следует обтачивать короткий участок заготовки со стороны заднего центра.</p> <p>2. Технологический процесс увеличивается на некоторое количество операций в случаях:</p> <p>а) обработки длинных валов – выточка канавки под кулачки неподвижного люнета;</p> <p>б) обработки полых валов – сверление сквозного отверстия;</p> <p>в) когда вал имеет участки сложной формы (резьбовые, конические, фасонные), обработка которых нуждается в особой наладке станка.</p>		

Таблица 9

## Типовой технологический процесс обработки деталей класса втулок

Номер операции	Способ установки заготовки на станке	Содержание операции
1–2	В патроне	Черновая обработка заготовок с двух сторон с припуском на чистовую обработку точных поверхностей 1–2 мм на диаметр
3	В патроне или в центрах	Подготовка чистовой технологической базы (отверстия или наружного цилиндра)
4–5	На оправке или в патроне	Чистовое точение поверхностей детали, точно расположенных к технологической базе
<p><b>Примечания:</b> 1. При подготовке чистовой базы мерным инструментом (разверткой, метчиком и др.) во второй операции число операций уменьшается на 1.</p> <p>2. Для деталей с участками сложной формы (резьбовой, конической, фасонной), обработка которых нуждается в особой наладке станка, количество операций в технологическом процессе соответственно увеличивается.</p>		



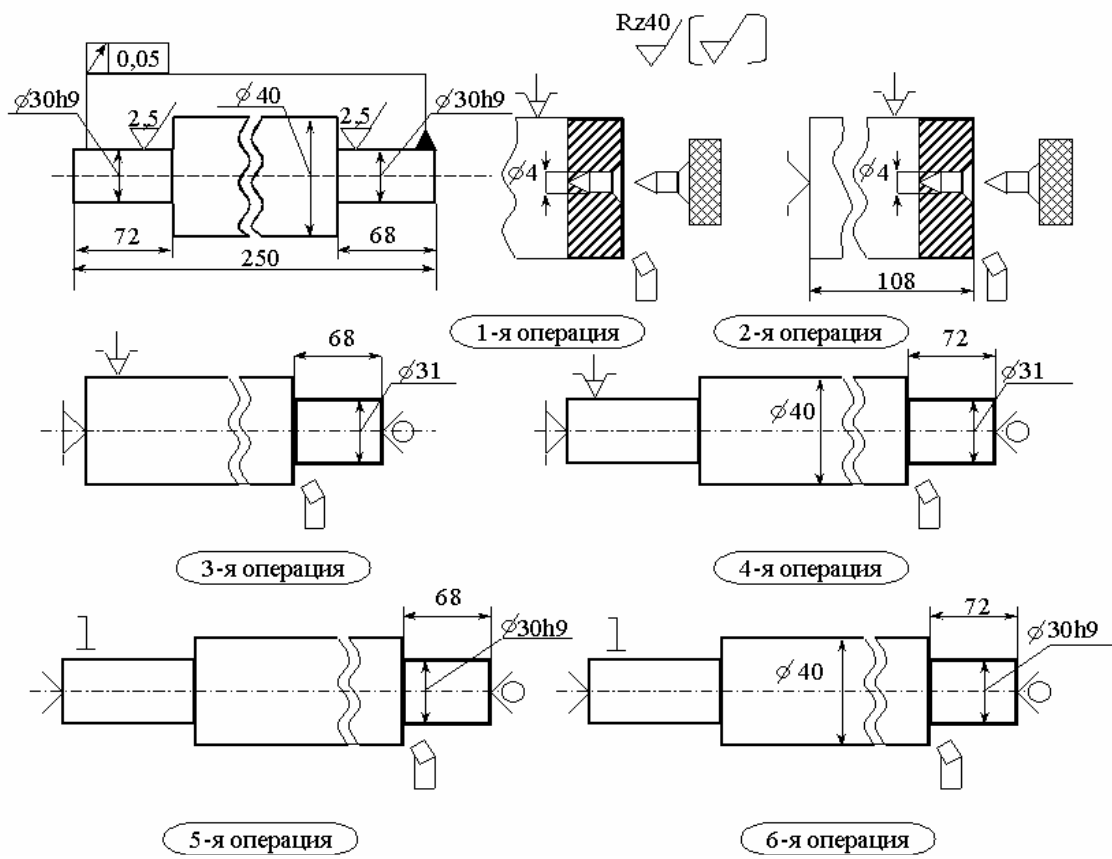


Рис. 4. Обработка ступенчатого вала

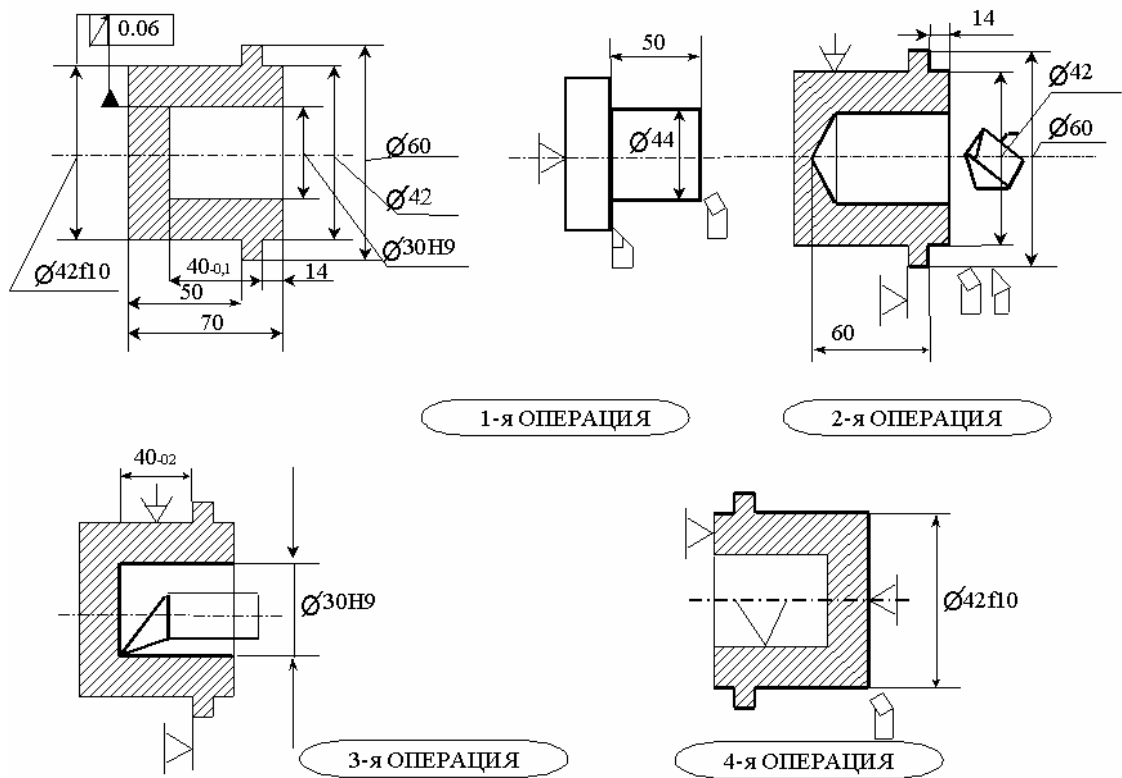


Рис. 5. Обработка стакана

### 2.1.5. Построение и оформление технологического маршрута

Технологический маршрут, содержащий рациональную последовательность обработки детали, является основной частью технологического процесса. Его построение представляет собой технологическую задачу, имеющую ряд решений и соответственно им количество конечных результатов. Поэтому с целью сокращения числа поисковых действий при решении такой задачи целесообразно придать им определенную, логически обоснованную направленность, состоящую из последовательно осуществляемых стадий: 1) изучения исходных данных; 2) подготовки к построению технологического маршрута; 3) построения технологического маршрута.

На **1-й стадии** изучают исходные данные, которые для рабочего задаются в объеме чертежа, заготовки, количества деталей в обрабатываемой партии и технических возможностей станка. Из чертежа детали следует установить ее форму, размеры, технологический класс и технические требования, предъявляемые к точности обработки. Кроме того, необходимо установить материал детали, характер ее термообработки и измерительные базы. Сопоставляя заготовки с чертежом детали, надо определить достаточность припусков на обработку.

На **2-й подготовительной стадии** выбирают способы обработки, технологические базы и способы установки заготовок на станке.

Выбирая способы обработки поверхностей детали, следует исходить из условий, обеспечивающих требуемую точность обработки и возможную наибольшую производительность труда. Например, при обтачивании цилиндра невысокой точности на жесткой заготовке весь припуск целесообразно срезать за один рабочий ход резца. Если точность того же цилиндра высокая, его обрабатывают менее производительно – черновым и чистовым точением.

Технологические базы выбирают, руководствуясь правилами, изложенными в параграфе 2.1.1.

Соответственно принятым базам намечают способы установки заготовок на станке в зависимости от требуемой жесткости крепления и точности центрирования.

Короткие заготовки с наружной черновой или вспомогательной базой закрепляются в самоцентрирующийся патрон, а при большом припуске на обработку дополнительно поджимаются задним центром. Такие же заготовки с чистой базой невысокой точности закрепляются в токарном патроне, предохраняя ее от вмятин фольговой прокладкой из цветного металла.

Длинные заготовки обрабатываются предварительно в патроне и заднем центре, окончательно – в центрах.

На **3-й завершающей стадии** по принадлежности детали к определенному технологическому классу выбирают типовой технологический маршрут, в котором должны быть учтены следующие правила:

1) черновую и чистовую обработку точением нужно выполнять в разных операциях;

2) в операцию по окончательной обработке резцами точных поверхностей не следует включать переходы, нуждающиеся в поворотах резцедержателя;

3) в одной операции нецелесообразно выполнять сверление и растачивание отверстий.

Для удобства использования технологический маршрут оформляется в виде карты, в которую заносятся сведения, необходимые для его осуществления. В ней приводятся сведения о последовательности выполнения операций, станках, приспособлениях, нормах штучного времени и некоторые другие данные. Для учебных целей форму технологического маршрута целесообразно несколько упростить, дополнив текстовый материал графическими изображениями схем установок и элементами операций (см. табл. 10). При ее заполнении следует руководствоваться следующими правилами.

1. Операции и переходы необходимо обозначать арабскими цифрами 1, 2 3 и т. д.; установки – прописными буквами русского алфавита А, Б, В.

2. В графе «Содержание установок и переходов» указания выражают глаголом в повелительной форме: установить, закрепить, обточить, подрезать, сверлить. При этом размеры обрабатываемой поверхности в тексте не указывают. Вместо них проставляют внутри окружности порядковый номер размера поверхности из схемы технологической установки, например: подрезать торец в размер 1, центровать в размер 2, обточить цилиндр 3, расточить отверстие 4, выточить канавку 5, проточить фаску 6, нарезать резьбу 7, отрезать заготовку в размер 8 и т. д.

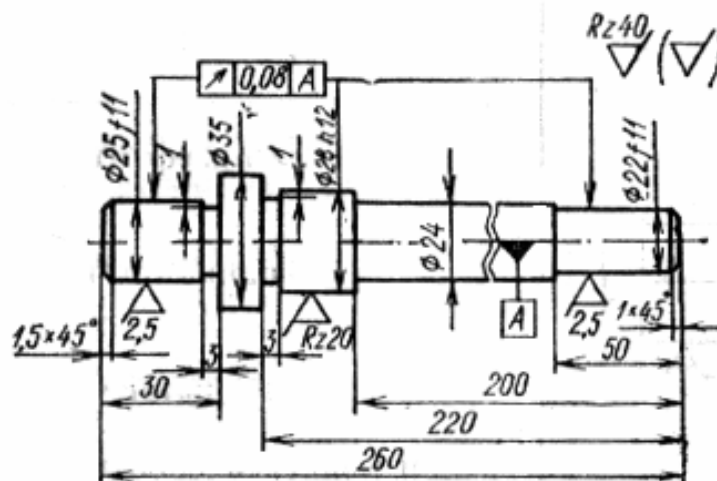
3. В графе «Схемы установок» заготовки изображают в произвольном масштабе на стадии завершения операционной обработки, контур их обрабатываемых поверхностей обводится сплошными линиями увеличенной толщины. На схемах также указывают размеры, подлежащие выполнению в данной операции. Они нумеруются арабскими цифрами в окружностях диаметром 6–8 мм и располагаются вне контура детали в направлении движения часовой стрелки.

Рассмотрим пример построения и оформления технологического маршрута токарной обработки ступенчатого вала (табл. 10) из круглого стального проката  $\varnothing 40 \times 264$  мм на токарно-винторезном станке модели 1К62.

Устанавливаем требуемую точность обработки. Вал имеет три цилиндрических участка –  $\varnothing 25f11$ ,  $\varnothing 22f11$ , и  $\varnothing 28h12$ , точность которых ограничивается соответственно 11-м и 12-м квалитетами. Остальные размеры без допусков подлежат обработке по 14-му квалитету: отверстия – по Н14, валы – по h14.

Точность формы цилиндрических участков чертежом не оговорена. Следовательно, их погрешности не должны превышать допусков на соответствующие диаметры.

Технологический маршрут токарной обработки ступенчатого вала



Опера-ция	Уста-новка	Пере-ход	Содержание уста-новок и переходов	Схемы установок
1	2	3	4	5
1	A	1	Установить и закрепить заготовку в патроне	<p>The diagram shows a lathe setup for turning the shaft. The workpiece is held in a chuck. A cutting tool is shown cutting the end of the shaft. Dimensions <math>\phi 3,15</math> and 262 are indicated. A circled '1' points to the workpiece, and a circled '2' points to the chuck.</p>
		2	Подрезать торец в размер 2*	
		2	Центровать в размер 1	
		2	Центровать в размер 1	
2	A	1	Перевернуть заготовку, установить и закрепить ее в патроне	<p>The diagram shows the second setup for turning the shaft. The workpiece is turned around and held in the chuck. A cutting tool is shown cutting the end of the shaft. Dimensions <math>\phi 3,15</math> and 260 are indicated. A circled '1' points to the workpiece, and a circled '2' points to the chuck.</p>
		1	Подрезать торец с другой стороны в размер 2	
		2	Центровать в размер 1	
		2	Центровать в размер 1	

1	2	3	4	5
3	А	1 2 3 4	Установить и закрепить заготовку в патроне и заднем центре Обточить цилиндр 3 начерно Обточить цилиндр 4 начерно Проточить фаску 2 Выточить канавку 1	
4	А	1 2 3 4 5	Перевернуть заготовку, установить и закрепить ее в патроне и заднем центре Обточить цилиндр 5 начерно Обточить цилиндр 3 начерно Обточить цилиндр 4 начерно Проточить фаску 2 Выточить канавку 1	
5	А	1 2	Установить и закрепить заготовку в центрах Обточить цилиндр 2 начисто Обточить цилиндр 1 начисто	
6	А	1	Перевернуть заготовку, установить и закрепить ее в центрах Обточить цилиндр 1 начисто	

Примечание: \* Цифры проставляются в окружностях.

Точность взаимного расположения поверхностей  $\varnothing 25$ ;  $\varnothing 28$ ; и  $\varnothing 22$  мм ограничивается радиальным биением относительно общей оси не более 0,08 мм.

Шероховатость поверхностей (за исключением обозначенных на контуре детали)  $Rz = 40$  мкм.

Деталь термообработке не подвергается. Поэтому ее полную обработку (при невысокой точности размеров) можно завершить на токарном станке.

Заготовка – круглый стальной прокат на одну деталь, имеет припуски по диаметру 5 мм и длине – 4 мм; ее кривизна в допустимых пределах.

Для изготовления небольшой партии деталей технологический маршрут строится пооперационно.

Токарно-винторезный станок 1К62 по технической характеристике позволяет эффективно выполнить обработку деталей.

Способы обработки выбираются из условий обеспечения требуемой точности и высокой производительности. Точные участки  $\varnothing 25$ ,  $\varnothing 28$  и  $\varnothing 22$  мм будут обрабатываться черновым и чистовым точением; остальные поверхности – только черновым точением за наименьшее количество рабочих проходов.

Для окончательной обработки точных участков вала принимается чистовая вспомогательная база – центровые отверстия. Для черновой обработки базой вначале будут служить необработанная поверхность заготовки и центровое отверстие, затем – обработанный короткий участок вала и центровое отверстие. Подрезание и центрование вала ведется от черновой базовой поверхности заготовки.

Соответственно выбранным технологическим базам принимаются способы установки заготовок на станке: в патроне, в патроне и заднем центре, в центрах.

С учетом величины обрабатываемой партии деталей и практических правил комплектования переходов в операции принимается типовой технологический маршрут обработки деталей класса валов, осуществляемый за 6 операций.

## 2.2. Выбор рациональных режимов резания при точении

Элементами режима резания являются: глубина резания, подача и скорость резания.

**Глубина резания**  $t$  (мм) – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по нормали к последней. При точении – это толщина слоя металла срезаемого за один проход резца. При обтачивании, растачивании, рассверливании

$$t = (D - d) / 2,$$

где  $D$  – наибольший диаметр касания инструмента с деталью, мм;  $d$  – наименьший диаметр касания инструмента с заготовкой, мм.

При сверлении  $t = D / 2,$

где  $D$  – диаметр отверстия, мм.

При отрезании и вытачивании канавки глубина резания соответствует ширине прорези, выполняемая резцом за один проход.

**Подача S** (мм/об) – величина перемещения инструмента за один оборот заготовки. Различают продольную, поперечную и наклонную подачи в зависимости от направления перемещения резца. Рекомендуется для данных условий обработки выбирать максимально возможную величину подачи.

**Скорость резания V** (м/мин) – путь, который проходит наиболее удаленная от оси вращения точка поверхности резания относительно режущей кромки в направлении главного движения в единицу времени. Скорость резания для станков с главным вращательным движением (токарных, сверлильных, фрезерных) подсчитывается по формуле

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \approx D \cdot n / 320,$$

где D – наибольший диаметр заготовки (при токарной обработке), диаметр сверла (при сверлении) или диаметр фрезы (при фрезеровании), мм; n – частота вращения заготовки или инструмента, об/мин.

Режим резания, который обеспечивает наиболее полное использование режущих свойств инструмента и возможностей станка при условии получения необходимого качества обработки, называется рациональным.

Для повышения производительности труда рекомендуется работать с возможно большим режимом резания. Однако его увеличение ограничивается стойкостью инструмента, жесткостью и прочностью обрабатываемой детали, узлов станка и его мощностью.

Высокая производительность может быть достигнута, если в первую очередь будут приняты наибольшие возможные значения глубины резания и подачи и в зависимости от них – допустимая скорость резания, обеспечивающая принятую стойкость инструмента.

Выбор режима резания выполняют на основании исходных данных: чертежа обрабатываемой детали, размеров заготовки, типа, материала и геометрии инструмента, паспортных данных станка в следующем порядке.

1. Глубина резания принимается в зависимости от величины припуска. Рекомендуется вести обработку за один проход. Минимальное число проходов определяется мощностью станка, жесткостью детали и заданной точностью обработки. При черновой обработке (если условия позволяют) глубину резания назначают максимальной – равной всему припуску. Точные поверхности обрабатывают вначале предварительно, затем окончательно. При чистовой обработке глубину резания назначают в зависимости от требуемых степени точности и шероховатости поверхности в следующих пределах: для шероховатости поверхности Rz от 10 до 20 включительно глубина резания 0,5–2,0 мм, для Ra от 2,5 до 0,063 – 0,1–0,4 мм.

2. Подачу выбирают из нормативных таблиц в зависимости от марки обрабатываемого материала, размеров заготовки и выбранной глубины резания. Рекомендуется для данных условий обработки выбирать максимально возможную величину подачи. При черновой обработке ее значение ограничивается жестко-

стью детали, инструмента и допустимым усилием предохранительного механизма подачи станка. Подача для чистовой обработки определяется главным образом шероховатостью обрабатываемой поверхности. Для уменьшения шероховатости подачу следует принимать меньшей.

Окончательно подачу корректируют исходя из данных станка и принимают ближайшую из имеющихся на станке.

3. Скорость резания, допускаемая инструментом, определяется заданной стойкостью резца, глубиной резания, подачей, твердостью обрабатываемого материала и рядом других факторов. Скорость резания назначают по соответствующим нормативным таблицам в зависимости от свойств обрабатываемого материала, принятых значений глубины резания и подачи. Такие таблицы составлены для определенных условий работы. Поэтому если действительные условия резания отличаются от нормативных, выбранную скорость надо умножить на поправочные коэффициенты, прилагаемые к таблицам, т. е. расчетная скорость резания  $V_p$  будет определяться по формуле

$$V_p = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_5,$$

где  $V_T$  – выбранное табличное значение скорости резания, м/мин;  $K_1$ – $K_5$  – поправочные коэффициенты к таблицам скорости резания, зависящие от конкретных условий обработки:

$K_1$  – от стойкости инструмента, под которой понимают суммарное время работы между переточками ( $T$ , мин). Стойкость зависит, в основном, от материала инструмента и обрабатываемой детали, геометрии режущего инструмента, скорости резания и других факторов. При токарной обработке  $T = 30$ – $90$  мин, для фрез  $T = 180$ – $240$  мин, для сверл  $T = 6$ – $270$  мин;

$K_2$  – от механических свойств обрабатываемого материала (для чугуна – твердости НВ, для стали – временного сопротивления при растяжении  $\sigma_B$ );

$K_3$  – от состояния обрабатываемой поверхности (без корки, с коркой, с загрязненной поверхностью);

$K_4$  – от материала инструмента;

$K_5$  – от главного угла в плане резца  $\phi$ .

4. Зная скорость резания, определяют частоту вращения  $n$  (об/мин) по формуле

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D \approx 320 \cdot V / D,$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;  $D$  – наибольший диаметр касания инструмента с заготовкой, мм.

Так как станок точно такой частоты вращения шпинделя может не иметь, вследствие ее ступенчатого регулирования, то назначают ближайшую меньшую величину. В результате этого незначительно снижается скорость резания, но зато стойкость режущего инструмента повышается.

5. По принятой частоте вращения подсчитывается действительная скорость резания (м/мин):

$$V = D \cdot n / 320.$$



6. Проверку режима резания по мощности при черновом точении можно выполнить, пользуясь формулой

$$N_{\text{рез}} = P_z \cdot V / 60 \cdot 1020,$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин.; 1020 – коэффициент перевода  $\text{Н} \times \text{м/с}$  в кВт;  $P_z$  – вертикальная составляющая силы резания, Н.

Вертикальная составляющая силы резания  $P_z$  (Н) – сила сопротивления резанию, действующая в вертикальном направлении касательно к поверхности резания. Для приближенных расчетов ее можно определить из формулы

$$P_z = K \cdot t \cdot S,$$

где  $K$  – коэффициент резания, равный силе резания, приходящейся на  $1 \text{ мм}^2$  площади поперечного сечения срезаемой стружки, МПа (табл. 11);  $t$  – глубина резания, мм;  $S$  – подача, мм/об.

Таблица 11

Средние значения коэффициента резания  $K$  при точении

Обрабатываемый материал	Предел прочности $\sigma_b$ , МПа	Твёрдость по Бриггеллю НВ, МПа	$K$ , МПа
Углеродистые и легированные конструкционные стали	400–500		1500
	500–600		1600
	600–700		1780
	700–800		2000
	800–900		2200
	900–1000		2350
	1000–1100		2550
Чугун серый		1400–1600	1000
		1600–1800	1080
		1800–2000	1140
		2000–2200	1200
Бронза средней твёрдости			550
Силумин			400
Дуралюмин	250		600
	350		800
	Свыше 350		1100

**Примечание.** Коэффициент резания определяется при следующих условиях:  $t = 5 \text{ мм}$ ,  $S = 1 \text{ мм/об}$ ,  $\gamma = 15^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ , режущая кромка прямолинейна, работа без охлаждения.

После подсчета мощности резания должно соблюдаться условие

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}},$$

где  $N_{\text{рез}}$  – мощность, необходимая на резание;  $N_{\text{шп}}$  – мощность на шпинделе.

**Пример.** Выбрать режимы резания для обтачивания вала из стали 45 ( $\sigma_B = 650$  МПа) при следующих данных: диаметр заготовки  $D = 45$  мм, диаметр детали  $d = 40_{-0,05}$  мм, длина обрабатываемой поверхности  $L = 200$  мм, шероховатость  $Ra = 2,5$  мкм, установка в патроне и заднем центре.

Станок токарно-винторезный 1К62; резец – проходной упорный с пластинкой из твёрдого сплава Т15К6.

Геометрия резца:  $\gamma = 12^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\varphi = 90^\circ$ ,  $r = 1$  мм; форма передней поверхности – плоская с положительным передним углом.

**Решение.** Учитывая высокую точность и малую шероховатость поверхности детали, обтачивание следует выполнять за два перехода. На чистовое точение оставлен припуск 1 мм на диаметр.

Назначаем режим резания для чернового перехода.

1. Глубина резания

$$t = (D - d) / 2 = (45 - 41) / 2 = 2 \text{ мм.}$$

2. Из табл. 20 выбираем подачу, равную  $S = 0,5$  мм/об.

3. По табл. 27 выбираем скорость резания  $V = 166$  м/мин.

По табл. 28 устанавливаем поправочные коэффициенты для заданных условий работы:  $K_1 = 1$ ;  $K_2 = 1,15$ ;  $K_3 = 1$ ;  $K_4 = 1$ ;  $K_5 = 0,8$ .

Умножаем табличную скорость на поправочные коэффициенты:

$$V = 166 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 152 \text{ м/мин.}$$

4. Определяем необходимую частоту вращения заготовки

$$n = 320 \cdot V / D = 320 \cdot 152 / 45 = 1080 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка (табл. 31) принимаем ближайшую меньшую частоту вращения  $n = 1000$  об/мин.

5. Уточняем действительную скорость резания

$$V = D \cdot n / 320 = 45 \cdot 1000 / 320 = 140 \text{ м/мин.}$$

6. Проверяем режим резания по мощности на шпинделе станка. Вычисляем усилие резания:  $P_z = K \cdot t \cdot S$ .

Из табл. 11 коэффициент резания  $K = 1780$  МПа, тогда

$$P_z = 1780 \cdot 2 \cdot 0,5 = 1780 \text{ Н.}$$

Мощность, необходимая на резание,

$$N_{рез} = P_z V / 60 \cdot 1020 = 1780 \cdot 140 / 60 \cdot 1020 = 4,1 \text{ кВт.}$$

Из табл. 14 мощность двигателя станка  $N_{дв} = 10$  кВт.

КПД станка принимаем  $\eta = 0,75$ . Тогда мощность на шпинделе составит

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт,}$$

что вполне достаточно для осуществления выбранного режима резания.

Назначаем режим резания для чистового перехода.

1. Глубина резания

$$t = (41 - 40) / 2 = 0,5 \text{ мм.}$$

2. Подача (табл. 21)  $S = 0,2$  мм/об.

3. Скорость резания из табл. 27 составляет 235 м/мин.

Уточняем скорость резания соответственно изменённым условиям работы:

$$V = 235 \cdot 1,15 \cdot 0,8 = 216 \text{ м/мин.}$$

4. Определяем частоту вращения заготовки:

$$n = 320 \cdot V / D = 320 \cdot 216 / 41 = 1680 \text{ об/мин.}$$

С учетом данных станка (табл. 31), принимаем  $n = 1600 \text{ об/мин.}$

5. Действительная скорость резания

$$V = D \cdot n / 320 = 41 \cdot 1600 / 320 = 205 \text{ м/мин.}$$

### 2.2.1. Основное технологическое (машинное) время

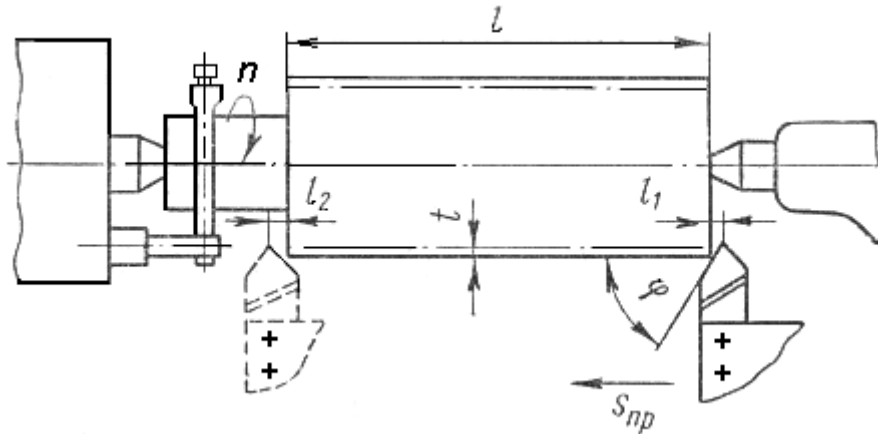


Рис. 6. Схема к расчёту основного технологического времени при обтачивании цилиндрической поверхности

Основным технологическим (машинным) временем называется время, затрачиваемое непосредственно на процесс изменения формы и размеров заготовки и получение поверхности требуемой шероховатости. В общем случае время равно пути, делённому на скорость. Путь при точении – это длина обработки, скорость – это скорость подачи в м/мин, равная произведению  $n \cdot S$ . Следовательно, при токарной обработке основное технологическое время  $T_0$  (мин) определяется по формуле

$$T_0 = L \cdot i / n \cdot S,$$

где  $L$  – расчётная длина пути режущего инструмента в направлении подачи, мм;  $i$  – число проходов;  $n$  – частота вращения заготовки, об/мин;  $S$  – подача, мм/об.

$$L = l + l_1 + l_2,$$

где  $l$  – расчетная длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1 = t \cdot \text{ctg} \varphi$  – величина врезания резца, мм;

$t$  – глубина резания, мм;  $\varphi$  – главный угол в плане резца;

$l_2 = 1\text{--}3 \text{ мм}$  – выход (перебег) резца.

## 2.3. Расчетно-графическое задание № 2

### 2.3.1. Варианты задания

В табл. 12 и на рис. 7 приведены исходные данные для выполнения второго индивидуального задания.

### 2.3.2. Порядок выполнения задания

1. В соответствии с номером Вашего варианта зарисовать эскиз детали, выписать ее размеры, материал, из которого она изготовлена, его механические свойства и вид заготовки (табл. 12, рис. 7).

2. Составить перечень переходов, необходимых для полного изготовления детали (табл. 13).

3. Сгруппировать переходы в операции и наметить последовательность операций и переходов.

4. Выбрать для каждой операции модель станка, а для каждого перехода – режущий и измерительный инструмент. Указать материал режущего инструмента (табл. 14–16).

5. Определить припуски на обработку и размеры заготовки (табл. 17–19).

6. Подсчитать глубину резания.

7. Определить необходимую подачу (табл. 20–26).

8. Определить скорость резания и уточнить ее с помощью поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные условия обработки (табл. 27–30).

9. Рассчитать частоту вращения шпинделя, которая потребуется для достижения необходимой скорости резания, и выбрать ближайшую меньшую, имеющуюся на станке (табл. 31).

10. Рассчитать основное технологическое (машинное) время  $T_0$  на каждый переход и всю обработку детали в целом.

11. Составить операционно-технологическую карту обработки детали (табл. 32).

### 2.3.3. Контрольные вопросы для защиты задания

1. Что называется производственным процессом?
2. Что называется технологическим процессом?
3. Операция и ее основные элементы.
4. Что называется установкой?
5. Что называется позицией?
6. Переход и его составные части.
7. Что называется проходом?
8. Какие элементы детали являются базами?
9. Какие элементы детали относятся к установочным базам?
10. Поверхности детали, относящиеся к установочным и измерительным базам.
11. Исходные данные для проектирования технологического процесса.
12. Документация технологического процесса.
13. Маршрутные и операционно-технологические карты.
14. Технологические классы деталей, обрабатываемых на токарных станках.
15. Обозначение операций и переходов при заполнении карты технологического маршрута.
16. Обозначение графы “Содержание установок и проходов” при заполнении карты технологического маршрута.
17. Как изображаются заготовки в графе “Схемы установок” при заполнении карты технологического маршрута.
18. Что называется глубиной резания и как она подбирается при черновой обработке?
19. В зависимости от чего назначают глубину резания при чистовой обработке?
20. Что называется подачей?
21. От чего зависит подача при черновой обработке?
22. От чего зависит подача при чистовой обработке?
23. Что называется скоростью резания?
24. В зависимости от чего подбирается скорость резания?
25. Как назначается реальная частота вращения шпинделя?
26. Последовательность выбора элементов режима резания.

Исходные данные для выполнения задания

№ варианта	№ эскиза	Размеры обрабатываемой детали, мм							Обрабатываемый материал и его свойства			
		D	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	L	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	Название	Твёрдость НВ, МПа	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Вид заготовки
1	1	42	25	22	32	74	42	12	сталь	-	400–500	прокат
2	2	40	20	20	30	86	70	50	чугун	1200–1400	–	литая
3	3	78	60	36	50	52	20	25	чугун	1400–1600	–	литая
4	1	64	37	33	48	112	63	18	сталь	–	500–600	литая
5	2	60	36	30	40	100	70	40	чугун	1600–1800	–	литая
6	3	84	72	20	60	76	34	30	чугун	1800–1200	–	литая
7	1	84	50	44	64	148	84	24	сталь	–	600–700	кованая
8	2	80	50	40	56	114	84	68	чугун	2000–2200	–	литая
9	3	96	83	40	64	93	42	32	чугун	2200–2500	–	литая
10	1	105	62	55	80	185	95	30	чугун	1200–1400	–	литая
11	2	96	68	48	72	136	90	56	сталь	–	700–800	литая
12	3	112	94	48	88	112	56	44	сталь	–	800–900	прокат
13	1	126	75	66	96	222	122	36	чугун	1400–1600	–	литая
14	2	144	72	56	96	135	79	62	сталь	–	900–1000	прокат
15	3	120	100	40	80	120	50	50	сталь	–	400–500	литая
16	1	168	100	88	128	296	168	48	чугун	1600–1800	–	литая
17	2	126	84	36	86	170	120	70	сталь	–	500–600	кованая
18	3	132	105	46	96	126	56	64	сталь	–	600–700	кованая
19	1	50	30	28	43	98	54	15	сталь	–	900–1000	литая
20	2	52	31	18	44	92	65	32	чугун	1600–1800	–	литая
21	3	150	76	38	68	66	24	32	чугун	1400–1600	–	литая
22	1	70	46	40	53	135	73	30	сталь	–	800–900	прокат
23	2	135	105	82	120	160	86	54	сталь	–	600–700	кованая
24	3	172	150	24	136	88	32	37	сталь	–	500–600	прокат
25	1	135	86	72	106	270	146	54	сталь	–	700–800	кованая
26	2	160	94	46	116	138	94	32	сталь	-	500-600	прокат
27	3	246	214	18	198	74	28	35	сталь	-	600-700	прокат

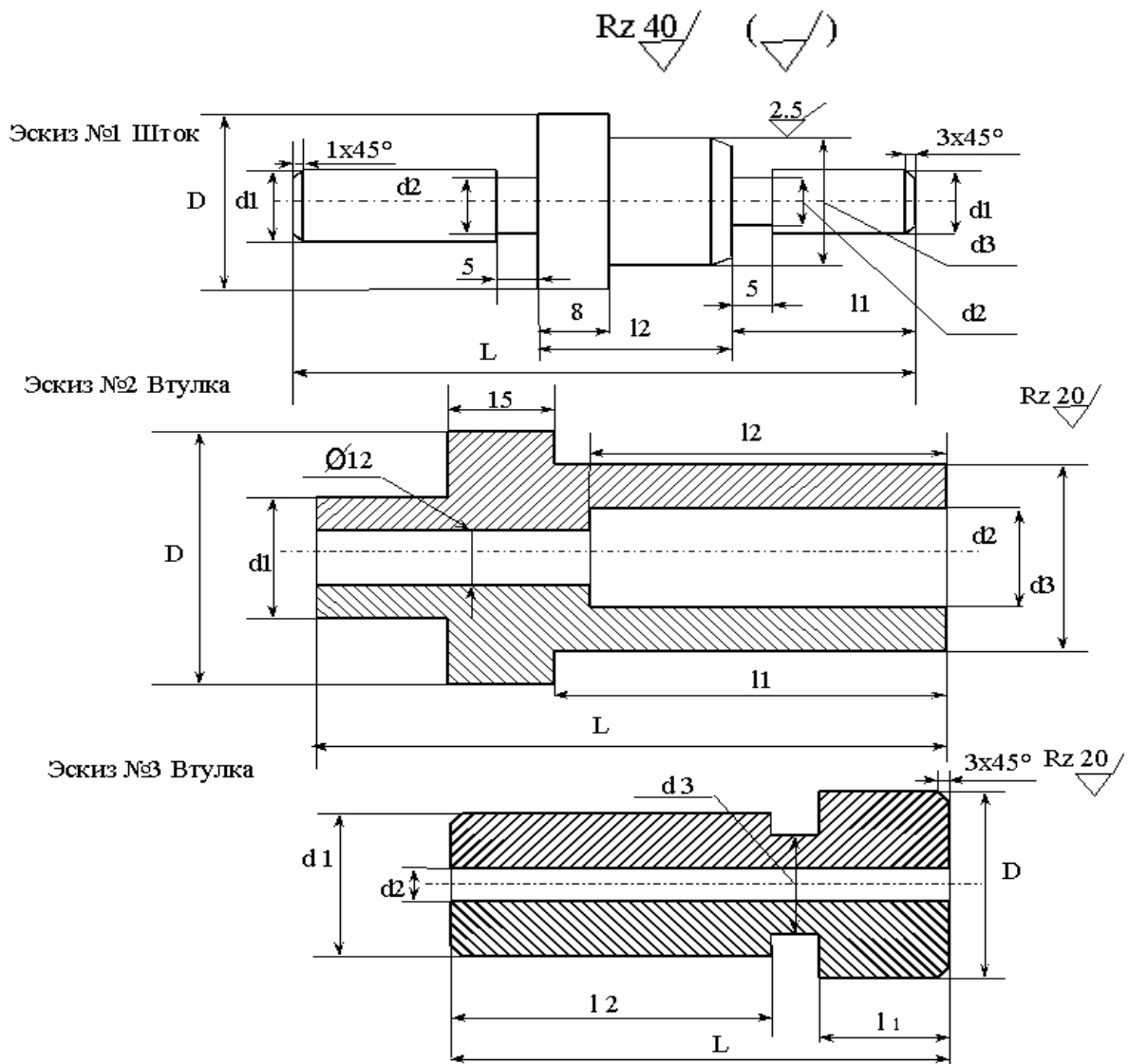


Рис. 7. Эскизы деталей к вариантам задания

## Классификатор переходов

Наименование перехода	Схема перехода
Обточить цилиндр до $\varnothing D$ на длину $L$ начерно (начисто)	
Центровать $\varnothing d$ с одной стороны	
Подрезать торец $\varnothing D$ в размер $B$ (в размер $L$ ) начерно (начисто)	
Сверлить отверстие $\varnothing D$ на глубину $L$	
Расточить отверстие $\varnothing D$ на глубину $L$ начерно (начисто)	
Нарезать резьбу $D \times S$ начерно (начисто)	
Нарезать резьбу $D \times S$ плашкой	
Нарезать резьбу $D \times S$ метчиком начерно (начисто)	



Таблица 14

## Технические характеристики токарных станков

Модель станка	Расстояние между центрами, мм	Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм		Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин	Пределы подач, мм/об		Мощность электродвигателя, кВт
		над станиной	над суппортом		продольных	поперечных	
1612П	500	260	140	33,5–1520	0,008–0,2	0,003–0,007	1,5
ТС135	500	270	140	33,5–2000	0,008–0,2	0,003–0,007	2,8
1615М	750	320	150	44–1000	0,006–2,72	0,025–1,1	2,8
1Б61	750	320	170	16–2000	0,041–1,082	0,013–0,35	4,5
1А61	500	320	170	10–1250	0,041–1,082	0,013–0,35	2,8
1161	750	320	175	16,5–1180	0,05–1,6	0,025–0,8	4,5
ТВ 320	500	320	170	36–2000	0,03–0,49	0,012–0,184	2,8
1А62	750	400	210	11,5–1200	0,082–1,59	0,27–0,52	7
	1000						
	1500						
	2000						
1616	750	320	175	44–1980	0,06–3,6	0,044–2,47	4,5
1Д6М	750	410	210	11,5–1200	0,082–1,59	0,027–0,52	4,3
	1000						
	1500						
1М620	710	400	220	12–3000	0,075–4,46	0,037–4,46	14
	1000						
	1400						
16К20	1000	400	220	18–3000	0,08–1,52	0,08–1,52	14
1624	1000	500	290	10–1400	0,07–4,16	0,035–1	7
1К62Б	710	400	290	12,5–2000	0,075–4,16	0,035–2,08	10
1К62	1000						
	1400						
16Б2П	710	400	220	16–1600	0,05–2,8	0,025–1,4	4,1
	1000						
	1400						
1Д63А	1500	615	345	14–750	0,15–2,65	0,05–0,9	10
1А64	2800	800	450	7,1–750	0,2–3,05	0,07–1,04	20
165	2800	1000	600	5–500	0,2–3,05	0,07–1,04	28
1Д64	3000	1200	570	8–362	0,225–3,15	0,07–0,95	10,4
1658	8000	1000	650	5–500	0,2–3,05	0,07–1,04	28
1660	6300	1250	860	3,15–200	0,19–11,4	0,075–4,5	60

Марки инструментального материала в зависимости  
от вида, характера, условий обработки и обрабатываемого материала

Характер и условия обработки	Рекомендуемые марки инструментальных материалов для обработки					
	Углеродистой и легированной стали	Специальной и труднообрабатываемой стали	Закаленной стали	Чугуна	Цветных металлов и сплавов	Неметаллических материалов
Обточка наружных и торцевых поверхностей и расточка отверстий						
Черновое точение поковок и литья по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании (с ударом)	T5K10 BK8	TT7K12 TT5KB		BK6 BK8	BK6 BK8M BK8 P18	
Черновое точение по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	T15K6 T14K8	T5K10 BK8		BK6 BK8	BK6 BK6M P18	BK2 BK3 BK6
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6 T14K8	T5K10 BK8	T14K8 T5K10	BK8 BK6	BK6	BK3 BK6
Получистовое и чистовое точение при непрерывном резании	T30K4 T14K8	T15K6 T14K8	T15K6 T14K8	BK2 BK6	BK2 BK3	BK2 BK3
Тонкое точение (типа алмазной обработки)	T15K6 T60K6 T30K4	T5K10	T5K10 T30K4 T15K6	BK2 BK3 BK6	BK2 BK3 BK6	BK2 BK3 BK6
Сверление отверстий						
Сплошное сверление	T5K10 B8 P18	BK8 P18	BK6 BK8	BK6 BK8 P18	P18	BK6 BK8 P18
Рассверливание	T15K6 T14K6 P18	T5K10 BK6 P18	BK3 BK6 BK8	BK3 BK8 P18	P18	BK2 BK6 P18

Значения углов  $\varphi$  и  $\varphi_1$  в зависимости от условий обработки

Параметры		Условия обработки
Наименование	Значение	
Главный угол в плане $\varphi$ , град	90	Обтачивание и растачивание ступенчатых заготовок недостаточной жесткости
	80	Отрезание заготовок без бобышек
	60–75	Обтачивание на проход заготовок малой жесткости, растачивание чугуна
	45–60	Обтачивание жестких заготовок проходными резцами
	10–30	Чистовое обтачивание с малой глубиной резания
Вспомогательный угол в плане $\varphi_1$ , град	15	Без врезания проходными резцами с пластинками из твердого сплава
	15	Для проходных резцов при работе с врезанием до 3 мм
	20	Для подрезных и расточных резцов
	1–2	Для прорезных и отрезных резцов
	30–45	Для резцов отогнутых
	0	Для широких резцов

Таблица 17

## Припуски на черновое обтачивание заготовок

Диаметр детали, мм	Припуски (мм) на диаметр при длине детали, мм					
	до 100	100–400	400–800	800–1200	1200–1600	1600–1800
8–18	3,0	3,5	4,0	–	–	–
18–30	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	–
30–50	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0
50–80	4,0	4,5	5,5	6,0	6,5	7,0
80–120	5,5	6,0	7,0	7,5	8,5	9,0
120–200	6,0	7,0	7,5	8,5	9,0	10,0

Примечания: 1. При выделении черного обтачивания в самостоятельную операцию к припускам, указанным в таблице необходимо прибавить припуски на чистовое обтачивание (см табл.18). 2. Полученный диаметр заготовки округляется до ближайшего размера проката по ГОСТу.

Таблица 18

## Припуски на чистовое обтачивание заготовок

Диаметр детали, мм	Припуски (мм) на диаметр при длине детали, мм					
	до 100	100–400	400–800	800–1200	1200–1600	1600–1800
8–18	1,2	1,5	1,5	–	–	–
18–30	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	–
30–50	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0
50–80	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0
80–120	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
120–200	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5

Таблица 19

## Припуски на подрезание торцов и уступов

Диаметр детали, мм	Припуски (мм) при общей длине обрабатываемой детали, мм					
	до 18	18–50	50–120	120–260	260–500	св. 500
до 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
30–50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50–120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
120–260	0,7	0,8	1,0	1,0	1,2	1,4
св. 260	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5

Таблица 20

Подачи при продольном и поперечном точении и растачивании  
Черновая обработка

Диаметр детали, мм	Резцы, оснащенные твердым сплавом Т5К10				
	Глубина резания $t$ , мм				
	3–5	5–8	8–10	10–12	12–15
	Подача $S$ , мм/об				
До 30	0,50–0,45	0,20–0,40			
30–50	0,35–0,60	0,30–0,45	0,25–0,35		
50–100	0,75–1,05	0,60–0,85	0,45–0,70		
100–150	1,10–1,40	0,90–1,15	0,70–0,95	0,55–0,70	0,45–0,60
150–200	1,50–1,70	1,15–1,75	0,90–1,15	0,70–0,90	0,65–0,80
200–300		1,50–1,75	1,15–1,45	0,30–1,15	0,80–1,00
300–400			1,50–1,75	1,20–1,50	1,05–1,30
> 400			1,80–2,20	1,60–2,00	1,30–1,70

Диаметр детали, мм	Резцы, оснащенные твердым сплавом Т15К6			
	Глубина резания $t$ , мм			
	До3	3–5	5–8	8–10
	Подача $S$ , мм/об			
До 30	0,20–0,40	0,20–0,35		
30–50	0,45–0,55	0,3–0,40	0,25–0,30	
50–100	0,65–0,75	0,50–0,60	0,40–0,50	
100–150	0,80–0,90	0,70–0,80	0,60–0,70	0,45–1,60
150–200	0,90–1,00	0,80–0,90	0,75–0,85	0,65–0,80
200–300		0,90–1,00	0,85–0,95	0,80–0,90
300–400			0,95–1,00	0,95–1,00
> 400			0,95–1,00	0,95–1,00

Диаметр детали, мм	Резцы, оснащенные твердым сплавом ВК8 или ВК6					
	Глубина резания $t$ , мм					
	3–5	5–8	8–12	12–16	16–20	20–30
	Подача $S$ , мм/об					
До 30	0,35–0,65	0,30–0,50				
30–50	0,70–0,90	0,50–0,70	0,40–0,50			
50–100	1,05–1,40	0,85–1,20	0,65–1,00			
100–150	1,55–1,90	1,25–1,60	1,00–1,30	0,75–1,00	0,65–0,85	0,5–0,65
150–200	1,30–2,30	1,60–1,95	1,25–1,80	1,05–1,30	0,90–1,10	0,65–0,9
200–300		2,10–2,45	1,70–2,05	1,40–1,70	1,15–1,45	0,90–1,1
300–400			2,20–2,40	1,80–2,10	1,40–1,75	1,2–1,35
> 400			2,50–3,10	2,04–2,40	1,70–2,30	1,55–1,8

Таблица 21

**Поддачи при чистовом обтачивании  
твердосплавными и быстрорежущими резцами**

Класс шероховатости	Обтачиваемый материал	Поддачи (мм/об) при радиусе при вершине резца		
		0,5	1	2
Rz от 40 до 20	Сталь	0,40–0,55	0,55–0,65	0,65–0,70
	Чугун и медные сплавы	0,25–0,40	0,40–0,50	0,5
Rz от 20 до 10	Сталь	0,20–0,30	0,30–0,45	0,35–0,50
	Чугун и медные сплавы	0,15–0,25	0,20–0,40	0,35–0,50
Ra от 2,5 до 1,25	Сталь	0,11–0,18	0,14–0,24	0,18–0,32
	Чугун и медные сплавы	0,10–0,15	0,12–0,20	0,20–0,35

Таблица 22

**Поддачи при черновом подрезании торцов и уступов**

Глубина резания, мм	2	3	4	5
Поддача, мм/об	0,4–1,0	0,35–0,60	0,3–0,5	0,3–0,4

Примечание: а) меньшие значения брать для твердых материалов;  
б) большие значения брать для мягких материалов.

Таблица 23

**Поддачи при чистовом подрезании торцов и уступов**

Класс шероховатости	Глубина резания, мм	Поддачи (мм/об) при диаметре обрабатываемой заготовки, мм						
		До 30	31–60	61–100	101–150	151–300	301–500	Св. 500
Rz от 40 до 20	До 2	0,08–0,20	0,15–0,30	0,25–0,40	0,30–0,50	0,35–0,70	0,40–0,80	0,45–0,90

Таблица 24

Подачи (ручные) и скорости резания при сверлении отверстий  
сверлами из быстрорежущей стали

Диаметр сверла, мм	Обрабатываемый материал			
	Сталь		Чугун	
	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
5–10	0,05–0,15	50–30	0,10–0,20	45–30
10–15	0,10–0,20	40–25	0,15–0,35	35–25
15–20	0,15–0,30	35–23	0,30–0,60	27–21
20–25	0,20–0,35	30–20	0,40–0,80	24–20
25–30	0,25–0,50	25–18	0,50–1,00	23–18

Таблица 25

Подачи (ручные) и скорости резания при рассверливании отверстий  
сверлами из быстрорежущей стали

Диаметр обрабаты- ваемого ма- териала, мм	Обрабатываемый материал									
	Подача, мм/об	Сталь				Подача, мм/об	Чугун			
		Скорость резания (м/мин) при диаметре предварительно про- сверленного отверстия, мм					Скорость резания (м/мин) при диаметре предварительно про- светленного отверстия, мм			
		10	15	20	30		10	15	20	30
25	0,2	35	40			0,2	38	40		
	0,3	30	32			0,3	32	35		
	0,4	26	28			0,5	27	28		
30	0,3	30	32	34		0,3	34	35	37	
	0,4	25	27	29		0,4	30	31	32	
	0,6	21	22	24		0,6	25	26	27	
40	0,3		27	28	32	0,3		31	32	31
	0,4		24	25	28	0,5		28	29	20
	0,6		19	20	23	0,7		23	24	26
50	0,3			26	29	0,3			30	31
	0,4			23	25	0,5			25	26
	0,6			19	20	0,7			21	22

## Выбор ширины резца и подачи при работе отрезными резцами

Диаметр обрабатываемой заготовки, мм, не более	Ширина резца, мм	Подача (мм/об) для обрабатываемого материала		
		Сталь и стальное литье		Чугун и медные сплавы
		$\sigma_B \leq 800$ МПа	$\sigma_B > 800$ МПа	
20	3	0,08–0,10	0,06–0,08	0,11–0,14
30	3	0,10–0,12	0,08–0,10	0,13–0,16
40	3–4	0,12–0,14	0,10–0,12	0,16–0,19
60	4–5	0,15–0,18	0,13–0,16	0,20–0,22
80	5–6	0,18–0,20	0,16–0,18	0,22–0,25
100	6–7	0,20–0,25	0,18–0,20	0,25–0,30
125	7–8	0,25–0,30	0,20–0,22	0,30–0,35
150	8–10	0,30–0,35	0,22–0,25	0,35–0,40

**Примечание:** 1. Большие значения подач следует брать для больших диаметров и мягких материалов, меньшие – для меньших диаметров и твердых материалов.

2. При требовании получить шероховатость поверхности 4–6-го класса, при нежестком закреплении заготовки и при работе с ручной подачей, табличные значения подач уменьшить на 30–40 %. 3. При отрезании сплошного материала (без центрального отверстия в обрабатываемой заготовке) после углубления резца приблизительно на половину радиуса заготовки следует подачу уменьшить вдвое.



Скорость резания  $V$  в м/мин при обтачивании, подрезании и растачивании

Вид обработки	Глубина резания, мм	Обрабатываемый материал													
		Сталь							Чугун						
		Скорость резания (м/мин) при подаче, мм/об													
		0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
Черновая обработка	3	198	166	157	140	127	–	–	138	121	111	100	91	–	–
	4	190	160	150	134	122	117	–	132	115	107	95	87	80	–
	6	178	150	141	126	113	112	98	124	109	100	89	82	76	82
	8	–	144	131	121	110	105	94	–	104	96	86	78	73	78
	10	–	–	127	117	106	100	90	–	–	93	83	76	70	76
	12	–	–	–	113	103	98	88	–	–	–	80	74	68	73
Чистовая обработка	Глубина резания, мм	Обрабатываемый материал													
		Сталь							Чугун						
		Скорость резания (м/мин) при подаче, мм/об													
		0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60		
	1,0	270	235	222	–	–	–	187	176	162	–	–	–		
	1,5	253	220	208	199	–	–	175	165	152	144	–	–		
	2,0	244	211	199	191	176	166	168	158	145	138	127	118		

Примечание: При подрезании торцов и уступов, а также при растачивании необходимо величину скорости резания умножить на коэффициент 0,8 – 0,9.

Таблица 28

Поправочные коэффициенты к таблицам скорости резания твердосплавными резцами

Стойкость резца	Обработка стали и чугуна резцом $\varphi_1 > 0$	T, мин	30	45	60	90	120	180
		K <sub>1</sub>	1,15	1,06	1,00	0,92	0,87	0,80
	Обработка стали резцами $\varphi_1 = 0$	T, мин	20	30	45	60	75	90
		K <sub>1</sub>	1,16	1,08	1,00	0,95	0,91	0,88
Обрабаты- ваемый материал	Сталь	$\sigma_b$ , МПа	400–500	500–600	600–700	700–800	800–900	900–1000
		K <sub>2</sub>	1,65	1,35	1,15	1,00	0,88	0,75
	Чугун	HB, МПа	1200–1400	1400–1600	1600–1800	1800–2000	2000–2200	2200–2500
		K <sub>2</sub>	1,60	1,34	1,15	1,00	0,88	0,77
Обрабатываемая поверхность		Состояние	Без корки		С коркой		С загрязненной поверхностью	
		K <sub>3</sub>	1		0,80–0,85		0,50–0,60	
Материал резца	Обработка стали	Марка	T30K4	T15K6T	T15K6		T14K8	T5K10
		K <sub>4</sub>	1,40	1,15	1,00		0,80	0,65
	Обработка чугуна	Марка	BK2	BK3	BK6		BK8	
		K <sub>4</sub>	1,20	1,15	1,00		0,83	
Главный угол в плане резца	Обработка стали	$\varphi$ , град	30	45	60		75	90
		K <sub>5</sub>	1,13	1,00	0,92		0,86	0,81
	Обработка чугуна	$\varphi$ , град	30	45	60		75	90
		K <sub>5</sub>	1,20	1,00	0,88		0,83	0,79

Таблица 29

Скорость резания при отрезании стали и чугуна  
твердосплавными резцами

Обрабатываемый материал		Скорость резания (м/мин) при подаче, мм/об					
		0,08	0,12	0,16	0,20	0,30	0,40
Сталь кон- струкционная углеродистая и легирован- ная	$\sigma_B$ , МПа						
	440–490	245	193	153	120	95	75
	500–550	218	172	136	107	85	67
	560–620	193	153	120	95	75	59
	630–700	172	136	107	85	67	53
	710–790	153	120	95	75	59	47
	800–890	136	107	85	67	53	42
	900–950	120	95	75	59	47	37
Чугун серый	НВ, МПа						
	150–156	105	95	84	75	66	59
	157–164	100	89	79	70	62	55
	165–172	95	84	75	66	59	52
	173–181	89	79	70	62	55	49
	182–190	84	75	66	59	52	46

Таблица 30

Поправочные коэффициенты  $K_1$ ,  $K_2$

Стойкость резца	Т, мин	45	60	90	120
	$K_1$	1,06	1,00	0,92	0,87
Материал резца	Марка твердого сплава	T5K10	T15K6	BK6	BK8
	$K_2$	1,0	1,54	1,0	0,89

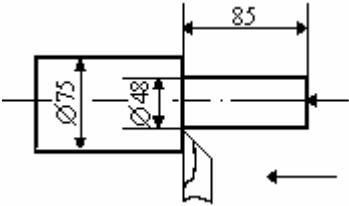
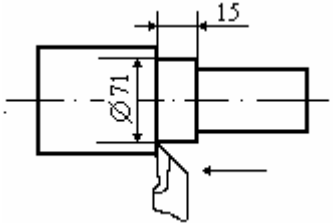
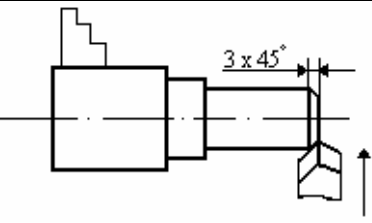
Таблица 31

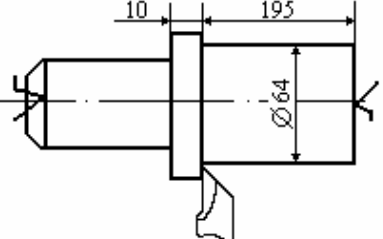
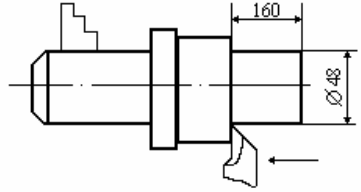
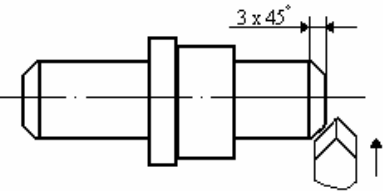
## Числа оборотов в минуту шпинделя станка 1К62

№ ступеней	Число оборотов в минуту шпинделя		№ ступеней	Число оборотов в минуту шпинделя	
	Прямое вращение	Обратное вращение		Прямое вращение	Обратное вращение
1	12,5		13	200	302
2	16	19	14	250	
3	20	30	15	315	
4	25		16	400	475
5	31,5	48	17	500	
6	40		18	630	755
7	50	75	19	630	950
8	63		20	800	
9	80	121	21	1000	1510
10	100		22	1250	
11	125		23	1600	2420
12	160	190	24	2000	

## Операционно-технологическая карта токарной обработки

Наименование детали			Эскиз детали				Оборудование рабочего места						
Вал							Токарно-винторезный станок 1К62						
Материал		Род заготовки и ее размер					ВЦ-200						
Сталь 45 $\sigma_B = 600$ МПа		Прокат $\varnothing 75 \times 290$ мм					РМЦ-710 N-10 кВт						
№ операции	Установка	№ переходов	Содержание установок и переходов	Эскиз операционной обработки	Инструмент		Приспособление	Режим резания					
					Режущий	Измерительный		Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Скорость резания $V$ , м/мин	Частота вращения $n$ , об/мин	Число проходов $i$	Основное время, $T_o$ , мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	A		Установить заготовку в центре и закрепить				Вращающийся центр						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		1	Обточить цилиндр Ø75 до Ø48 на длину 85 мм		Резец проходной упорный Т15К6	Штангенциркуль, линейка		6 и 1,5	0,3 и 0,47	178	800	3	1,11
		2	Обточить цилиндр Ø75 до Ø71 на длину 15 мм		Резец проходной упорный Т15К6	Штангенциркуль, ли- нейка		2	0,47	178	800	1	0,04
		3	Проточить фаску 3 × 45°		Резец фасочный Т15К6 45°			3	0,11	124	800	1	0,04

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
II	A		Перевернуть заготовку и закрепить в центре				Поводковый и вращающиеся центры						
		1	Обточить $\varnothing 75$ до $\varnothing 64$ на длину 195 мм					5,5	0,3	178	800	1	0,85
		2	Обточить $\varnothing 64$ до $\varnothing 48$ на длину 160 мм		Резец проходной упорный Т15К6	Штангенциркуль, линейка		5 и 3	0,3	178	1000	2	1,1
		3	Проточить фаску $3 \times 45^\circ$		Резец фасочный Т15К6			3	0,11	124	800	1	0,04

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов, Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки [Текст] : учеб. для вузов / Б.И. Горбунов. – Киев: Машиностроение, 1981. – 287 с.
2. Дриц, М.Е. Технология конструкционных материалов и материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / М.Е. Дриц, М.А. Москалев. – М.: Высш. шк., 1990. – 447 с.
3. Металловедение и технология металлов [Текст] : учеб. для вузов / Ю.П. Солнцев [и др.]; под ред. Ю.П. Солнцева. – М.: Металлургия, 1988. – 512 с. – ISBN 5-229-00084-8.
4. Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту [Текст] : учеб. пособие / Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 444 с.
5. Технология конструкционных материалов [Текст] : учеб. для вузов / А.М. Дальский [и др.]; под общ. ред. А.М. Дальского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 448 с. – ISBN 5-217-01116-5.
6. Технология металлов и материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Б.В. Кнорозов [и др.]; под общ. ред. Л.Ф. Усовой. – М.: Металлургия, 1987. – 800 с.
7. Технология обработки конструкционных материалов [Текст] : учеб. для вузов / П.Г. Петруха [и др.]; под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Высш. шк., 1991. – 512 с. – ISBN 5-06-000703-0.
8. Фетисов, Г.П. Материаловедение и технология металлов [Текст] : учеб. для студентов вузов / Г.П. Фетисов и др. – М.: Высш. шк., 2001. – 637 с.
9. Чернов, Н.Н. Металлорежущие станки [Текст] : учеб. для вузов / Н.Н. Чернов – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.
10. Китаев, А. М. Китаев Я. А. Справочная книга сварщика [Текст] / А.М. Китаев, Я. А. Китаев. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие		3
Глава 1.	Электродуговая сварка	4
1.1.	Основные теоретические сведения	4
1.2.	Расчетно-графическое задание № 1	10
1.2.1.	Варианты задания	10
1.2.2.	Порядок выполнения задания	11
1.3.	Компьютерная поддержка выполнения задания	11
1.4.	Информационно-справочные данные	11
1.5.	Контрольные вопросы для защиты задания	12
Глава 2.	Разработка технологического процесса токарной обработки детали	17
2.1.	Основные понятия о технологическом процессе и его составных частях	17
2.1.1.	Понятие о базах и их выборе	19
2.1.2.	Понятие о проектировании технологических процессов	20
2.1.3.	Технологическая документация и технологическая дисциплина	22
2.1.4.	Типизация технологических процессов	23
2.1.5.	Построение и оформление технологического маршрута	26
2.2.	Выбор рациональных режимов резания при точении	30
2.2.1.	Основное технологическое (машинное) время	35
2.3.	Расчетно-графическое задание № 2	36
2.3.1.	Варианты задания	36
2.3.2.	Порядок выполнения задания	36
2.3.3.	Контрольные вопросы для защиты задания	37
Список литературы		56

Позиция № 286  
в плане издания  
учебной литературы  
МГУ на 2009 г.

*Учебное издание*

Виктор Алексеевич Килин  
Светлана Борисовна Малышко

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Компьютерная верстка А.П. Герасимова

---

3,6 уч.-изд.л.  
Тираж 125 экз.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Заказ №

---

Отпечатано в типографии ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского  
690059, Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а