

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»
Кафедра «Технология металлов»

Э.Г. Бабенко

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
СВАРКИ, НАПЛАВКИ, ОБРАБОТКИ
СПЛАВОВ РЕЗАНИЕМ И ДАВЛЕНИЕМ**

Рекомендовано
Методическим советом ДВГУПС
в качестве учебного пособия

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2011

УДК 621.791 (075.8) + 621.91 (075.8)
ББК К 64я73
Б 124

Рецензенты:

Кафедра «Литейное производство и технология металлов»
Тихоокеанского государственного университета
(заведующий кафедрой доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации
Ри Хосен)

Доктор технических наук, профессор
Института водных и экологических проблем,
заслуженный деятель науки
Российской Федерации
А.Д. Верхотуров

Бабенко, Э.Г.

Б 124 Технологические процессы сварки, наплавки, обработки сплавов резанием и давлением: учеб. пособие / Э.Г. Бабенко. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2011. – 105 с.: ил.

Учебное пособие соответствует ГОС ВПО направлений подготовки дипломированных специалистов 190300 «Подвижной состав железных дорог», 192000 «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы» специальностей 190301 «Локомотивы», 190302 «Вагоны», 190303 «Электрический транспорт железных дорог», 190205 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» по дисциплине «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

Рассмотрены теоретические основы технологических процессов электрической дуговой сварки, наплавки, обработки сплавов резанием и давлением. Главное внимание уделено порядку расчетов режимов отмеченных технологий. Учебное пособие содержит задания на контрольные работы № 1, 2, 3.

Предназначено для студентов 2-го и 3-го курсов всех форм обучения, выполняющих контрольные работы. Может быть полезно для инженерно-технических работников и аспирантов.

УДК 621.791 (075.8) + 621.91 (075.8)
ББК К 64я73

© ДВГУПС, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение объема перевозок имеющимся подвижным составом за счет повышения его работоспособности, увеличения ресурса деталей, улучшения качества текущих и капитальных ремонтов – актуальнейшая проблема железнодорожной отрасли в настоящее время.

Одним из направлений решения этой проблемы является восстановление деталей технических устройств. Ведущая роль в этом отводится сварке, наплавке и обработке металлов резанием, так как при ремонте подвижного состава до 75 % всего объема работ приходится на отмеченные технологии. Высокую значимость при восстановлении узлов и агрегатов имеет обработка металлов давлением. По целому ряду наиболее металлоемких и дорогостоящих изделий (рамы локомотивов и вагонов, блоки дизелей, колесные пары, автосцепки и др.) вторичное применение восстановленных деталей значительно больше, чем потребление новых запасных частей. Себестоимость восстановления для большинства деталей не превышает 56...60 % стоимости новых, а расход материалов в 20...25 раз меньше, чем на их изготовление.

Основной задачей наплавочных работ является формирование на поверхностях изделий покрытий с высоким уровнем физико-механических свойств, соответствующих тяжелым условиям эксплуатации (большие вибрации, ударные нагрузки на стыках рельсов, абразивная среда, создаваемая завихрениями воздушного потока при значительных скоростях движения поездов, существенные колебания температур и т. д.). Кроме высоких эксплуатационных свойств, покрытия должны удовлетворять требованиям рациональной технологии ремонта, обладать хорошей свариваемостью и обрабатываемостью, быть относительно дешевыми.

В настоящее время промышленностью производится широкий ассортимент сварочно-наплавочных материалов: 30 марок стальной наплавочной проволоки, более 40 типов покрытых электродов, порошковая проволока, прутки, ленты, порошки, флюсы и др. Однако такое многообразие не облегчает проблему формирования заданных эксплуатационных свойств покрытий, так как каждый тип электродного материала предназначен для сварки или наплавки определенной группы сплавов с фиксированным химическим составом. Учитывая, что технические средства транспорта постоянно пополняются новыми конструктивными сплавами, становится проблематичным подбор для их сварки и наплавки необходимого присадочного материала. Кроме того, из-за небольшой продолжительности срока годности последних и ограниченных оборотных средств ремонтных предприятий большинство из них не в состоянии иметь регулярно пополняемый запас.

Существенное значение для формирования покрытий, соответствующих требованиям нормативной документации, имеет также разработка рациональных технологических процессов сварки и наплавки (расчет режимов, выбор источников питания сварочной дуги, определение времени сварки и наплавки и др.).

На работоспособность восстановленных поверхностей изделий принципиальное влияние оказывает точность геометрических параметров и чистота обработки после наплавки. Ещё на стадии зарождения науки о резании металлов первостепенное внимание исследователями уделялось материалам и геометрии режущего инструмента, подаче, глубине и скорости резания. Расчет режимов при механической обработке, как правило, ведется по следующей схеме: $t-s-v$, т. е. устанавливаются глубина резания и подача с последующим определением наиболее рациональной скорости резания.

При использовании технологий обработки металлов давлением можно существенно снизить стоимость ремонта за счет изготовления на предприятиях железных дорог, занимающихся восстановлением технических устройств, значительной номенклатуры деталей.

Следовательно, для квалифицированного решения проблем восстановления деталей подвижного состава, повышения их ресурса от инженеров-механиков требуется глубокий анализ систем: «сварочно-наплавочные и инструментальные материалы – технологии – свойства покрытий» с последующим установлением на его основе наиболее рациональных технологических процессов ремонта.

Настоящее пособие преследует цель помочь студентам:

- освоить теоретические основы ведущих разделов дисциплины «Технология конструкционных материалов» (сварка, обработка металлов резанием и давлением);

- приобрести практические навыки выбора сварочно-наплавочных и инструментальных материалов для формирования заданных свойств поверхностей восстанавливаемых изделий, разработки наиболее рациональных технологических процессов наплавки, обработки сплавов резанием и изготовлением деталей давлением

Наряду с теоретическими положениями, в пособии приводятся задания на контрольные работы № 1, 2, 3 и методические рекомендации по их выполнению.

1. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

1.1. Определение свариваемости сплавов

Под свариваемостью понимается сочетание технологических свойств образовывать в процессе сварки соединения, отвечающие конструктивным и эксплуатационным требованиям, предъявляемым к сварным соединениям.

В общем случае свариваемость материала есть комплексное свойство, определяемое его составом и физическими свойствами.

Наиболее сильное влияние на свариваемость оказывают химический состав металла, теплофизические и механические свойства, а также специальные физико-химические свойства, которые определяют активность реакций, протекающих в сварочной ванне и зоне термического влияния.

Общим недостатком для металла, нагреваемого при сварке в зоне термического влияния до температуры выше температуры фазовых превращений, является образование в закаливаемых сплавах закалочных структур, что приводит к снижению пластических свойств и хрупкому разрушению как в процессе формирования сварного соединения (холодные трещины), так и в процессе эксплуатации изделий.

Наибольшая опасность образования закалочных структур представляется для углеродистых сталей с содержанием углерода более 0,25 %, низко- и среднелегированных сталей, титановых сплавов и др. Следует отметить, что при одинаковом содержании углерода чувствительность стали к образованию закалочных структур и склонность к образованию трещин тем выше, чем больше в них содержится легирующих элементов, степень влияния которых не одинакова и может быть оценена по различным признакам, один из них – эквивалент по углероду (C_3), показывающий чувствительность сварного соединения к образованию холодных трещин. Наиболее часто для его расчета используется следующая формула

$$C_3 = C + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{14} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{P}{2}.$$

При величине $C_3 < 0,25$ предварительного нагрева зоны сварки не требуется. Однако после сварки желательна термообработка для снятия внутренних напряжений.

Если C_3 находится в пределах 0,25...0,35 желателен подогрев перед сваркой с обязательной термообработкой после сварки.

При $C_3 = 0,35...0,45$ необходим подогрев перед сваркой, желателен сопутствующий сварке подогрев и обязательная термообработка после сварки.

В случае если $C_3 > 0,45$ требуется создание термического цикла сварки, устраняющего образование закалочных структур (предварительный и сопутствующий подогревы, сварка короткими участками, термическая обработка сварного соединения непосредственно после сварки и т. д.). Не-

обходимо применение мер по снижению содержания водорода в металле сварного соединения (тщательная подготовка поверхностей кромок, использование флюсов и электродных покрытий с низким содержанием водорода и его соединений и др.). Желательно использование технологических приемов, снижающих остаточные напряжения (сварка каскадом, применение приспособлений, создающих напряжения сжатия и т. д.).

Температура предварительного подогрева свариваемого изделия рассчитывается по формуле

$$T = \sqrt{C_{об} - 0,25},$$

где $C_{об}$ – общий эквивалент по углероду:

$$C_{об} = C_{э} (1 + 0,005 S);$$

S – толщина свариваемого металла.

Чувствительность сварного соединения к образованию горячих трещин HCS можно определить по формуле

$$HCS = \frac{C [S + P + Si/25 + Ni/100]}{3Mn + Cr + Mo + V} 10^3.$$

Если $HCS < 4$, то горячие трещины в сварном шве не образуются. Для высокопрочных сталей значительной толщины необходимо, чтобы значения HCS были менее 1,6...2,0.

Показателем, указывающим на охрупчивание стали из-за структурных превращений, является твердость зоны термического влияния. Для углеродистых и низколегированных сталей твердость зоны термического влияния должна быть не выше HV 350. Возможная максимальная твердость определяется расчетным путем:

$$HV_{max} = 90 + 1050 C + 47 Si + 75 Mn + 30 Ni + 31 Cr.$$

1.2. Подготовка к сварочно-наплавочным работам

В зависимости от характера сварочно-наплавочных работ выполняются следующие подготовительные операции: зачистка места сварки или наплавки металлическими щетками; удаление загрязнений, ржавчины, остатков масел. При наличии на детали отверстий, шпоночных канавок их необходимо закрыть пробками или временными шпонками из малоуглеродистой стали.

Концы трещин выявляются нагревом, накерниваются и производится их засверловка.

Подготовку кромок под сварку следует выполнять механической обработкой (на токарном или строгальном станке, фрезерованием, пневматическим или ручным зубилом, крейцмейселем и др.). При подготовке кромок у деталей из малоуглеродистой стали разрешается использование га-

зовой резки с последующей механической зачисткой поверхности реза до получения чистого металла. При подготовке кромок газовой резкой на деталях из сталей, содержащих более 0,3 % углерода, поверхность реза необходимо обработать механическим способом на глубину не менее 3 мм.

При выборе формы разделки кромки (рис. 1.1) следует иметь в виду, что наиболее экономичной является I-образная без скоса кромок. В сравнении с V-образной более экономичными являются X-образные двухсторонние формы разделки кромки. Однако они могут быть реализованы при возможности доступа к обеим сторонам детали.

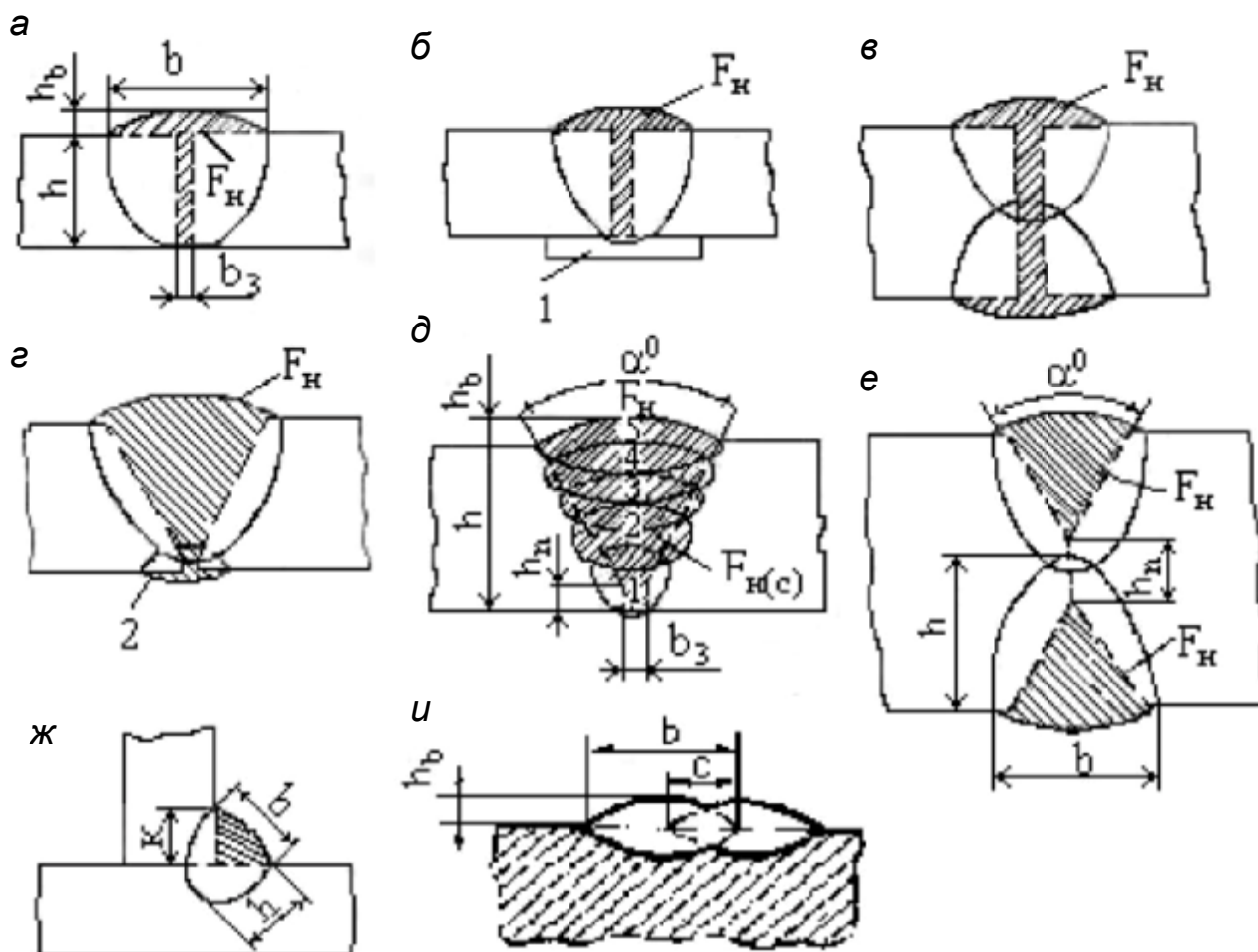


Рис. 1.1. Размеры и форма разделки кромок и сварного шва: а – I-образная (без скоса кромок), односторонний стыковой шов; б – то же с металлической (остающейся) подкладкой 1; в – I-образная (без скоса кромок), двухсторонний стыковой шов; г – V-образная, стыковой шов с подваркой 2 корня шва; д – V-образная, многопроходной стыковой шов (цифры указывают номер прохода – слоя); е – X-образная, двухсторонний стыковой шов; ж – угловой шов (без скоса кромки вертикального элемента); и – расположение валиков при наплавке

При заварке несквозных трещин чаще всего используется V-образная разделка, при заварке сквозных – X-образная.

Площадь поперечного сечения шва определяется геометрическим расчетом. При этом высота усиления шва h_b при сварке назначается в пределах $0,1...0,3$ толщины металла детали δ , а при заварке трещины – $0,2...0,3$ от глубины трещины.

Размеры валиков при однопроводной сварке можно принять равной $0,3...0,7 \text{ см}^2$.

При многопроходной заварке трещины сечение первого слоя не должно превышать $0,3...0,35 \text{ см}^2$ и может быть определено по формуле

$$F_1 = (6...8) d_э.$$

При многослойной наплавке наложение последующих слоев необходимо проводить после полного остывания предыдущих и зачистки последних до металлического блеска.

1.3. Выбор источника питания

Сварочная дуга является мощным дуговым разрядом в ионизированной среде газов и паров металла. Характеристиками дуги являются ее ток I_d и напряжение U_d . Статическая вольт-амперная характеристика дуги (рис. 1.2) показывает зависимость $U_d = f(I_d)$ при постоянной длине дуги ($L_d = \text{const}$). Она имеет три характерных участка: падающий I, жесткий II и возрастающий III.

Крутопадающая характеристика дуги (участок I) бывает при плотности тока не более $10...12 \text{ А/мм}^2$. При увеличении I_d увеличиваются поперечное

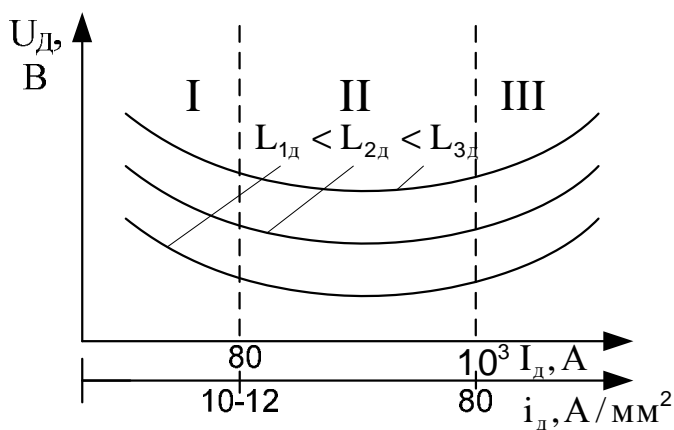


Рис. 1.2. Статические вольт-амперные характеристики дуги

сечение столба дуги и электропроводность, причем увеличение последней идет с некоторым опережением роста тока дуги. Поэтому на участке I напряжение дуги при увеличении тока падает.

При дальнейшем увеличении I_d (участок II) пропорционально ему растут площадь поперечного сечения столба дуги и плотность тока. В связи с этим напряжение дуги остается практически неизменным. Такое состояние характерно для дуг с плотностью тока

$12...80 \text{ А/мм}^2$, т. е. практически во всем диапазоне режимов сварки штучными электродами, неплавящимися электродами и под флюсом при плотностях тока до 80 А/мм^2 .

При сварке плавящимся электродом в защитных газах на форсированных режимах под флюсом (когда плотность тока более 80 А/мм^2) при увеличении $I_{\text{д}}$ резервы роста сечения столба дуги исчерпаны, поэтому он сжимается и вызывает увеличение напряжения $U_{\text{д}}$. На таких режимах статическая характеристика дуги (участок III) становится возрастающей.

В процессе сварки дуга и источник ее питания образуют взаимосвязанную систему. Устойчивость горения дуги и стабильность режима сварки зависят как от условий существования дугового разряда, так и от свойств и параметров источников питания, но в первую очередь, от внешней характеристики источника.

Внешней характеристикой источника питания сварочной дуги называется зависимость между напряжением на его зажимах $U_{\text{ип}}$ и током $I_{\text{св}}$, протекающим в сварочной цепи при нагрузке, т. е. $U_{\text{ип}} = f(I_{\text{св}})$.

Существуют следующие внешние характеристики источников питания: падающие, пологопадающие, жесткие, возрастающие (рис. 1.3). Установившийся режим работы системы определяется точкой пересечения (рис. 1.4) внешней характеристики источника 1 и вольт-амперной характеристики дуги 2, т. е. для нормального протекания процесса сварки необходимо равенство напряжений на дуге и клеммах источника питания ($U_{\text{д}} = U_{\text{ип}}$). Однако устойчивое ее горение будет при токе, соответствующем точке В. Ток, соответствующий точке А ($I_{\text{А}}$) является током зажигания дуги. После появления последней он автоматически повысится до рабочей величины $I_{\text{В}}$.

Выбор источника питания сварочной дуги по типу внешней характеристики производится в зависимости от способа сварки.

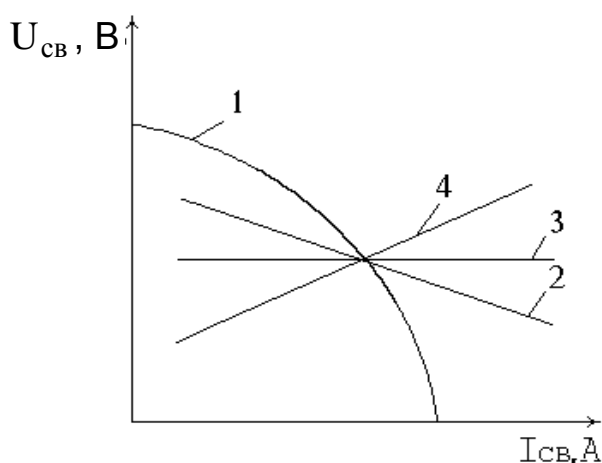


Рис. 1.3. Внешние характеристики источников питания: 1 – падающая; 2 – пологопадающая; 3 – жесткая; 4 – возрастающая

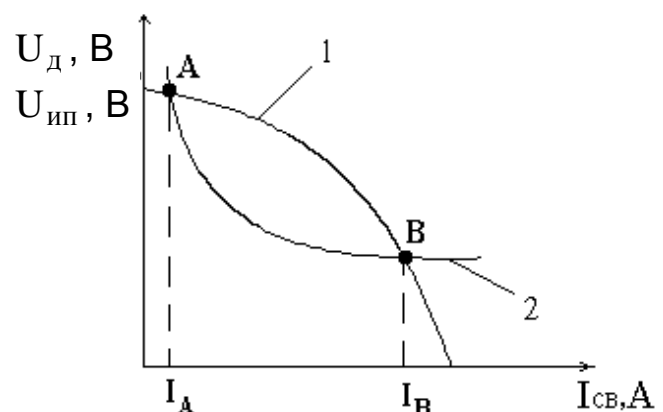


Рис. 1.4. Внешняя характеристика источника питания (1) и вольт-амперная характеристика дуги (2): $I_{\text{А}}$ – ток зажигания; $I_{\text{В}}$ – ток устойчивого горения дуги

Если форма характеристики дуги падающая, то внешняя характеристика источника питания (рис. 1.5) должна быть более крутопадающей. При жесткой характеристике дуги характеристика источника должна быть пологопадающей или жесткой, но в меньшей степени, чем характеристика дуги. И при возрастающей вольт-амперной характеристике дуги принимается источник питания с жесткой или слегка возрастающей характеристикой.

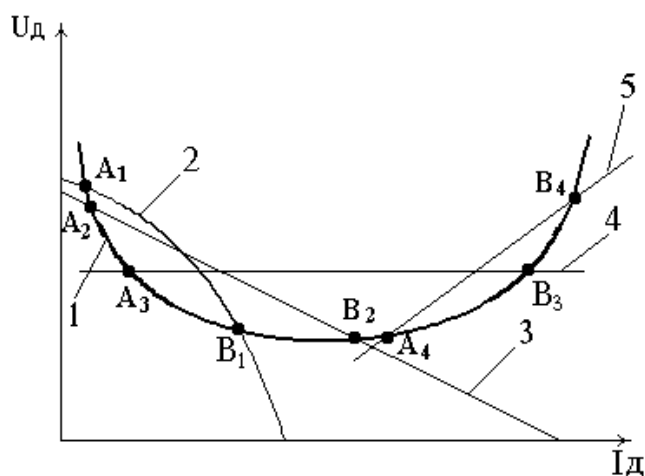


Рис. 1.5. Характеристики системы «дуга–источник питания»: 1 – вольт-амперная характеристика дуги; 2, 3, 4, 5 – внешние характеристики источников питания

При ручной сварке, как правило, имеют место значительные колебания длины дуги, а соответственно и напряжения на дуге, но режим сварки при этом должен быть стабильным.

Значит в этом случае, чем круче характеристика источника питания, тем более устойчива дуга, т. е. тем меньше изменение тока при изменении длины дуги.

При автоматической сварке плавящимся электродом происходит саморегулирование, при котором длина дуги после изменения восстанавливается автоматически за счет изменения тока и соответственно скорости плавления проволоки. Явление саморегулирования наиболее сильно проявляется при повышении плотности тока в электроде.

Следовательно, источники питания сварочной дуги с крутопадающей внешней характеристикой используются, как правило, при ручной сварке, при сварке неплавящимся электродом в среде защитных газов и для сварки под флюсом при сравнительно небольших плотностях тока.

Источники с другими типами внешних характеристик рекомендуются для сварки и наплавки под флюсом на форсированных режимах со значительной плотностью тока, сварки тонкой проволокой, электрошлаковой сварки и др.

Таким образом, для определенного способа сварочно-наплавочных работ должен быть подобран источник питания с такой внешней характеристикой, при которой система «дуга – источник питания» в рабочем режиме будет устойчива.

В прил. 1 (табл. 1–7) приведены технические характеристики некоторых источников питания сварочной дуги.

1.4. Расчет режимов сварки

1.4.1. Ручная сварка покрытыми электродами

Ручная дуговая сварка выполняется плавящимся или неплавящимся (угольным, графитовым, вольфрамовым, гафниевым) электродом. При сварке плавящимся электродом (рис. 1.6) дуга горит между ним и изделием. Формирование металла шва осуществляется за счет материала электрода и расплавления основного металла в зоне действия дуги. При сварке неплавящимся электродом для формирования металла шва в зону дуги извне подается присадочный материал.

Наибольшее применение получила сварка первым способом, т. е. плавящимся электродом. При этом используются электроды диаметром 1...12 мм. Однако основной объем работ выполняется электродами диаметром 3...6 мм.

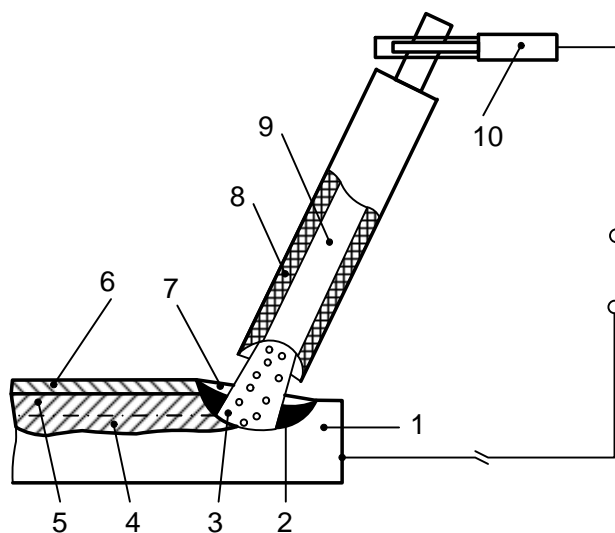


Рис. 1.6. Ручная дуговая сварка штучным электродом: 1 – основной металл; 2 – сварочная ванна; 3 – электрическая дуга; 4 – проплавленный металл; 5 – наплавленный металл; 6 – шлаковая корка; 7 – жидкий шлак; 8 – электродное покрытие; 9 – металлический стержень электрода; 10 – электрододержатель

В табл. 1.1 приведены характеристики некоторых электродов общего назначения, наиболее распространенных в ремонтной практике для сварки и наплавки.

Таблица 1.1

Характеристика электродов

| Тип электрода | Марка электрода | Коэффициент наплавки, г/А·ч | Разбрызгивание | Расход электродов, кг, на 1 кг наплавленного металла $K_Э$ |
|---------------|-----------------|-----------------------------|----------------|--|
| Э42 | ОМА | 10...11 | Умеренное | 1,45 |
| Э42А | УОНИИ 13/45 | 8,5 | Умеренное | 1,60 |
| Э46 | АНО-3 | 8,5 | Малое | 1,60 |
| Э46 | МР-3 | 7,8 | Умеренное | 1,70 |
| Э46 | ОЗС-6 | 10,5 | Малое | 1,60 |
| Э50 | ДСК- 50 | 10,0...11,0 | Малое | 1,40 |
| Э50А | АНО- 9 | 10,0 | Умеренное | 1,70 |
| Э50А | УОНИИ 13/55 | 8,5...9,0 | Умеренное | 1,70 |

К параметрам режима сварки относятся сила сварочного тока, напряжение, скорость перемещения электрода вдоль шва (скорость сварки), род тока, полярность и др.

Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла, типа сварного соединения и положения шва в пространстве.

При выборе диаметра электрода для сварки можно использовать ориентировочные данные (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Зависимость диаметра электрода от толщины свариваемого металла

| | | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------------|
| Толщина листов, мм | 1...2 | 3 | 4...5 | 6...10 | 10...15 | 15 и более |
| Диаметр электрода, мм | 1,6...2,0 | 2,0...3,0 | 3,0...4,0 | 4,0...5,0 | 5,0 | 5,0 и более |

В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом диаметром 3...4 мм, последующие слои – электродами большего диаметра.

Сварку в вертикальном положении проводят с применением электродов диаметром не более 5 мм. Потолочные швы выполняют электродами диаметром до 4 мм.

При наплавке изношенной поверхности должна быть компенсирована толщина изношенного слоя плюс 1...1,5 мм на обработку поверхности после наплавки.

Сила сварочного тока, А, рассчитывается по формуле

$$I_{св} = K d_э, \quad (1.1)$$

где K – коэффициент, равный 25...60 А/мм; $d_э$ – диаметр электрода, мм.

Коэффициент K в зависимости от диаметра электрода $d_э$ принимается в соответствии с табл. 1.3.

Таблица 1.3

Зависимость коэффициента K от диаметра электрода

| | | | |
|------------|---------|---------|---------|
| $d_э$, мм | 1...2 | 3...4 | 5...6 |
| K , А/мм | 25...30 | 30...45 | 45...60 |

Силу сварочного тока, рассчитанную по формуле (1.1), следует откорректировать с учетом толщины свариваемых элементов, типа соединения и положения шва в пространстве. Если толщина металла $S \geq 3 d_э$, то значение $I_{св}$ следует увеличить на 10...15 %. Если же $S \leq 1,5 d_э$, то сварочный ток уменьшают на 10...15 %.

При сварке угловых швов и наплавке значение тока должно быть повышено на 10...15 %. При сварке в вертикальном или потолочном положении значение сварочного тока должно быть уменьшено на 10...15 %.

Для большинства марок электродов, используемых при сварке углеродистых и легированных конструкционных сталей, напряжение дуги $U_D = 22...28$ В.

Расчет скорости сварки, м/ч, производится по формуле

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H I_{CB}}{100 F_{ШВ} \rho}, \quad (1.2)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч (выбирают из характеристики принятого электрода); $F_{ШВ}$ – площадь поперечного сечения шва при однопроводной сварке (или одного слоя валика при многослойном шве), $см^2$; ρ – плотность металла электрода, $г/см^3$ (для стали $\rho = 7,8$ $г/см^3$).

Масса наплавленного металла, г, для ручной дуговой сварки рассчитывается по формуле

$$G_H = F_{ШВ} l \rho, \quad (1.3)$$

где $F_{ШВ}$ – площадь поперечного сечения шва, $см^2$; l – длина шва, см.

Расчет массы наплавленного металла при ручной дуговой наплавке производится по формуле

$$G_H = F_{HP} h_H \rho, \quad (1.4)$$

где F_{HP} – площадь наплаваемой поверхности, $см^2$; h_H – требуемая высота наплаваемого слоя, см (с учетом припуска на последующую обработку).

Время горения дуги (основное время), ч, определяется по формуле

$$t_o = \frac{G_H}{I_{CB} \alpha_H}. \quad (1.5)$$

Полное время сварки (наплавки) приближенно определяется по формуле

$$T = \frac{t_o}{K_{II}}, \quad (1.6)$$

где t_o – время горения дуги (основное время), ч; K_{II} – коэффициент использования сварочного поста, который принимается для ручной сварки 0,5...0,55.

Расход электродов, кг, для ручной дуговой сварки (наплавки) определяется по формуле

$$G_M = G_H K_э, \quad (1.7)$$

где $K_э$ – коэффициент, учитывающий расход электродов на 1 кг наплавленного металла (табл. 1.1).

Расход электроэнергии, кВт·ч, определяется по формуле

$$A = \frac{U_d I_{св}}{\eta \cdot 1000} t_0 + W_0 (T - t_0), \quad (1.8)$$

где U_d – напряжение дуги, В; $I_{св}$ – сварочный ток, А; η – КПД источника питания сварочной дуги; t_0 – время горения дуги, ч; W_0 – мощность, расходуемая источником питания сварочной дуги при холостом ходе, кВт; T – полное время сварки или наплавки, ч.

Значения η источника питания сварочной дуги и W_0 можно принять по табл. 1.4.

Таблица 1.4

Зависимость η и W_0 от рода тока

| Род тока | η | W_0 |
|------------|-----------|-----------|
| Переменный | 0,8...0,9 | 0,2...0,4 |
| Постоянный | 0,6...0,7 | 2,0...3,0 |

Выбор и обоснование источника питания сварочной дуги могут быть осуществлены по прил. 1 табл. 1, 3, 4.

1.4.2. Сварка и наплавка деталей в среде защитных газов

При сварке и наплавке в среде защитных газов в зону горения дуги под небольшим давлением подается газ, который вытесняет воздух из этой зоны и защищает сварочную ванну от кислорода и азота воздуха.

В зависимости от применяемого газа сварка разделяется на сварку в активных (CO_2 , H_2 , O_2 , и др.) и инертных (He, Ar, Ar+He и др.) газах. Сварку (наплавку) можно осуществлять как плавящимся, так и неплавящимся электродами.

Наибольшее распространение при восстановлении деталей подвижного состава получили сварка и наплавка в среде углекислого газа CO_2 с использованием плавящихся электродов (проволоки) с защитой сварочной ванны от воздуха углекислым газом. Такой способ является самым дешевым при сварке углеродистых и низколегированных сталей. Поэтому по объему производства он занимает одно из первых мест среди механизированных способов сварки плавлением.

При сварке (наплавке) в среде углекислого газа (рис. 1.7) из сопла горелки 2, охватывающей поступающую в зону горения дуги электродную проволоку 4, вытекает струя защитного газа 6, оттесняя воздух из сварочной ванны.

В процессе сварки углекислый газ под действием высоких температур диссоциирует: $2\text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$. Поэтому сварка идет не в чистом углекислом газе, а в смеси газов CO_2 , CO и O_2 . В этом случае обеспечивается практически полная защита расплавленного металла от азота воздуха, но сохраняется почти такой же окислительный характер газовой смеси, каким он был бы при сварке голой проволокой без защиты от атмосферного воздуха.

Следовательно, при сварке и наплавке в среде CO_2 необходимо предусматривать меры по раскислению наплавляемого металла.

Эта задача решается использованием сварочных проволок диаметром 0,8...2,0 мм, в состав которых входят элементы раскислители. Чаще всего это кремний (0,6...1,0 %) и марганец (1,0...2,0 %).

Наибольшее распространение при сварке в среде CO_2 нашли электродные проволоки Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-10ГС, Св-18ХГС и др.

Кроме проволок сплошного сечения, часто используются порошковые проволоки типа ПП-АН4, ПП-АН5, ПП-АН8, ПП-3Х2В8Т и др.

Сварка в среде CO_2 имеет целый ряд преимуществ: высокую степень концентрации дуги и плотности тока, дающих минимальную зону структурных изменений металла; большую степень защиты сварочной ванны от воздействия внешней среды; существенную производительность; возможность наблюдения за формированием шва; сварки металла различной толщины (от десятых долей до десятков миллиметров); производства сварки в различных пространственных положениях; механизации и автоматизации технологического процесса; незначительную чувствительность к ржавчине и другим загрязнителям основного металла.

Однако необходимо иметь в виду и её недостатки: сильное разбрызгивание металла при токе больше 500 А, что требует постоянной защиты и очистки сопла горелки; открытая мощная дуга дает интенсивное излучение и требует защиты сварщика; при значительных токах необходимо предусматривать охлаждение горелки; сварка осуществляется практически только на постоянном токе; требуется специальная проволока.

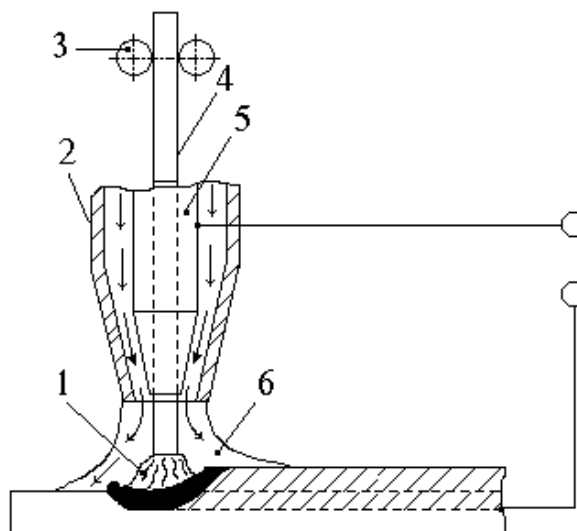


Рис. 1.7. Дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом: 1 – электрическая дуга; 2 – газовое сопло; 3 – подающие ролики; 4 – электродная проволока; 5 – токопроводящий мундштук; 6 – защитный газ

Технические характеристики полуавтоматов для сварки в защитных газах приведены в прил. 1 табл. 6, 7.

Диаметр электродной проволоки выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Зависимость диаметра электродной проволоки от толщины свариваемого металла

| Толщина листов, мм | 1... 2 | 3...6 | 6...24 и более |
|--|-----------|-----------|----------------|
| Диаметр электродной проволоки $d_э$, мм | 0,8...1,0 | 1,2...1,6 | 2,0 |

Расчет силы сварочного тока, А, производится по формуле

$$I_{св} = \frac{\pi d_э^2 a}{4}, \quad (1.9)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм; a – плотность тока в электродной проволоке, А/мм² (при сварке в CO₂ $a = 110...130$ А/мм²).

Напряжение дуги и расход углекислого газа выбираются в зависимости от силы сварочного тока по табл. 1.6.

Таблица 1.6

Зависимость напряжения и расхода углекислого газа от силы сварочного тока

| | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Сила сварочного тока, А | 50...60 | 90...100 | 150...160 | 220...240 | 280...300 | 360...380 | 430...450 |
| Напряжение дуги, В | 17...28 | 19...20 | 21...22 | 25...27 | 28...30 | 30...32 | 32...34 |
| Расход CO ₂ , л/мин | 8...10 | 8...10 | 9...10 | 15...16 | 15...16 | 18...20 | 18...20 |

При сварке на токах 200...250 А длина дуги должна быть в пределах 1,5...4,0 мм. Вылет электродной проволоки составляет 8...15 мм (уменьшается с повышением сварочного тока).

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч, рассчитывается по формуле

$$V_{пр} = \frac{4 \alpha_p I_{св}}{\pi d_э^2 j}, \quad (1.10)$$

где α_p – коэффициент расплавления проволоки, г/А·ч; $I_{св}$ – сварочный ток, А; $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм; j – плотность металла проволоки (для стали $j = 7,8$ г/см³).

Значение α_p определяется по формуле

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{CB}}{d_3}. \quad (1.11)$$

Скорость сварки (наплавки) рассчитывается по формуле

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H I_{CB}}{100 F_B \rho}, \quad (1.12)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч, $\alpha_H = \alpha_p (1 - \psi)$, где ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание. При сварке в CO_2 $\psi = 0,1 \dots 0,15$; F_B – площадь поперечного сечения одного валика, cm^2 . При наплавке в CO_2 принимается равной $0,3 \dots 0,7 cm^2$; ρ – плотность металла проволоки, $г/см^3$ (для стали $\rho = 7,8 г/см^3$).

Масса наплавленного металла, г, рассчитывается по формулам:

- при сварке [формула (1.3)]

$$G_H = F_{шв} l \rho;$$

- при наплавочных работах

$$G_H = V_H \rho, \quad (1.13)$$

где V_H – объем наплавленного металла, $см^3$; $F_{шв}$ – площадь поперечного сечения шва, $см^2$; l – длина шва, $см$.

При определении V_H необходимо учитывать припуск на последующую механическую обработку 2...3 мм.

Время горения дуги, ч, определяется по формуле (1.5)

$$t_o = \frac{G_H}{I_{CB} \alpha_H}.$$

Полное время сварки, ч, определяется по формуле (1.6)

$$T = \frac{t_o}{K_{II}},$$

где K_{II} – коэффициент использования сварочного поста, $K_{II} = 0,6 \dots 0,7$.

Расход электродной проволоки, г, рассчитывается по формуле

$$G_{пр} = G_H (1 + \psi), \quad (1.14)$$

где G_H – вес наплавленного металла, г; ψ – коэффициент потерь, $\psi = 0,1 \dots 0,15$.

Расход электроэнергии, кВт·ч, определяется по формуле (1.8)

$$A = \frac{U_d I_{св}}{\eta 1000} t_o + W_o (T - t_o),$$

где U_d – напряжение дуги, В; η – кпд источника питания, при постоянном токе $\eta = 0,6 \dots 0,7$, при переменном – $\eta = 0,8 \dots 0,9$; W_o – мощность источника питания, работающего на холостом ходу. На постоянном токе $W_o = 2,0 \dots 3,0$, на переменном – $W_o = 0,2 \dots 0,4$.

Справочные сведения по оборудованию для сварки в CO_2 приведены в прил. 1 табл. 6, 7.

1.4.3. Автоматическая сварка под флюсом

При сварке под флюсом (рис. 1.8) дуга горит между сварочной проволокой 1 и свариваемым изделием 5 под слоем гранулированного флюса 4.

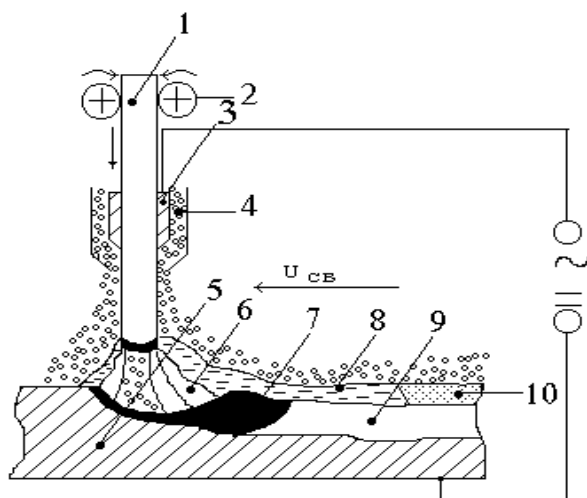


Рис. 1.8. Схема автоматической сварки под флюсом: 1 – сварочная проволока; 2 – механизм подачи проволоки; 3 – скользящий контакт; 4 – флюс; 5 – основной металл; 6 – электрическая дуга; 7 – металлическая ванна; 8 – расплавленный флюс; 9 – наплавленный металл

Ролики 2 специального механизма подают электродную проволоку в зону горения дуги 6.

Сварочный ток переменный или постоянный (прямой или обратной полярности) подводится к проволоке с помощью скользящего контакта 3, а к изделию – постоянным контактом. Сварочная дуга горит в газовом пузыре, который образуется в результате плавления флюса и металла.

Кроме того, расплавленный металл защищен от внешней среды слоем расплавленного флюса 8. По мере удаления дуги от зоны сварки расплавленный флюс застывает и образует шлаковую корку 10, которая впоследствии легко отделяется от поверхности шва.

Флюс засыпается впереди дуги из бункера слоем толщиной 40...80 мм и шириной 40...100 мм. Нерасплавленный флюс после сварки используется повторно. Расплавленные электродный и основной металлы 7 в сварочной ванне перемешиваются и при кристаллизации образуют сварной шов 9.

Сварка под флюсом используется при изготовлении и ремонте конструкций и деталей ответственного назначения, которые должны надежно эксплуатироваться в условиях низких и высоких температур.

Для рассматриваемого вида сварки и наплавки при ремонте подвижного состава наибольшее применение находят флюсы марок АН-348А, АН-348В, ОСЦ-45, АНЦ-1 и др. Такие флюсы рекомендуются для сварки низко- и среднеуглеродистых сталей. Для сварки и наплавки низко- и среднелегированных сталей используются флюсы АН-348А, АН-60, АН-22 и другие в сочетании с проволоками Св-08А, Св-08ГА и проволоками, легированными хромом, молибденом, никелем.

В табл. 1.7 приведено назначение некоторых марок флюсов и проволок.

Таблица 1.7

Флюсы и проволока для автоматической сварки

| Марка флюса | Назначение флюса | Рекомендуемые проволоки |
|-------------------------------|---|--|
| АН-348А, АН-348В, АНЦ-1 | Сварка и наплавка изделий широкой номенклатуры из углеродистых и низколегированных сталей | Св-08; Св-08А; Св-08ГА; Св-10Г2 |
| АН-60 | Сварка и наплавка углеродистых и низколегированных сталей | Св-08; Св-08ГА; Св-08ХМ; Св-10НМА |
| АН-22 | Сварка и наплавка низко- и среднелегированных сталей | Св-08ГА; Св-08ХМ; Св-08ХМФ; Св-08ХГНМГА |
| АНК-30 | Сварка и наплавка углеродистых и низколегированных сталей, в т. ч. хладостойких мелкозернистых повышенной прочности | Св-08, Св-08ГА, Св-08ХМ, Св-08ХМФ, Св-08ХГНМТА |

Технические характеристики аппаратов для автоматической сварки и наплавки под флюсом приведены в прил. 1 табл. 6.

Расчет сварочного тока, А, производится по формуле (1.9)

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi d_3^2 a}{4},$$

где d_3 – диаметр электродной проволоки, мм; a – плотность тока, А/мм².

При сварке для более глубокого проплавления рекомендуется использовать высокие значения плотности тока в электродной проволоке ($a \geq 40 \dots 50$ А/мм²), а при наплавке для снижения глубины проплавления принимается $a \leq 30 \dots 40$ А/мм². Диаметр электродной проволоки желательно выбирать таким, чтобы он обеспечил максимальную производительность сварки (наплавки) при требуемой глубине проплавления. Зависимость силы сварочного тока и его плотности на глубину проплавления приведена в табл. 1.8.

Таблица 1.8

**Влияние силы сварочного тока и его плотности
на глубину проплавления при автоматической сварке под флюсом**

| Диаметр электродной проволоки, мм | Сила, А, и плотность, А/мм ² , сварочного тока | Глубина проплавления, мм | | | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
| 1 | Сила сварочного тока | 200 | 300 | 350 | 400 | 500 | 600 |
| | Плотность тока | 65 | 104 | 127 | 143 | 157 | 200 |
| 2 | Сила сварочного тока | 300 | 350 | 400 | 500 | 625 | 750 |
| | Плотность тока | 43 | 50 | 57 | 71 | 89 | 107 |
| 3 | Сила сварочного тока | 375 | 425 | 500 | 550 | 675 | 800 |
| | Плотность тока | 29 | 36 | 40 | 44 | 53 | 64 |
| 4 | Сила сварочного тока | 450 | 500 | 550 | 600 | 725 | 825 |
| | Плотность тока | 23 | 26 | 28 | 31 | 37 | 42 |

Зависимость напряжения дуги от силы сварочного тока приведена в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Зависимость напряжения дуги от силы сварочного тока

| | | | | | | |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Сила сварочного тока, А | 180...300 | 300...400 | 500...600 | 600...700 | 700...850 | 850...1000 |
| Напряжение дуги, В | 32...34 | 34...36 | 36...40 | 38...40 | 40...42 | 41...43 |

Наплавку рекомендуется вести на постоянном токе прямой полярности.

Вылет электродной проволоки принимается 30...60 мм, при этом более высокие его значения соответствуют большему диаметру проволоки и силе тока.

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч, определяется по формуле

$$V_э = \frac{4 \alpha_p I_{св}}{\pi d_{пр}^2 \rho}, \quad (1.15)$$

где $d_{пр}$ – диаметр проволоки, мм; α_p – коэффициент расплавления, г/А·ч; ρ – плотность металла электродной проволоки, г/см³ (для стали $\rho = 7,8$ г/см³).

Коэффициент расплавления проволоки сплошного сечения при сварке под флюсом определяется по следующим формулам:

- для переменного тока

$$\alpha_p = 7,0 + 0,04 \frac{I_{св}}{d_{пр}}; \quad (1.16)$$

- для постоянного тока прямой полярности

$$\alpha_p = 2 + \sqrt{\frac{I_{св}}{d_{пр}}}; \quad (1.17)$$

- для постоянного тока обратной полярности

$$\alpha_p = 10 \dots 12. \quad (1.18)$$

Скорость сварки, м/ч, определяется по формуле (1.12)

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H I_{CB}}{100 F_B \rho},$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч; F_B – площадь поперечного сечения одного валика, см²; ρ – плотность металла сварочной проволоки, г/см³.

Коэффициент наплавки

$$\alpha_H = \alpha_p (1 - \psi), \quad (1.19)$$

где ψ – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание, принимается равным 0,02...0,03.

При наплавке площадь поперечного сечения валика, укладываемого за один проход, можно принять равной $F_B = 0,3 \dots 0,6$ см².

Масса наплавленного металла, г, определяется по формуле (1.13)

$$G_H = V_H \rho,$$

где V_H – объем наплавленного металла, см³; ρ – плотность наплавленного металла (для стали $\rho = 7,8$ г/см³).

Объем наплавленного металла, см³, определяется как

$$V_H = F_H h, \quad (1.20)$$

где F_H – площадь наплавленной поверхности, см²; h – высота наплавленного слоя, см (с учетом припуска на обработку 2...3 мм).

Расход сварочной проволоки, г, определяется по формуле (1.14)

$$G_{пр} = G_H (1 + \psi),$$

где G_H – вес наплавленного металла, г; ψ – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание.

Расход флюса, г/пог. м, определяется по формуле

$$G_\phi = \frac{(U_d - 1,8) 780}{V_{CB}}, \quad (1.21)$$

где U_d – напряжение на дуге, В; V_{CB} – скорость сварки, м/ч.

Время горения дуги, ч, определяется по формуле (1.5)

$$t_o = \frac{G_H}{I_{св} \alpha_H}.$$

Полное время сварки, ч, определяется по формуле (1.6)

$$T = \frac{t_o}{K_{\Pi}},$$

где K_{Π} – коэффициент использования сварочного поста, $K_{\Pi} = 0,6...0,7$.

Расход электроэнергии, кВт·ч, определяется из выражения (1.8)

$$A = \frac{U_d I_{св}}{\eta \cdot 1000} t_o + W_o (T - t_o),$$

где U_d – напряжение на дуге, В; $I_{св}$ – сварочный ток, А; η – кпд источника питания (на постоянном токе $\eta = 0,6...0,7$; на переменном $\eta = 0,8...0,9$); t_o – время горения дуги, ч; W_o – мощность, расходуемая при холостом ходе, кВт·ч (на постоянном токе она равна 2,0...3,0; на переменном – 0,2...0,4).

Толщина слоя флюса зависит от силы сварочного тока (табл. 1.10)

Таблица 1.10

Зависимость толщины слоя флюса от величины сварочного тока

| | | | |
|------------------------|-----------|-----------|------------|
| Сварочный ток, А | 200...400 | 400...800 | 800...1200 |
| Толщина слоя флюса, мм | 25...35 | 35...45 | 45...60 |

Технические характеристики аппаратов для автоматической сварки (наплавки) под флюсом приведены в прил. 1 табл. 6.

1.4.4. Сварка и наплавка самозащитной порошковой проволокой

При данном способе сварки и наплавки функции защиты сварочной ванны от вредного влияния воздушной среды выполняет сердечник порошковой проволоки при своем сгорании. Проволока (рис. 1.9) состоит из оболочки 1, сформированной из ленты холодного проката марки 08кп или 10кп толщиной 0,2...1,0 мм и шириной 8...20 мм методом профилирования или волочения. Внутри оболочки находится порошкообразный сердечник 2, включающий элементы, выполняющие при сварке такие же функции, как флюс или обмазка электродов. Такая конструкция проволоки предопределяет некоторые особенности ее применения.

Порошок сердечника на 50...70 % состоит из металлических, неэлектропроводных материалов. В связи с этим дуга горит, перемещаясь по металлической оболочке, расплавляя ее. При этом плавление сердечника может отставать от плавления оболочки, что не исключает частичного перехода его в сварочную ванну в нерасплавленном состоянии и создает предпосылки к образованию в металле шва пор и неметаллических включений.

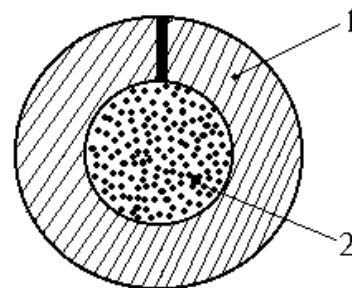


Рис. 1.9. Конструкция порошковой проволоки: 1 – оболочка; 2 – порошкообразный сердечник

В настоящее время выпускаются проволоки больших диаметров (до 3 мм и более), которые требуют при сварке значительной силы тока, затрудняющей сварку в вертикальном и потолочном положениях.

При расчете режимов сварки и наплавки сварочный ток, напряжение дуги, скорость подачи и вылет электродной проволоки принимаются по табл. 1.11, 1.12.

Таблица 1.11

Режимы сварки самозащитными порошковыми проволоками

| Толщина свариваемых листов, мм | Параметры режима | | | |
|---|------------------|---------|-----------------------|---------------------|
| | I, А | U, В | V _{пр} , м/ч | Вылет проволоки, мм |
| Порошковая проволока ПП-АН-1, d _э = 2,8 мм, α _н = 13 г/А·ч | | | | |
| 3...6 | 200...240 | 24...25 | 100 | 15...20 |
| 8...12 | 250...300 | 25...27 | 120 | 15...20 |
| 14...20 | 300...350 | 26...28 | 170 | 20...25 |
| Порошковая проволока ПП-АН-3, d _э = 3 мм, α _н = 13...17 г/А·ч | | | | |
| 5...10 | 360...380 | 25...28 | 140 | 15...20 |
| 10...15 | 420...450 | 26...29 | 170 | 20...25 |
| 15...25 | 460...490 | 29...32 | 210 | 25...30 |

Таблица 1.12

Режимы наплавки для проволок марок ПП-ТН 250, ПП-ТН 350, d_{пр} = 3 мм

| I, А | U, В | V _{пр} , м/ч | Вылет проволоки, мм | Коэффициент наплавки α _н , г/А·ч |
|-----------|---------|-----------------------|---------------------|---|
| 310...330 | 28...30 | 126 | 50 | 14,6 |
| 400...420 | 30...32 | 200 | 60 | 17,3 |

Масса наплавленного металла, г, определяется по формуле (1.13)

$$G_n = V_n \rho,$$

где V_н – объём наплавленного металла, см³; ρ – плотность наплавленного металла (для стали ρ = 7,8 г/см³).

Объем наплавленного металла, см³, определяется из выражения (1.20)

$$V_H = F_H h,$$

где F_H – площадь наплавленной поверхности, см²; h – высота наплавленного слоя с учетом припуска на обработку, см (припуск на обработку принимается 2...3 мм).

Расход порошковой проволоки, г, определяется по формуле

$$G_{\text{пр}} = G_H K, \quad (1.22)$$

где G_H – вес наплавленного металла, г; K – коэффициент, учитывающий конструкцию проволок, $K = 1,25 \dots 1,35$.

Время горения дуги, ч, определяется по формуле (1.5)

$$t_o = \frac{G_H}{I_{\text{св}} \alpha_H},$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч (табл. 1.11, 1.12); $I_{\text{св}}$ – сварочный ток, А (табл. 1.5, 1.6).

Полное время сварки, ч, определяется по формуле (1.6)

$$T = \frac{t_o}{K_{\text{п}}},$$

где t_o – время горения дуги, ч; $K_{\text{п}}$ – коэффициент использования сварочного поста, равный 0,6...0,7.

Расход электроэнергии, кВт·ч, определяется по формуле (1.8)

$$A = \frac{U_{\text{д}} I_{\text{св}}}{\eta \cdot 1000} t_o + W_o (T - t_o),$$

где η – КПД источника питания (для источников постоянного тока $\eta = 0,6 \dots 0,7$, переменного – $\eta = 0,8 \dots 0,9$); t_o – время горения дуги, ч; T – полное время сварки, ч; W_o – мощность холостого хода источника питания, кВт. $W_o = 0,2 \dots 0,4$ – для источников питания переменного тока и $W_o = 2,0 \dots 3,0$ для источников питания постоянного тока.

Технические характеристики аппаратов для автоматической и полуавтоматической сварки порошковой проволокой приведены в прил. 1 табл. 6, 7.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ РЕЗАНИЕМ

2.1. Выбор металлорежущего станка

При выборе типа и модели металлорежущего станка в первую очередь обращается внимание на возможность закрепления в нём заданной детали (расстояние между центрами и наибольший диаметр обрабатываемой детали – у токарных станков, размеры станка и наибольший ход долбяка – у строгальных и долбежных, наибольший условный диаметр сверления и вертикальное перемещение головки – у сверлильных станков и т. д.). Затем анализируются мощности главных электродвигателей и их предполагаемое соответствие для обработки заданной детали. И, наконец, исследуются диапазоны и число ступеней подач и частот вращения шпинделя. Предпочтение следует отдавать станкам с более широкой разрешающей способностью указанных выше параметров.

При выборе типа и модели станка можно использовать [7, 9, 10, 11, 12] и другую справочную литературу. Паспортные данные некоторых станков приведены в прил. 2.

После выбора типа станка его паспортные характеристики заносятся в контрольную работу и рассчитываются все ступени подач и частот вращения, которые у большинства станков изменяются в геометрической прогрессии. Расчёт начинается с определения знаменателя геометрической прогрессии:

- для ступеней подач

$$\varphi = z^{-1} \sqrt{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}}, \quad (2.1)$$

где S_{\max} , S_{\min} – максимальная и минимальная подачи у выбранного станка;
 z – количество подач;

- для ступеней частот вращения

$$\varphi_1 = z_1^{-1} \sqrt{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}}, \quad (2.2)$$

где n_{\max} , n_{\min} – максимальная и минимальная частота вращения шпинделя станка, 1/мин; z_1 – количество ступеней частоты вращения.

После определения φ и φ_1 их необходимо скорректировать и принять ближайšie стандартные значения: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,0.

Ступени подач и частот вращения определяются по следующим выражениям:

$$\begin{aligned} S_1 &= S_{\min}; & n_1 &= n_{\min}; \\ S_2 &= S_1 \varphi; & n_2 &= n_1 \varphi_1; \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll}
 S_3 = S_1 \varphi^2; & n_3 = n_1 \varphi_1^2; \\
 S_4 = S_1 \varphi^3; & n_4 = n_1 \varphi_1^3; \\
 \dots & \dots \\
 S_{\max} = S_1 \varphi^{z-1}; & n_{\max} = n_1 \varphi_1^{z-1}.
 \end{array}$$

2.2. Крепежные приспособления

Для механической обработки любой детали, кроме металлорежущих станков, требуется ещё и технологическая оснастка, т. е. различные инструменты и приспособления. Приспособления необходимы, чтобы установить и закрепить деталь, обеспечив при этом требуемое на данной операции взаимное расположение станка, детали и режущего инструмента. Для этой цели используются станочные приспособления к металлорежущим станкам (универсальные и специализированные) такие, как двух-, трёх-, четырёхкулачковые самоцентрирующие патроны; различного типа оправки (центровые, шлицевые, зубчатые); станочные тиски с ручным и механическим приводами; кондукторы; плиты; станочные центры; различные хомутики; гидро- и пневмоцилиндры и т. д.

Сведения о типовых приспособлениях можно получить из [9, 10, 11, 12] и др.

2.3. Режущий инструмент

Режущие инструменты работают в условиях больших нагрузок, высоких температур, трения и износа. Материал рабочей части инструмента должен иметь большую твёрдость (значительно выше твёрдости материала обрабатываемой заготовки), высокие допускаемые напряжения на изгиб, растяжение, сжатие и кручение.

Большинство конструкций металлорежущего инструмента являются составными – рабочая часть из инструментального материала, а крепёжная – из обычных конструкционных сталей (40, 45, 50, 40Х и др.).

Рабочую часть в виде пластин или стержней соединяют с крепёжной при помощи сварки, пайки или специальных высокотемпературных клеев, механического крепления и др.

В настоящее время на предприятиях железнодорожного транспорта наиболее часто находят применение следующие инструментальные материалы: углеродистые, легированные и быстрорежущие стали; металлокерамические сплавы; сверхтвёрдые материалы и абразивы.

Легированные инструментальные стали (9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС, 9ХС и др.) используются для изготовления протяжек, свёрл, метчиков, плашек, разверток. Они имеют красностойкость 250...300 °С и допускают скорость резания 15...25 м/мин.

Более широкое применение находят быстрорежущие стали. Самыми распространёнными являются: P9, P6M3, P6M5, P9Ф5, P14Ф4, P9K5, P9K10, P10K5Ф2, P10K5Ф5. Твёрдость таких сталей составляет HRC 62...65, красностойкость – 600...630 °С. Обладая повышенной износостойкостью, они могут работать при скоростях до 100 м/мин.

В прил. 2 табл. 1 приведены рекомендуемые области применения для некоторых марок быстрорежущих сталей.

Металлокерамические твёрдые сплавы состоят из карбидов вольфрама, титана и тантала (WC, TiC, TaC), находящихся в металлическом кобальте (Co). Они применяются в виде пластинок, изготовляемых методом порошковой металлургии, закрепляемых на державках режущего инструмента.

Металлокерамический твёрдосплавный инструмент обладает высокими твёрдостью (HRA 80...92), износостойкостью и красностойкостью (800...1000 °С). Это позволяет вести обработку со скоростями до 800 м/мин.

Твёрдые сплавы делятся на следующие группы: однокарбидные (вольфрамовые) – BK2, BK3, BK3M, BK4, BK6M, BK6 и т.д.; двухкарбидные (титановольфрамовые) – T30K4, T15K6, T5K10, T5K12 и др.; трёхкарбидные (титанотанталовольфрамовые) – TT7K12, TT10K8, TT8K6 и др.

Твёрдые сплавы группы BK используются для обработки твёрдых и хрупких металлов, пластмасс и неметаллических материалов.

Двухкарбидные сплавы рекомендуются для обработки изделий из пластичных и вязких металлов и сплавов.

Трёхкарбидные сплавы отличаются от первых двух повышенной износостойкостью, прочностью и вязкостью и применяются для обработки деталей из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса.

В прил. 2 табл. 2 приведены некоторые марки вольфрамовых твёрдых сплавов и области их рационального использования.

Значительную роль при обработке металлов резанием играют тип и геометрия режущей части инструмента, а также период стойкости, т. е. время работы в минутах до затупления и необходимости заточки.

Период стойкости колеблется в широких пределах. Так для резцов из быстрорежущей стали он принимается равным 60 мин; для резцов с пластинами из твердого сплава – 90...120 мин; для сверл диаметром до 20 мм – 25...60 мин, а диаметром более 30 мм – 50...140 мин; для фрез цилиндрических из быстрорежущей стали – 120 мин, а со вставными ножами из твердого сплава – 180...240 мин; для торцевых фрез со вставными ножами из твердого сплава диаметром до 150 мм – 180 мин, а диаметром более 150 мм – 240...400 мин. Стойкость протяжек – 106...500 мин; шлифовальных кругов – 30...40 мин.

2.4. Режимы резания

При установлении режимов резания учитывается характер обработки, тип и материал инструмента, его геометрические параметры, материал и состояние заготовки, тип оборудования и другие факторы.

Расчёт режимов чаще всего ведётся по следующей схеме $t - S - V - P$, т. е. устанавливается глубина резания t , подача S , определяется скорость резания V и сила резания P , по которой рассчитывается необходимая мощность станка.

Глубина резания при черновой обработке назначается по возможности максимальной (чаще всего равной всему припуску на обработку), а при чистовой – в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

Подача при черновой обработке выбирается максимально возможной, исходя из жёсткости и прочности системы: «станок – приспособление – инструмент – деталь»; мощности станка, прочности режущей части инструмента и других ограничивающих факторов. При чистовой обработке принимается во внимание требуемая степень точности и шероховатости обработанной поверхности.

2.4.1. Точение

Точение (токарная обработка) – наиболее распространённый метод обработки поверхностей деталей (типа тел вращения) на токарных станках. Некоторые типы токарных станков приведены в прил. 2 табл. 3. Основные виды токарных работ: обработка наружных цилиндрических и конических поверхностей, обработка пазов и уступов, вытачивание пазов и канавок, отрезка заготовок, сверление, зенкерование, развёртывание, нарезание резьб, обработка фасонных поверхностей, накатывание рифлений и др. На рис. 2.1 приведена технологическая схема точения.

Вращательное движение заготовки называется главным движением резания, а поступательное движение режущего инструмента – движением подачи.

Подачей S , мм/об, (рис. 2.1) называется путь, пройденный режущей кромкой инструмента относительно вращающейся заготовки за один ее оборот. Подача может быть продольной, если инструмент перемещается параллельно оси вращения заготовки, и поперечной, если инструмент перемещается перпендикулярно этой оси.

Численные значения подач приводятся в справочной и нормативной документации.

Практически подача для токарной обработки, мм/об, принимается при черновой обработке 0,4...0,8; при чистовой – 0,1...0,3; при прорезании пазов и отрезании – 0,1...0,4.

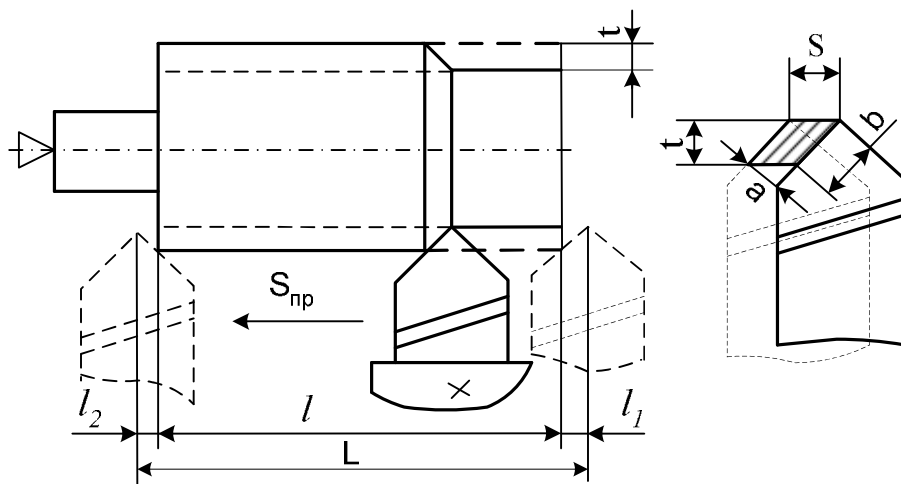


Рис. 2.1. Технологическая схема точения

Выбранная подача должна быть скорректирована по паспорту металлорежущего станка. Необходимо соблюдать условие, чтобы $S_{ст} \leq S$. При этом принимается ближайшая меньшая ступень.

Глубина резания t , мм, определяется толщиной снимаемого слоя за один рабочий ход резца, измеренной по перпендикуляру к обрабатываемой поверхности детали.

При черновом точении и отсутствии ограничений по мощности станка величина t принимается равной припуску на обработку h ; при чистовом точении припуск снимается за два и более проходов. На каждом последующем проходе глубина резания устанавливается меньше, чем при предшествующем.

При отрезке и прорезке глубиной резания является ширина главной режущей кромки, которую можно определить из выражения: $b = 0,6 D^{0,5}$ мм, где D – диаметр отрезаемой детали.

Скорость резания V_p , м/мин, зависит от конкретных условий обработки. На её величину оказывают существенное влияние следующие факторы: стойкость инструмента, физико-механические свойства обрабатываемого материала, подача и глубина резания, геометрические параметры режущего инструмента, наличие смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), температура в зоне контакта инструмента и детали, допустимый износ инструмента и др.

При наружном продольном и поперечном точении, а также при растачивании расчётная скорость резания определяется по эмпирической формуле

$$V_p = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (2.3)$$

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$V_p = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v, \quad (2.4)$$

где C_v – коэффициент, учитывающий условия резания; T – период стойкости инструмента, мин; S – подача, мм/об; K_v – корректирующий коэффициент; m , x , y – показатели степени.

Значения C_v , m , x , y приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Значения коэффициента C_v
и показателей степени m , x , y при точении**

| Вид обработки | Материал режущей части резца | Подача | Коэффициент C_v и показатели степени | | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------|--|------|------|------|
| | | | C_v | x | y | m |
| Обработка стали | | | | | | |
| Точение | Твёрдый сплав | $S < 0,3$ | 420 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | $S \geq 0,3 \dots 0,7$ | 350 | 0,15 | 0,35 | 0,20 |
| Отрезание | Твёрдый сплав | – | 47,0 | – | 0,80 | 0,20 |
| | Быстрорежущая сталь | – | 23,7 | – | 0,66 | 0,25 |
| Обработка серого чугуна | | | | | | |
| Точение | Твёрдый сплав | $S \leq 0,40$ | 292 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | $S > 0,40$ | 243 | 0,15 | 0,40 | 0,20 |
| Обработка ковкого чугуна | | | | | | |
| Точение | Твёрдый сплав | $S \leq 0,40$ | 317 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | $S > 0,40$ | 215 | 0,15 | 0,45 | 0,20 |

Корректирующий коэффициент определяется по формуле

$$K_v = K_{mv} K_{пв} K_{ив} K_{\phi} K_r, \quad (2.5)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки; $K_{пв}$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки; $K_{ив}$ – коэффициент, учитывающий материал режущей части резца; K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца; K_r – коэффициент, учитывающий величину радиуса при вершине резца (принимается во внимание только для резцов из быстрорежущей стали).

Коэффициент K_{mv} рассчитывается по следующим формулам:

- при обработке сталей

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}; \quad (2.6)$$

- при обработке серого чугуна

$$K_{mv} = \left(\frac{1900}{HB} \right)^{n_v}; \quad (2.7)$$

- при обработке ковкого чугуна

$$K_{mv} = \left(\frac{1500}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.8)$$

где σ_b – предел прочности материала заготовки, МПа; HB – твёрдость материала заготовки, МПа.

Показатель n_v при обработке резцами из твердого сплава принимается для обработки сталей – 1,0; для обработки чугунов – 1,25. Значения коэффициентов $K_{ПВ}$, $K_{ИВ}$, K_ϕ и K_r приведены в табл. 2.2, 2.3, 2.4.

Таблица 2.2

Значения поправочного коэффициента $K_{ПВ}$

| Состояние поверхности заготовки | | | | |
|---------------------------------|----------|---------|---------------------------------------|---------------------|
| Без корки | С коркой | | | |
| | Прокат | Поковка | Стальные и чугунные отливки при корке | |
| | | | нормальной | сильно загрязнённой |
| 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,80...0,85 | 0,50...0,60 |

Таблица 2.3

Значения поправочного коэффициента $K_{ИВ}$

| Обрабатываемый материал | Значения $K_{ИВ}$ в зависимости от марки инструментального материала | | | | | | |
|-----------------------------|--|---------------|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|
| | HRC 35 – 50 | | | | HRC 51 – 62 | | |
| Сталь конструкционная | T5K12B 0,75 | T5K10 0,65 | P18 0,8 | T15K6 1,05 | P6M5 1,15 | T30K4 1,4 | BK8 0,4 |
| Сталь закалённая | T15K6 1,0 | T30K4 1,25 | BK6 0,85 | BK8 0,83 | BK4 1,0 | BK6 0,92 | BK8 0,74 |
| Серый и ковкий чугун | BK8 0,83 | BK6 1,0 | BK4 1,10 | BK3 1,15 | – | P18 0,95 | P6M3 0,9 |
| Медные и алюминиевые сплавы | P6M5 1,0 | BK4 2,5 | BK6 2,7 | 9XC 0,6 | XBG 0,6 | Y12A 0,5 | – |

Таблица 2.4

Значения коэффициентов K_ϕ и K_r

| Главный угол в плане, ϕ | Коэффициент K_ϕ | Радиус при вершине резца r , мм | Коэффициент K_r |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 20 | 1,4 | 1 | 0,94 |
| 40 | 1,2 | 2 | 1,0 |
| 45 | 1,0 | 3 | 1,03 |
| 60 | 0,9 | – | – |
| 75 | 0,8 | 5 | 1,13 |
| 90 | 0,7 | – | – |

Для проверки возможности реализации V_p на выбранном станке определяется расчётная частота вращения шпинделя n_p , 1/мин,

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_o}, \quad (2.9)$$

где D_o – диаметр заготовки до обработки.

Полученная n_p сравнивается с имеющимися на станке значениями. Если расчётная частота не совпадает с одной из ступеней, то для дальнейших расчётов принимается та ступень $n_{ст}$, которая является ближайшей меньшей к n_p , т. е. должно выдерживаться условие $n_{ст} \leq n_p$.

По принятому значению $n_{ст}$ определяется фактическая скорость резания V_ϕ , м/мин

$$V_\phi = \frac{\pi D_o n_{ст}}{1000}. \quad (2.10)$$

В дальнейших расчётах используются только $n_{ст}$ и V_ϕ .

Сила резания P , Н, раскладывается на составляющие силы, направленные по осям координат станка: тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x . При наружном продольном и поперечном точении, растачивании, подрезании эти составляющие рассчитываются по формуле

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y V_\phi^n K_p. \quad (2.11)$$

При отрезании, прорезании и фасонном точении t – длина режущей кромки резца.

Постоянная C_p и показатели степени x , y , n для каждой из составляющих силу резания приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Значение коэффициента C_p и показателей степени x , y , n

| Обрабатываемый материал | Материал резца | Вид обработки | Коэффициент C_p и показатели степени | | | |
|-------------------------|---------------------|---------------------------------|--|------|------|-------|
| | | | C_p | x | y | n |
| Конструкционная сталь | Твёрдый сплав | Наружное точение и растачивание | 300 | 1,0 | 0,75 | -0,15 |
| | | Отрезание и прорезание | 408 | 0,72 | 0,8 | 0 |
| | Быстрорежущая сталь | Наружное точение и растачивание | 200 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 247 | 1,0 | 1,0 | 0 |
| Серый чугун | Твёрдый сплав | Наружное точение и растачивание | 92 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | Быстрорежущая сталь | Отрезание и прорезание | 158 | 1,0 | 1,0 | – |
| Ковкий чугун | Твёрдый сплав | Наружное точение и растачивание | 81 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 139 | 1,0 | 1,0 | – |

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих условия резания:

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p}. \quad (2.12)$$

Коэффициент K_{mp} для резцов из твердых сплавов при обработке сталей определяется из выражения

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75}, \quad (2.13)$$

при обработке серых чугунов – $K_{mp} = \left(\frac{HB}{1900} \right)^{0,4}$, ковких – $K_{mp} = \left(\frac{HB}{1500} \right)^{0,4}$.

Численные значения коэффициентов $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$ приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Значения коэффициентов для определения K_p

| Наименование параметров | Величина | Обозначение коэффициентов | Величина коэффициента для определения P_z |
|--|----------|---------------------------|---|
| Главный угол в плане φ , град | 30 | $K_{\varphi p}$ | 1,08 |
| | 45 | | 1,00 |
| | 60 | | 0,94 |
| | 90 | | 0,89 |
| Передний угол γ , град | -15 | $K_{\gamma p}$ | 1,25 |
| | 0 | | 1,10 |
| | 10 | | 1,00 |
| Угол наклона главный режущей кромки λ , град | -5 | $K_{\lambda p}$ | 1,00 |
| | 0 | | 0,98 |
| | 5 | | 0,96 |
| | 15 | | 0,92 |

Главной составляющей силы резания является P_z , по которой рассчитывается мощность, необходимая для снятия стружки. Поэтому расчетным путем достаточно определить только P_z , а остальные составляющие можно установить по формулам:

$$P_x = (0,3...0,4) P_z ; \quad (2.14)$$

$$P_y = (0,4...0,5) P_z . \quad (2.15)$$

Осевая сила P_x (сила подачи) сравнивается по паспорту станка с наибольшей допускаемой механизмом подачи и в случае превышения последней, требует повторного расчёта режимов резания.

Мощность резания. Вначале рассчитывается эффективная мощность резания, кВт,

$$N_э = \frac{P_z V_{\phi}}{1020 \cdot 60} . \quad (2.16)$$

Затем определяется потребная мощность на шпинделе станка, кВт,

$$N_{\Pi} = N_э / \eta_{ст} , \quad (2.17)$$

где $\eta_{ст}$ – КПД станка.

Для выводов об эффективности рассчитанных режимов для принятого станка устанавливается коэффициент его использования по мощности

$$K_{ис} = N_{\Pi} / N_{ст} , \quad (2.18)$$

где $N_{ст}$ – мощность главного электродвигателя станка (по паспорту), кВт.

Величина коэффициента $K_{ис}$ не должна превышать единицы. Наиболее рациональное значение $K_{ис} = 0,85...0,9$.

В случае отклонения $K_{ис}$ от рациональной величины необходимо вновь рассчитать режимы резания, скорректировав при этом параметры, устанавливаемые автором расчётов (S , t , T , тип станка и др.)

Основное технологическое время – время в минутах, затрачиваемое непосредственно для снятия заданного припуска. Оно определяется по формуле

$$T_o = \frac{L}{n_{ст} S_{ст}} i, \quad (2.19)$$

где L – расчётная длина обработки, мм (см. рис. 2.1); i – количество проходов,

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (2.20)$$

где l – чертёжный размер обрабатываемой поверхности, мм; l_1 – величина врезания резца, мм; l_2 – величина перебега резца, мм,

$$l_1 = t \operatorname{ctg} \varphi; \quad l_2 = (2...3) S_{ст},$$

где φ – величина главного угла в плане резца.

2.4.2. Обработка отверстий

Наиболее распространенными технологическими способами обработки круглых отверстий являются сверление, рассверливание, зенкерование и развертывание.

Сверление и рассверливание – основные методы образования отверстий в металле обрабатываемых заготовок (рис. 2.2).

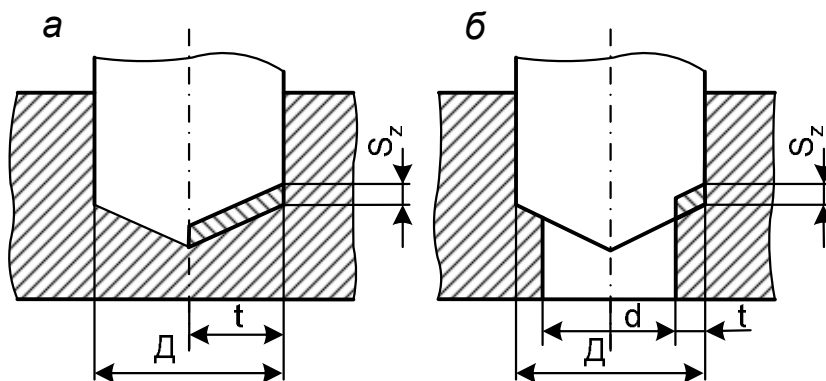


Рис. 2.2. Схемы резания: а – при сверлении; б – при рассверливании

При сверлении, как правило, используются стандартные свёрла, имеющие две режущие кромки, расположенные диаметрально относительно друг друга.

Просверленные отверстия чаще всего не имеют абсолютно правильной цилиндрической формы. Их поперечные сечения представляют форму овала, а продольные – небольшую конусность.

Зенкерование предназначено для обработки предварительно просверленных отверстий или отверстий, изготовленных способами литья или штамповки. При зенкеровании достигается более высокая точность по форме и размеру, чем при сверлении.

Стандартные зенкеры имеют от трёх до восьми зубьев. На практике чаще всего используются зенкеры с тремя винтовыми зубьями, смещёнными на 120° относительно друг друга.

Развёртывание – технологический способ завершающей обработки просверленных и зенкерованных отверстий с целью получения точных по форме и диаметру цилиндрических отверстий с малой шероховатостью.

Развёртки имеют чётное ($z \geq 4$) число зубьев, расположенных диаметрально друг против друга. Каждым зубом срезается слой малой толщины, что и даёт возможность получения высокой точности.

Глубина резания. При сверлении глубина резания принимается $t = 0,5 D$ (рис. 2.2), а при рассверливании, зенкеровании или развёртывании $t = 0,5 (D - d)$, где D – диаметр инструмента, мм; d – диаметр предварительного отверстия, мм.

Подача. При сверлении отверстий подача принимается по табл. 2.7. При рассверливании отверстий подача, рекомендуемая для сверления, увеличивается в 2 раза. Значения подач рассчитаны на обработку отверстий глубиной менее $3D$. При большей глубине необходимо вводить поправочный коэффициент K_{1s} (табл. 2.8).

Назначенная подача должна быть скорректирована по паспорту выбранного станка. При этом необходимо выдержать условие: $S_{ст} \leq S$, где $S_{ст}$ – окончательно установленное по паспорту значение подачи.

Паспортные данные некоторых типов станков приведены в прил. 2 табл. 4.

Скорость резания, м/мин, определяется:

- при сверлении

$$V_p = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \quad (2.21)$$

- при рассверливании, зенкерования и развёртывании

$$V_p = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (2.22)$$

где D – диаметр сверла, зенкера или развёртки, мм; K_v – общий поправочный коэффициент.

Таблица 2.7

Рекомендуемые подачи S при сверлении сверлами из быстрорежущей стали, мм/об

| Диаметр сверла D , мм | Сталь | | | | Чугун, медные и алюминиевые сплавы | |
|-------------------------|-------------|----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | HB < 1600 | HB 1600...2400 | HB 2400...3000 | HB > 3000 | HB ≤ 1700 | HB > 1700 |
| 2...4 | 0,09...0,13 | 0,08...0,10 | 0,06...0,07 | 0,04...0,06 | 0,12...0,18 | 0,09...0,12 |
| 4...6 | 0,13...0,19 | 0,10...0,15 | 0,07...0,11 | 0,06...0,09 | 0,18...0,27 | 0,12...0,18 |
| 6...8 | 0,19...0,26 | 0,15...0,20 | 0,11...0,14 | 0,09...0,12 | 0,27...0,36 | 0,18...0,24 |
| 8...10 | 0,26...0,32 | 0,20...0,25 | 0,14...0,17 | 0,12...0,15 | 0,36...0,45 | 0,24...0,31 |
| 10...12 | 0,32...0,36 | 0,25...0,28 | 0,17...0,20 | 0,15...0,17 | 0,45...0,55 | 0,31...0,35 |
| 12...16 | 0,36...0,43 | 0,28...0,33 | 0,20...0,23 | 0,17...0,20 | 0,55...0,66 | 0,35...0,41 |
| 16...20 | 0,43...0,49 | 0,33...0,38 | 0,23...0,27 | 0,20...0,23 | 0,66...0,76 | 0,41...0,47 |
| 20...25 | 0,49...0,58 | 0,38...0,43 | 0,27...0,32 | 0,23...0,26 | 0,76...0,89 | 0,47...0,54 |
| 25...30 | 0,43...0,48 | 0,43...0,48 | 0,32...0,35 | 0,26...0,29 | 0,89...0,96 | 0,54...0,60 |
| 30...40 | 0,48...0,58 | 0,48...0,58 | 0,35...0,42 | 0,29...0,35 | 0,96...1,19 | 0,60...0,71 |
| 40...50 | 0,58...0,66 | 0,58...0,66 | 0,42...0,48 | 0,35...0,40 | 1,19...1,36 | 0,71...0,81 |

Примечание. При использовании сверл с режущей частью из твёрдого сплава приведённые значения подач необходимо умножить на коэффициент 0,6.

Таблица 2.8

Значение поправочного коэффициента K_{ls}

| Глубина отверстия l , мм | $l \leq 5D$ | $l \leq 7D$ | $l \leq 10D$ |
|----------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Поправочный коэффициент K_{ls} | 0,9 | 0,8 | 0,75 |

Значения коэффициентов C_v и показателей степени приведены для сверления в табл. 2.9, для рассверливания, зенкерования и развёртывания – в табл. 2.10.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, определяется по формуле

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv}, \quad (2.23)$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал; K_{iv} – коэффициент на инструментальный материал; K_{IV} – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

Таблица 2.9

Значения C_v и показателей степени для определения скорости резания при сверлении

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части инструмента | Подача S , мм/об | Коэффициент C_v и показатели степени | | | |
|-------------------------|------------------------------------|--------------------|--|------|------|-------|
| | | | C_v | q | y | m |
| Сталь конструкционная | Быстрорежущая сталь | $\leq 0,2$ | 7,0 | 0,4 | 0,7 | 0,2 |
| | | $> 0,2$ | 9,8 | | 0,5 | |
| Чугун серый | Быстрорежущая сталь | $\leq 0,3$ | 14,7 | 0,25 | 0,55 | 0,125 |
| | | $> 0,3$ | 17,1 | | 0,4 | |
| | Твёрдый сплав | – | 34,2 | 0,45 | 0,3 | 0,2 |

Примечание. Приведённые в таблице параметры для свёрл из быстрорежущей стали соответствуют их двойной заточке и подточенной перемычке. При одинарной заточке рассчитанную скорость резания следует уменьшить, умножив на коэффициент $K_{3v} = 0,75$.

Таблица 2.10

Значения C_v и показателей степени для определения скорости резания при рассверливании

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части инструмента | Коэффициент C_v и показатели степени | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|--|------|------|------|------|
| | | C_v | q | x | y | m |
| Конструкционная сталь | Быстрорежущая сталь | 16,20 | 0,40 | 0,20 | 0,50 | 0,20 |
| | Твердый сплав | 10,80 | 0,60 | 0,20 | 0,30 | 0,25 |
| Конструкционный чугун | Быстрорежущая сталь | 23,40 | 0,25 | 0,10 | 0,40 | 0,12 |
| | Твердый сплав | 56,90 | 0,50 | 0,15 | 0,45 | 0,40 |

Коэффициент K_{mv} рассчитывается по формулам:

- для свёрл из быстрорежущей стали:
 - при обработке сталей $\sigma_B \leq 550$ МПа

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{-0,9}; \quad (2.24)$$

- при обработке сталей $\sigma_B \geq 550$ МПа

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{0,9}; \quad (2.25)$$

- для сверл из твердого сплава при обработке сталей

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{1,0}; \quad (2.26)$$

- для всех сверл при обработке:
 - серого чугуна

$$K_{mv} = \left(\frac{1900}{HB} \right)^{1,3}; \quad (2.27)$$

- ковкого чугуна

$$K_{mv} = \left(\frac{1500}{HB} \right)^{1,3}, \quad (2.28)$$

где σ_B – предел прочности материала заготовки, МПа; HB – твердость материала заготовки, МПа.

Значения коэффициентов K_{IV} приведены в табл. 2.3.

Коэффициент, учитывающий глубину отверстия K_{IV} при сверлении, принимается в зависимости от диаметра сверла (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Коэффициент, учитывающий глубину отверстия K_{IV}

| Глубина отверстия | D ₀ ...3D | 3D...4D | 4D...5D | 5D...6D | 6D...8D | Более 8D |
|----------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Коэффициент K_{IV} | 1,0 | 0,85 | 0,75 | 0,7 | 0,6 | 0,55 |

При рассверливании, зенкерования и развёртывании $K_{IV} = 1,0$.

После определения скорости резания рассчитывается частота вращения шпинделя станка n_p , 1/мин,

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D},$$

где D – диаметр инструмента, мм.

Полученное значение n_p корректируется по паспорту станка и принимается ближайшая меньшая ступень $n_{ст}$, т. е. должно быть выдержано условие: $n_{ст} \leq n_p$. В дальнейших расчётах используется только $n_{ст}$.

Крутящий момент $M_{кр}$, Н·м, и осевая сила P_o , Н, рассчитываются по следующим формулам:

- при сверлении

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p; \quad (2.29)$$

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p; \quad (2.30)$$

- при рассверливании и зенкерования

$$M_{кр} = 10 C_m D^q t^x S^y K_p; \quad (2.31)$$

$$P_o = 10 C_p t^x S^y K_p, \quad (2.32)$$

где C_m и C_p – коэффициенты, учитывающие условия резания, значения которых, а также значения показателей степени приведены в табл. 2.12.

Таблица 2.12

Значение показателей и коэффициентов в формулах $M_{кр}$ и P_o при сверлении, рассверливании и зенкерования

| Обрабатываемый материал | Операция | Материал инструмента | Коэффициенты и показатели | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------|------|------|-----|-------------|-----|-----|------|
| | | | Крутящего момента | | | | Осевой силы | | | |
| | | | C_m | q | x | y | C_p | q | x | y |
| Конструкционная сталь | Сверление | Быстрорежущая сталь | 0,034 | 2,0 | – | 0,8 | 68 | 1,0 | – | 0,7 |
| | Рассверливание и зенкерование | | 0,090 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 67 | – | 1,2 | 0,65 |
| Конструкционный чугун | Сверление | Твёрдый сплав | 0,012 | 2,2 | – | 0,8 | 42 | 1,2 | – | 0,75 |
| | Рассверливание и зенкерование | | 0,196 | 0,85 | 0,8 | 0,7 | 46 | – | 1,0 | 0,4 |
| | Сверление | Быстрорежущая сталь | 0,021 | 2,0 | – | 0,8 | 42,7 | 1,0 | – | 0,8 |
| | Рассверливание и зенкерование | | 0,085 | – | 0,75 | 0,8 | 23,5 | – | 1,2 | 0,4 |

Примечание. При использовании свёрл с неподточенной перемычкой осевую силу следует увеличить, умножая на коэффициент $K_o = 1,33$.

Коэффициент K_p рассчитывается по формулам:

– при обработке сталей

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75}; \quad (2.33)$$

– при обработке серых чугунов

$$K_p = \left(\frac{HB}{1900} \right)^{0,6}; \quad (2.34)$$

– при обработке ковких чугунов

$$K_p = \left(\frac{HB}{1500} \right)^{0,6}. \quad (2.35)$$

Рассчитанную силу подачи P_o необходимо сравнить с допускаемыми значениями по паспорту выбранного станка. При превышении последней расчёт режимов следует повторить, скорректировав принимаемые автором параметры.

Мощность резания. Эффективная мощность резания $N_э$, кВт, определяется по формуле

$$N_э = \frac{M_{кр} n_{ст}}{9750}. \quad (2.36)$$

Потребная мощность резания:

$$N_{п} = N_э / \eta_{ст}, \quad (2.37)$$

где $\eta_{ст}$ – КПД станка.

Для выводов об эффективности рассчитанных режимов для принятого станка определяется коэффициент его использования по мощности:

$$K_{ис} = N_{п} / N_{ст}, \quad (2.38)$$

где $N_{ст}$ – мощность главного электродвигателя станка, кВт.

Наиболее рациональные значения $K_{ис} = 0,85...0,9$. В случае отклонения $K_{ис}$ от рациональной величины необходимо расчёты режимов резания повторить, скорректировав параметры, устанавливаемые автором.

Основное технологическое время определяется по формуле

$$T_o = \frac{L}{n_{ст} S_{ст}}, \quad (2.39)$$

где L – расчётная глубина отверстия, мм,

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

где l – чертёжный размер глубины отверстия, мм; l_1 – величина врезания инструмента, мм; l_2 – величина перебега инструмента, мм. Можно принять $l_1 + l_2 = 0,35 D$.

2.4.3. Фрезерование

Фрезерование является высокопроизводительным методом формообразования поверхностей деталей многолезвийным режущим инструментом – фрезой. Для этого метода характерно непрерывное главное вращательное движение инструмента и поступательное движение заготовки.

Тип применяемой фрезы определяется конфигурацией обрабатываемой поверхности (рис. 2.3). Её диаметр для сокращения основного технологического времени выбирается по возможности наименьшей величины с учётом схемы резания, формы и размеров обрабатываемой заготовки.

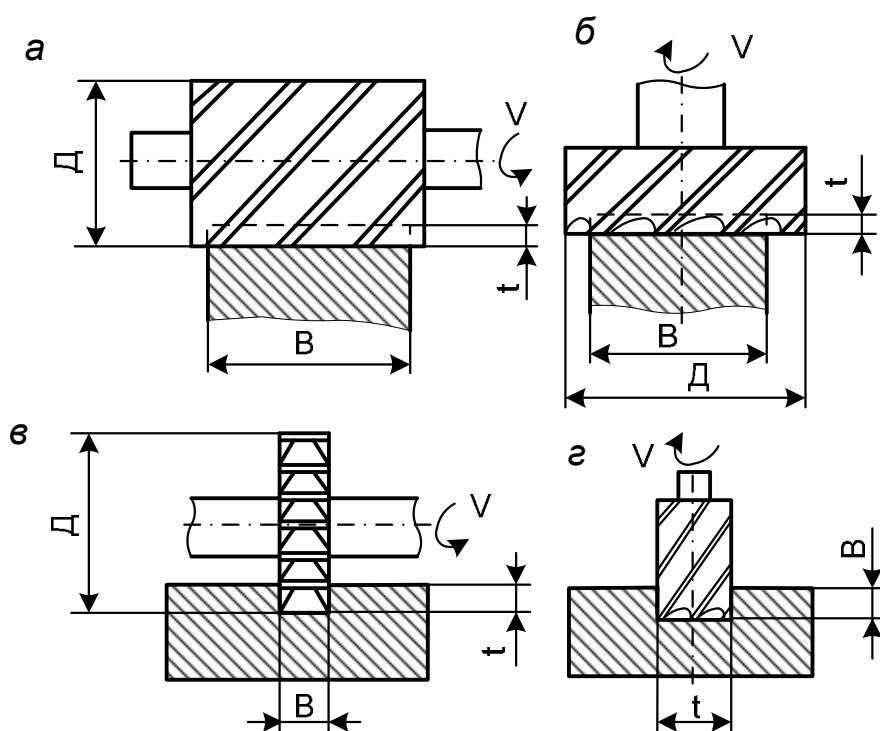


Рис. 2.3. Виды фрезерования: а – фрезы цилиндрические; б – фрезы торцевые; в – фрезы дисковые; г – фрезы концевые

При торцовом фрезеровании (рис. 2.3, б) диаметр фрезы D , мм, должен быть больше ширины фрезерования B и может приниматься по формуле: $D = (1,25 \dots 1,5) B$.

Глубина фрезерования t и ширина фрезерования B – величины, связанные с размерами снимаемого слоя. Параметр t измеряется в направлении, перпендикулярном оси фрезы (за исключением торцового фрезерования). Ширина фрезерования измеряется перпендикулярно глубине.

Глубина резания при припуске на обработку до 5 мм, как правило, принимается равной последнему. В противном случае назначается несколько проходов.

Подача. При фрезеровании различаются подача на один зуб фрезы S_z , мм/зуб; подача на один оборот $S_o = S_z z$, мм/об и минутная подача $S_m = S_z n z$, мм/мин, где n – частота вращения фрезы, 1/мин; z – число зубьев фрезы.

При черновом фрезеровании исходной величиной подачи является подача на зуб $S_z = S_o/z$. В табл. 2.13, 2.14 приведены рекомендуемые подачи для различных условий резания.

Паспортные данные некоторых фрезерных станков приведены в прил. 2 табл. 5.

Таблица 2.13

Подачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из твёрдого сплава

| Мощность станка, кВт | Обрабатываемый материал | | | |
|----------------------|--|-------------|-----------------------|-------------|
| | сталь | | чугун и медные сплавы | |
| | Подача на зуб S_z , мм/зуб, при твёрдом сплаве | | | |
| | T15K6 | T5K10 | BK6 | BK8 |
| До 10 | 0,09...0,18 | 0,12...0,18 | 0,14...0,24 | 0,20...0,29 |
| Свыше 10 | 0,12...0,18 | 0,16...0,24 | 0,18...0,28 | 0,25...0,38 |

Примечание. При использовании цилиндрических фрез при $B > 30$ мм табличные значения подач уменьшаются на 30 %.

Таблица 2.14

Подачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали

| Мощность станка, кВт | Зубья фрезы | Фрезы | | | |
|----------------------|-------------|--|-------------------------|----------------|-------------------------|
| | | торцовые и дисковые | | цилиндрические | |
| | | Подача на один зуб S_z , мм/зуб, при обработке | | | |
| | | сталей | чугуна и медных сплавов | сталей | чугуна и медных сплавов |
| До 5 | Крупные | 0,06...0,07 | 0,15...0,30 | 0,08...0,12 | 0,10...0,18 |
| | Мелкие | 0,04...0,06 | 0,12...0,20 | 0,05...0,08 | 0,06...0,12 |
| 5...10 | Крупные | 0,08...0,15 | 0,20...0,40 | 0,12...0,20 | 0,20...0,30 |
| | Мелкие | 0,06...0,10 | 0,15...0,30 | 0,06...0,10 | 0,10...0,15 |
| Свыше 10 | Крупные | 0,15...0,25 | 0,30...0,50 | 0,30...0,40 | 0,40...0,60 |

Скорость резания V_p , м/мин, определяется по формуле

$$V_p = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \quad (2.40)$$

где K_v – общий поправочный коэффициент; T – период стойкости фрезы, мин.

Значения C_v и показателей степени приведены в прил. 2 табл. 6.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}, \quad (2.41)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал; K_{pv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности; K_{iv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Коэффициент K_{mv} рассчитывается по формулам:

– при обработке стали

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}; \quad (2.42)$$

– при обработке серого чугуна

$$K_{mv} = \left(\frac{1900}{HB} \right)^{n_v}; \quad (2.43)$$

где σ_B – предел прочности материала заготовки, МПа; HB – твердость материала заготовки, МПа.

Значения показателей n_v приведены в табл. 2.15, а коэффициентов K_{pv} и K_{iv} – в табл. 2.2, 2.3.

Таблица 2.15

Значения показателей степени n_v

| Обрабатываемый материал | При обработке фрезами | |
|---|------------------------|--------------------|
| | из быстрорежущей стали | из твердого сплава |
| Сталь углеродистая ($C \leq 0,6 \%$) σ_B , МПа ≤ 550 | –0,9 | 1,0 |
| | 0,9 | 1,0 |
| > 550 | | |
| Чугун: серый ковкий | 0,95 | 1,25 |
| | 0,85 | 1,25 |

После расчёта скорости резания определяется частота вращения шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D}, \quad (2.44)$$

где D – диаметр фрезы, мм.

Значение n_p корректируется по паспортным данным выбранного станка (прил. 2 табл. 5), и принимается ближайшая меньшая ступень $n_{ст}$ так, чтобы $n_{ст} \leq n_p$. В дальнейших расчётах используется только $n_{ст}$.

После корректировки частоты вращения шпинделя определяется фак-

тическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi D_o n_{ст}}{1000}. \quad (2.45)$$

В дальнейших расчётах используется только V_{ϕ} .

Сила резания. Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила, P_z , Н,

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n_{ст}^w} K_{мп}, \quad (2.46)$$

где $K_{мп}$ – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала, который определяется по формулам:

- при обработке сталей

$$K_{мп} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,3}; \quad (2.47)$$

- при обработке чугунов фрезами из быстрорежущей стали

$$K_{мп} = \left(\frac{HB}{1900} \right)^{0,55}; \quad (2.48)$$

- при обработке чугунов фрезами с режущей частью из твердого сплава

$$K_{мп} = \frac{HB}{1900}. \quad (2.49)$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени приведены в табл. 2.16.

После расчёта P_z устанавливается возможность её реализации на выбранном станке. Для этого определяется сила P_x , которая сравнивается по паспорту станка с допустимой силой подачи $P_{x \text{ доп}}$.

Для цилиндрических дисковых, прорезных и отрезных фрез $P_x = 1,1 \dots 1,2 P_z$, а для торцовых – $P_x = 0,3 \dots 0,4 P_z$.

Необходимо, чтобы $P_x \leq P_{x \text{ доп}}$.

Мощность резания $N_{п}$, кВт. Вначале рассчитывается эффективная мощность резания:

$$N_{\phi} = \frac{P_z V_{\phi}}{1020 \cdot 60}, \quad (2.50)$$

а затем определяется потребная мощность на шпинделе станка:

$$N_{\Pi} = N_{э} / \eta_{\text{ст}}, \quad (2.51)$$

где $\eta_{\text{ст}}$ – КПД станка.

Таблица 2.16

Значения C_p и показателей степени для фрезерования

| Фрезы | Материал инструмента | Коэффициент и показатели степени | | | | | |
|---|----------------------|----------------------------------|------|------|------|------|-----|
| | | C_p | x | y | u | q | w |
| <i>Обработка конструкционной стали</i> | | | | | | | |
| Торцовые | Твёрдый сплав | 825 | 1,0 | 0,75 | 1,1 | 1,3 | 0,2 |
| | Быстрорежущая сталь | 82,5 | 0,95 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 0 |
| Цилиндрические | Твёрдый сплав | 101 | 0,88 | 0,75 | 1,0 | 0,87 | 0 |
| | Быстрорежущая сталь | 68,2 | 0,86 | 0,72 | 1,0 | 0,86 | 0 |
| Дисковые, прорезные, отрезные | Твёрдый сплав | 261 | 0,9 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 0,1 |
| | Быстрорежущая сталь | 68,2 | 0,86 | 0,72 | 1,0 | 0,86 | 0 |
| <i>Обработка серого чугуна</i> | | | | | | | |
| Торцовые | Твёрдый сплав | 54,5 | 0,9 | 0,74 | 1,0 | 1,0 | 0 |
| | Быстрорежущая сталь | 50 | 0,9 | 0,72 | 1,14 | 1,14 | 0 |
| Цилиндрические | Твёрдый сплав | 58 | 0,9 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 0 |
| | Быстрорежущая сталь | 30 | 0,83 | 0,65 | 1,0 | 0,83 | 0 |
| Дисковые, отрезные, прорезные, концевые | Быстрорежущая сталь | 30 | 0,83 | 0,65 | 1,0 | 0,83 | 0 |

Для выводов об эффективности рассчитанных режимов устанавливается коэффициент использования станка по мощности

$$K_{\text{ис}} = N_{\Pi} / N_{\text{ст}}, \quad (2.52)$$

где $N_{\text{ст}}$ – мощность главного электродвигателя станка, кВт.

Значения $K_{\text{ис}}$ не должны превышать единицы. Наиболее рациональное значение $K = 0,85 \dots 0,9$.

В случае существенного отклонения коэффициента от рациональных величин расчёт режимов следует осуществить вновь, скорректировав при этом параметры, принимаемые автором (t , S , тип станка и др.).

Основное технологическое время определяется по формуле

$$T_o = \frac{L}{S_M} i, \quad (2.53)$$

где L – расчётная длина обрабатываемой поверхности, мм; S_M – минутная подача, мм/мин; i – число проходов,

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (2.54)$$

где l – чертёжная длина обрабатываемой поверхности, мм; l_1 – величина врезания, мм. При фрезеровании цилиндрической и дисковой фрезами $l_1 = \sqrt{t(D-t)}$; а при фрезеровании торцовой фрезой – $l_1 = D$; l_2 – величина перебега, мм; при использовании цилиндрической и дисковой фрез $l_2 = 2 \dots 5$ мм; при торцовой – $l_2 = 2 \dots 4$ мм.

2.4.4. Шлифование

Существуют следующие основные виды шлифования: наружное круглое, внутреннее круглое и плоское.

При наружном круглом шлифовании (рис. 2.4, а) круг, вращаясь вокруг оси, совершает главное движение. Цилиндрическая заготовка вращается вокруг оси, параллельной оси круга.

Заготовке сообщается возвратно-поступательное движение продольной подачи $S_{пр}$. По окончании цикла возвратно-поступательного движения продольной подачи действует прерывистое движение поперечной подачи, сообщаемое шлифовальному кругу или заготовке $S_{поп}$.

Во время внутреннего круглого шлифования (рис. 2.4, б) шлифовальный круг и обрабатываемая заготовка вращаются вокруг параллельных осей, при этом наружная поверхность круга касается внутренней поверхности детали. Движения продольной $S_{пр}$ и поперечной $S_{поп}$ подач такие же, как и при наружном круглом шлифовании, но приложены, как правило, только к шлифовальному кругу.

При плоском шлифовании (рис. 2.4, в) шлифовальный круг, вращаясь вокруг своей оси, совершает главное движение резания. Его наружная поверхность касается обрабатываемой заготовки. Заготовке сообщается возвратно-поступательное движение продольной подачи $S_{пр}$. В промежутках между этими движениями кругу придаётся прерывистое движение поперечной подачи $S_{поп}$. После обработки всей поверхности шлифовальному кругу сообщается движение вертикальной подачи $S_{верт}$. Шлифование всей плоскости повторяется до тех пор, пока значение суммарной вертикальной подачи не будет равно припуску на обработку.

При шлифовании важное значение имеет выбор материала круга. Для шлифования мягких материалов, как правило, используются твердые круги с открытой пористой структурой.

При шлифовании закалённых сталей нужны мягкие круги. В случае необходимости достижения большой производительности следует применять

крупнозернистые круги, а высокой чистоты поверхности – мелкозернистые.

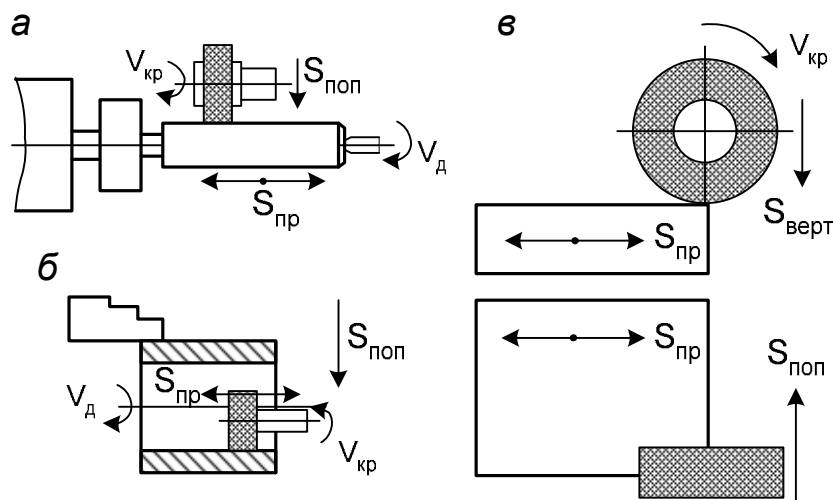


Рис. 2.4. Виды шлифования: а – наружное; б – внутреннее круглое; в – плоское

Круглое наружное и внутреннее шлифование. Глубина шлифования t , мм (поперечная подача $S_{поп}$, мм), зависит от размеров заготовки, свойств обрабатываемого материала и характера шлифования.

В табл. 2.17 приведены рекомендуемые поперечные подачи на один двойной ход детали при круглом внешнем шлифовании, а в табл. 2.18 – при круглом внутреннем.

Таблица 2.17

Поперечные подачи при круглом внешнем шлифовании

| Обрабатываемый материал | Длина шлифуемой поверхности | Диаметр обрабатываемой поверхности, мм, до | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 15 | 30 | 50 | 70 | 90 | 110 | 120 |
| | | Поперечная подача $S_{поп}$, мм | | | | | | |
| Сталь сырая | ЗД | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,027 | 0,032 | 0,035 |
| | (4...6) Д | 0,009 | 0,012 | 0,017 | 0,020 | 0,022 | 0,025 | 0,030 |
| | (7...10) Д | 0,006 | 0,010 | 0,012 | 0,016 | 0,018 | 0,020 | 0,022 |
| Чугун, медные сплавы | ЗД | 0,014 | 0,021 | 0,028 | 0,035 | 0,038 | 0,045 | 0,049 |
| | (4...6) Д | 0,013 | 0,017 | 0,024 | 0,028 | 0,031 | 0,035 | 0,039 |
| | (7...10) Д | 0,008 | 0,014 | 0,017 | 0,022 | 0,025 | 0,028 | 0,031 |

Таблица 2.18

Поперечные подачи при круглом внутреннем шлифовании

| Обрабатываемый материал | Диаметр обрабатываемых отверстий, мм | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|
| | 20...40 | 41...70 | 71...100 |
| | Поперечная подача $S_{поп}$, мм | | |
| Сталь, чугун, медные сплавы | 0,005...0,006 | 0,005...0,008 | 0,006...0,010 |

Продольная подача $S_{пр}$, мм/об, – это взаимное перемещение обрабатываемой детали и круга вдоль оси за один оборот детали. Она определяется по формуле

$$S_{пр} = B \beta, \quad (2.55)$$

где B – ширина шлифовального круга, мм; β – расчетный коэффициент.

Значения коэффициента β для круглого наружного шлифования приведены в табл. 2.19, а для круглого внутреннего – в табл. 2.20.

Рекомендации по выбору диаметра и ширины шлифовального круга даны в табл. 2.21, 2.22.

Таблица 2.19

Значения β для круглого наружного шлифования

| Обрабатываемый материал | Глубина шлифования t , мм, до | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,030 | 0,035 | 0,040 | 0,050 |
| | Коэффициент β | | | | | | | |
| Сталь | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,42 | 0,37 | 0,35 | 0,32 | 0,28 |
| Чугун и медные сплавы | 0,65 | 0,58 | 0,53 | 0,48 | 0,45 | 0,42 | 0,38 | 0,35 |

Таблица 2.20

Значения β для круглого внутреннего шлифования

| Обрабатываемый материал | Отношение диаметра к длине шлифования | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 4 : 1 | 2 : 1 | 1 : 1 | 1 : 2 | 1 : 3 |
| | Значения β | | | | |
| Сталь | 0,75...0,60 | 0,70...0,68 | 0,60...0,50 | 0,60...0,45 | 0,45...0,50 |
| Чугун и медные сплавы | 0,80...0,70 | 0,70...0,65 | 0,65...0,55 | 0,55...0,50 | 0,30...0,45 |

Таблица 2.21

Данные по выбору диаметра круга при внутреннем шлифовании

| Диаметр шлифуемого отверстия, мм | до 35 | 36...70 | 71...100 | 101...150 | Свыше 150 |
|--|-------|---------|-------------|-----------|-------------|
| Отношение диаметра круга к диаметру шлифуемого отверстия | 0,95 | 0,90 | 0,85...0,90 | 0,80 | 0,75...0,80 |

Таблица 2.22

Данные по выбору ширины круга при внутреннем шлифовании

| Длина шлифуемого отверстия, мм | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 75 | Более 75 |
|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| Ширина круга В, мм | 20...25 | 22...28 | 25...30 | 30...35 | 32...40 | 40...50 | 50...60 | 60 и более |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|

Частота вращения детали и круга. Прежде чем рассчитать частоту вращения детали, необходимо определить её расчётную скорость вращения V_d , м/мин,

$$V_d = \frac{C_v D_d^K}{T^m t^x \beta}, \quad (2.56)$$

где D_d – диаметр шлифуемой поверхности, мм; T – стойкость шлифовального круга (30...45 мин). Значения C_v , k , m , x приведены в табл. 2.23.

Таблица 2.23

Данные для определения скорости шлифования

| Вид шлифования | Обрабатываемый материал | C_v | k | x | m |
|---|-------------------------|-------|-----|-----|-----|
| Круглое с поперечной подачей на двойной ход | Сталь | 0,27 | 0,3 | 1,0 | 0,5 |
| | Чугун и медные сплавы | 0,35 | 0,3 | 1,0 | 0,5 |

Расчётная частота вращения детали

$$n_d = \frac{1000 V_d}{\pi D_d}, \quad (2.57)$$

Необходимо, чтобы значение n_d находилось в пределах, указанных в паспортных данных выбранного станка (прил. 2 табл. 7).

Скорость вращения шлифовального круга определяется как

$$V_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000}, \quad (2.58)$$

где D_k – диаметр шлифовального круга, мм; n_k – частота вращения шлифовального круга, 1/мин (принимается по паспорту станка).

Скорость перемещения стола определяется по формуле

$$V_c = \frac{S_{пр} n_d}{1000}. \quad (2.59)$$

Полученное значение V_c должно находиться в пределах скоростей перемещения стола, указанных в паспорте выбранного станка. В противном случае необходимо провести корректировку $S_{пр}$ и n_d .

Силы резания и мощность. Тангенциальная сила резания P_z , Н, определяется по формуле

$$P_z = 10 C_p V_d^u S_{пр}^x t^y. \quad (2.60)$$

Значения C_p , u , x , y приведены в табл. 2.24.

Таблица 2. 24

Данные для определения P_z при круглом шлифовании

| Обрабатываемый материал | C_p | u | x | y |
|-------------------------|-------|-----|------|-----|
| Сталь сырая | 2,1 | 0,5 | 0,55 | 0,5 |
| Сталь закалённая | 2,2 | 0,5 | 0,55 | 0,5 |
| Чугун и медные сплавы | 2,7 | 0,5 | 0,55 | 0,5 |

Эффективная мощность, кВт, на вращение шлифовального круга определяется по формуле

$$N_{эк} = \frac{P_z V_k}{1020 \cdot 60}. \quad (2.61)$$

Потребная мощность на вращение шлифовального круга:

$$N_{пк} = N_{эк} / \eta, \quad (2.62)$$

где η – кпд шлифовального станка по его паспортным данным.

Коэффициент использования станка по мощности:

$$K_{ис} = N_{пк} / N_{ст}, \quad (2.63)$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя главного движения, кВт. $K_{ис}$ не должен быть более 0,85...0,9.

Основное технологическое время T_o , мин, определяется по формуле

$$T_o = \frac{2 L h}{n_d S_{пр} t} K, \quad (2.64)$$

где L – длина продольного хода детали, мм; h – припуск на обработку, мм; K – коэффициент, учитывающий точность шлифования и износ круга. При черновом шлифовании $K = 1,3...1,4$; при чистовом – $K = 1,3...1,7$;

$$L = l + B,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм; B – ширина круга, мм.

2.4.5. Протягивание

Протягивание используется для формирования таких стандартных элементов деталей, как шлицевые пазы, шпоночные канавки, квадраты или многогранники под гаечные ключи, круглые и прямоугольные отверстия и др.

Особенность протягивания состоит в том, что при этом виде обработки отсутствует движение подачи, так как она заложена в конструкции самого

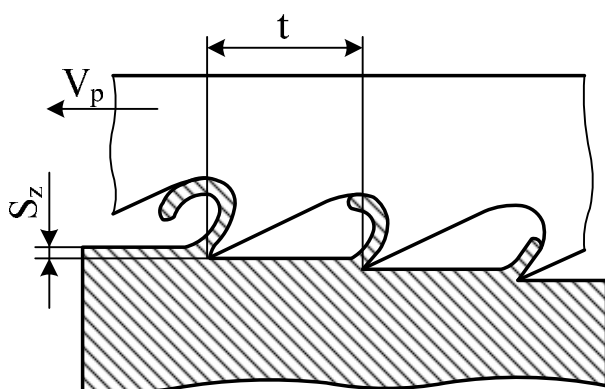


Рис. 2.5. Схема срезания припуска при обработке протягиванием

инструмента: разность высот зубьев протяжки или полуразность диаметров каждой пары смежных рабочих зубьев даёт величину, называемую подачей на зуб S_z (рис. 2.5).

Различают внутреннее и наружное протягивание. При внутреннем протягивании формируются отверстия различных конфигураций, а при наружном – обрабатываются плоскости и фасонные незамкнутые профили.

Протягивание осуществляется с помощью специальных инструментов-протяжек, которые представляют собой многолезвийный инструмент, имеющий значительную длину (более 1500 мм). На режущей части протяжек находится большое число режущих зубьев, расположенных друг за другом.

В процессе резания протяжка протаскивается через неподвижно закреплённую заготовку, установленную на приспособлении стола протяжного станка, формируя необходимые элементы детали.

Подача. При протягивании толщина срезаемого слоя равна разности между высотами соседних зубьев протяжки, которая называется подачей на зуб S_z и обычно принимается равной 0,1...0,2 мм.

В табл. 2.25 приведены рекомендуемые подачи в зависимости от материала и условий резания.

Таблица 2.25

Рекомендуемые подачи S_z при протягивании

| Тип протяжек | Обрабатываемый материал | | | | |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| | Сталь | | | Чугун | Медный сплав |
| | $\sigma_B < 500$ МПа | $\sigma_B = 500 \dots 750$ МПа | $\sigma_B > 750$ МПа | | |
| Цилиндрическая | 0,01...0,02 | 0,015...0,030 | 0,010...0,025 | 0,030...0,080 | 0,050...0,120 |
| Шпоночная и канавочная | 0,050...0,150 | 0,050...0,200 | 0,050...0,120 | 0,060...0,200 | 0,080...0,200 |

Скорость резания V_p , м/мин, определяется по формуле

$$V_p = \frac{C_v}{T^m S_z^y}, \quad (2.65)$$

где C_v – коэффициент, зависящий от качества обрабатываемого материала, материала режущей части инструмента, условий резания и т. д.; T – период стойкости протяжки, мин.

Значения C_v и показателей степени m и y приведены в табл. 2.26.

Величина V_p должна быть в пределах интервала скорости, указанного в паспорте выбранного станка (прил. 2 табл. 8).

Таблица 2.26

Данные для расчёта скорости резания при протягивании

| Обрабатываемый материал | Механические свойства обрабатываемого материала, МПа | | Тип протяжки | | | | | | | | |
|-------------------------|--|------------|----------------|------|------|----------------------|------|------|----------------|------|------|
| | НВ | σ_B | цилиндрическая | | | шпоночная и шлицевая | | | | | |
| | | | | | | $S_z \leq 0,7$ мм | | | $S_z > 0,7$ мм | | |
| | | | C_v | m | y | C_v | m | y | C_v | m | y |
| Сталь | – | До 700 | 16,8 | 0,62 | 0,62 | 9,8 | 0,87 | 1,4 | 7,7 | 0,87 | 1,4 |
| | – | 700...750 | 15,5 | 0,62 | 0,62 | 8,8 | 0,87 | 1,4 | 7,0 | 0,87 | 1,4 |
| | – | Свыше 750 | 11,2 | 0,62 | 0,62 | 6,3 | 0,87 | 1,4 | 5,0 | 0,87 | 1,4 |
| Чугун | До 2000 | – | 14,0 | 0,5 | 0,6 | 6,2 | 0,6 | 0,95 | 6,2 | 0,6 | 0,95 |
| | Свыше 2000 | – | 11,5 | 0,5 | 0,6 | 5,1 | 0,6 | 0,95 | 5,1 | 0,6 | 0,95 |

Сила резания P_z , Н, при протягивании определяется по формуле

$$P_z = P \sum B K, \quad (2.66)$$

где P – сила резания, приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки зуба протяжки, Н/мм (табл. 2.27); $\sum B$ – наибольшая суммарная длина кромок всех одновременно режущих зубьев, мм; K – поправочный коэффициент.

Наибольшая суммарная длина кромок всех одновременно режущих зубьев

$$\sum B = B_p Z_p, \quad (2.67)$$

где B_p – периметр резания одного зуба, мм; Z_p – наибольшее число одновременно режущих зубьев

$$Z_p = 1/t, \quad (2.68)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм; t – шаг режущих зубьев протяжки (см. рис. 2.5).

Таблица 2.27

**Сила резания P , H , приходящаяся
на 1 мм длины режущей кромки протяжки**

| Подача S_z , мм | Обрабатываемый материал | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|-----------------|----------|--------------------|-----------------|----------|----------|----------|
| | углеродистая сталь | | | легированная сталь | | | чугун | |
| | HB ≤ 197 | HB 198...229 | HB > 229 | HB ≤ 197 | HB 198...229 | HB > 229 | HB ≤ 180 | HB > 180 |
| 0,01 | 65 | 71 | 85 | 76 | 85 | 91 | 55 | 75 |
| 0,02 | 95 | 105 | 125 | 126 | 136 | 158 | 81 | 89 |
| 0,03 | 123 | 136 | 161 | 157 | 169 | 186 | 104 | 115 |
| 0,04 | 143 | 158 | 187 | 184 | 198 | 218 | 121 | 134 |
| 0,06 | 177 | 195 | 232 | 238 | 255 | 282 | 151 | 166 |
| 0,08 | 213 | 235 | 280 | 280 | 302 | 335 | 180 | 200 |
| 0,10 | 247 | 273 | 325 | 328 | 354 | 390 | 207 | 236 |
| 0,12 | 285 | 315 | 375 | 378 | 407 | 450 | 243 | 268 |
| 0,14 | 324 | 357 | 425 | 423 | 457 | 505 | 273 | 303 |
| 0,16 | 360 | 398 | 472 | 471 | 510 | 560 | 305 | 336 |
| 0,18 | 395 | 436 | 520 | 525 | 565 | 625 | 334 | 370 |
| 0,20 | 427 | 473 | 562 | 576 | 620 | 685 | 360 | 402 |
| 0,22 | 456 | 503 | 600 | 620 | 667 | 738 | 385 | 427 |
| 0,25 | 495 | 545 | 650 | 680 | 730 | 810 | 421 | 465 |
| 0,30 | 564 | 615 | 730 | 785 | 845 | 983 | 476 | 522 |

Поправочный коэффициент K , учитывающий влияние геометрии протяжки, износ режущей части, условия резания, определяется как

$$K = K_\alpha K_\gamma K_h K_o. \quad (2.69)$$

где K_α , K_γ – коэффициенты, учитывающие влияние переднего и заднего углов протяжки (табл. 2.28); K_h – коэффициент, учитывающий влияние износа зубьев протяжки. При отсутствии износа $K_h = 1$. При износе до 0,3 мм $K_h = 1,15$. При износе зубьев свыше 0,3 мм $K_h = 1,75$; K_o – коэффициент, учитывающий охлаждение зоны резания.

При работе без охлаждения $K_o = 1,34$; с охлаждением – $K_o = 1,0$.

Таблица 2.28

Значения коэффициентов K_α и K_γ при протягивании

| Коэффициенты | Значения углов |
|--------------|----------------|
|--------------|----------------|

| | α | | γ | | |
|------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|------------------|--------------------|
| | $\alpha \leq 1^\circ$ | $\alpha > 1^\circ$ | $\gamma \leq 3^\circ$ | $\gamma = 3...9$ | $\gamma > 9^\circ$ |
| K_α | 1,12...1,20 | 1,00 | – | – | – |
| K_γ | – | – | 1,35 | 1,13 | 1,00 |

Значение рассчитанной силы P_z должно быть меньше номинальной тяговой силы выбранного станка.

Мощность протягивания, кВт, определяется по формулам:

- эффективная мощность

$$N_э = \frac{P_z V_p}{1020 \cdot 60}; \quad (2.70)$$

- потребная мощность

$$N_{\Pi} = N_э / \eta_{ст}, \quad (2.71)$$

где $\eta_{ст}$ – кпд станка (по паспортным данным).

Основное технологическое время T_o , мин, определяется по формуле

$$T_o = \frac{L K_{ox}}{1000 V_p}, \quad (2.72)$$

где L – длина рабочего хода протяжки, мм; K_{ox} – коэффициент, учитывающий обратный ход ($K_{ox} = 1,4...1,50$),

$$L = l + l_p + l_k + l_1, \quad (2.73)$$

где l – чертёжная длина протягиваемой поверхности, мм; l_p – длина режущей части протяжки, мм; l_k – длина калибрующей части протяжки, мм; l_1 – длина перебега протяжки (10...20 мм),

$$l_p = \left[\frac{h}{2 S_z} + (2...4) \right] t_p, \quad (2.74)$$

где h – припуск на обработку, мм; t_p – шаг режущих зубьев протяжки, мм,

$$l_k = Z_k t_k, \quad (2.75)$$

где Z_k – число калибрующих зубьев протяжки ($Z_k = 4...8$); t_k – шаг калибрующих зубьев протяжки, мм.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

3.1. Общие сведения

При обработке металлов давлением изделия формируются при помощи деформирования исходной заготовки без снятия стружки, что дает значительную экономию, высокий выход годного металла, большую производительность. Основными задачами обработки, как правило, являются получение изделий сложной формы из заготовок простой формы или улучшение кристаллической структуры исходного металла с повышением его физико-механических свойств.

К обработке металлов давлением относятся прокатка, волочение, прессование, ковка, штамповка, протягивание и некоторые специальные технологии.

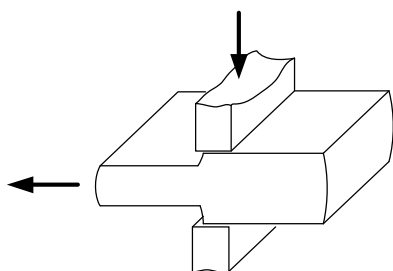


Рис. 3.1. Схема свободной ковки

В ремонтной практике предприятий железных дорог наибольшее распространение имеют ковка и штамповка.

При ковке металл между плоскими бойками (рис. 3.1) свободно течет в стороны, поэтому она называется свободной.

Преимуществами свободной ковки по сравнению с другими способами являются ее универсальность в отношении массы, форм и размеров заготовок; отсутствие необходимости дорогостоящей технологической оснастки; возможности использования сравнительно маломощных машин благодаря концентрированному приложению усилий ковки бойками в небольшом объеме деформируемого металла.

При штамповке течение металла ограничено стенками рабочей полости (ручья) штампа, форма и размеры которого полностью определяют конфигурацию изготавливаемой поковки.

Для штамповки характерно использование разнообразного специализированного инструмента – штампов и штамповочных агрегатов. К последним относятся автоматы для производства болтов или гаек, гибочные машины, машины для изготовления пружин, железнодорожных костылей, телеграфных крюков и т. д.

Штамповка бывает холодной или горячей. Основными ее методами являются объемный и листовой.

Горячей объемной штамповкой изготавливаются поковки различной формы и

размеров из сталей, цветных металлов и сплавов. Общий технологический процесс состоит из отрезки заготовок, их нагрева, собственно штамповки, отрезки и зачистки заусенцев, термической обработки, правки и калибровки.

Масса падающих частей молота или усилие пресса, необходимое для штамповки, устанавливаются по справочным таблицам в зависимости от материала, размеров, веса и сложности форм штампуемых поковок или рассчитываются.

Штамповка может быть выполнена в открытых или закрытых штампах (рис. 3.2). При использовании открытых штампов (рис. 3.2, а) поковки получаются с обломом – некоторым излишком металла, вытесненным в облойную канавку 4, который после изготовления поковки удаляется. По мере заполнения металлом облойной канавки давление нарастает, чем создаются предпосылки для плотного заполнения всех элементов формы ручья, обеспечивая хорошее формообразование поковки. Для создания облойной масса заготовки несколько увеличивается. Отход металла в облой составляет 10...12 % от массы поковки.

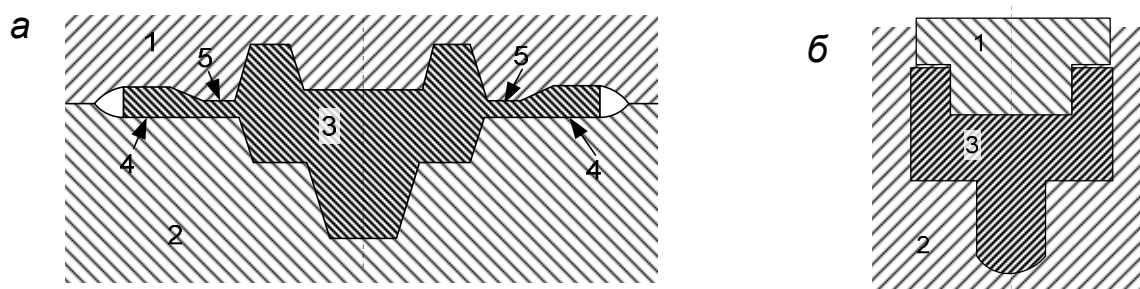


Рис. 3.2. Схема штамповки в открытых (а) и закрытых (б) штампах:
 1 – верхняя половина штампа; 2 – нижняя половина штампа;
 3 – форма поковки; 4 – облойная канавка; 5 – мостик

Штампы, в которых металл заготовки деформируется в замкнутом пространстве (рис. 3.2, б), называются закрытыми (безоблойными). При штамповке этим способом уменьшается расход металла, исключаются затраты на обрезку облоя. Однако закрытые штампы для деталей сплошной формы трудно выполняемы, дороги и быстро выходят из строя.

Нагрев металла. При горячей деформации пластические свойства металла возрастают, а сопротивление деформации уменьшается по сравнению с холодной деформацией. Поэтому горячая деформация сопровождается меньшими энергетическими затратами, вследствие чего холодная деформация применяется только в том случае, когда горячая деформация неприемлема.

Нагрев металла влияет на качество и стоимость продукции. Поэтому необходим равномерный прогрев заготовок по сечению и длине до соответствующей температуры за минимальное время с наименьшими потерями на окалину. Неправильный нагрев приводит к возникновению различных дефектов: трещин, обезуглероживанию, повышенному окислению, пережогу.

Температура начала и конца горячего деформирования определяется в

зависимости от температуры плавления и рекристаллизации. Так, например, для углеродистых сталей температура начала горячего деформирования устанавливается по диаграмме состояния железо-цементит (рис. 3.3) на 100...200 °С ниже температуры плавления стали заданного химического состава,

а температура конца деформирования принимается на 50...100 °С выше температуры рекристаллизации или рассчитывается по эмпирической формуле

$$t_k = 100 (9,1 - 1,1 C),$$

где C – содержание углерода в процентах.

На качество изделий, получаемых горячей обработкой давлением, существенное влияние оказывает не только режим нагрева, но и режим охлаждения. В случае быстрого и неравномерного охлаждения могут появляться трещины и коробления из-за термических напряжений. Поэтому чем меньше теплопроводность стали и чем массивнее и сложнее геометрия поковки, тем медленнее должно быть ее охлаждение. Следовательно, правильно выбранные режимы нагрева и охлаждения существенно улучшают характеристики готового изделия.

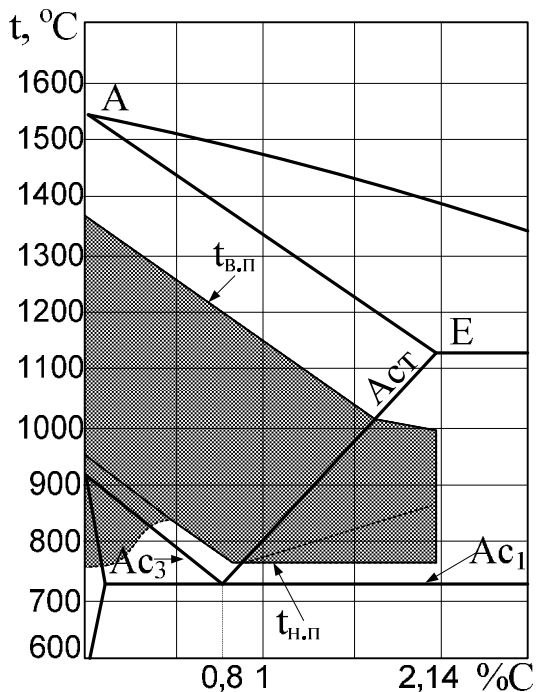


Рис. 3.3. Участок диаграммы железо-цементит с температурным интервалом горячей обработки давлением

3.2. Разработка технологического процесса получения поковки

Технологический процесс получения поковки включает следующие этапы: резку заготовки, ее нагрев, осадку, черновую и чистовую штамповку на штамповочном молоте, обрезку обля и контроль.

Рассмотрим разработку технологического процесса на конкретном примере.

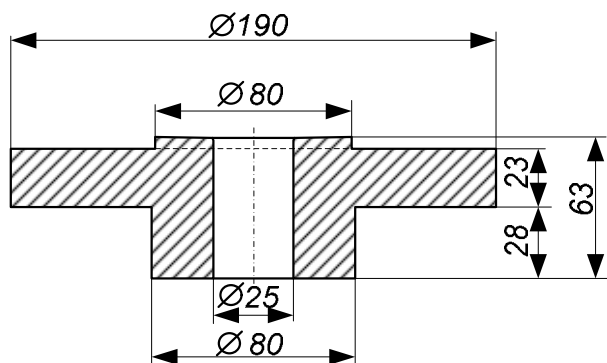


Рис. 3.4. Эскиз детали

Требуется спроектировать технологический процесс горячей штамповки детали, представленной на рис. 3.4.

Материал детали – сталь 40 с пределом прочности при растяжении $\delta_B = 58 \text{ кг/мм}^2$, масса детали 6,4 кг.

В соответствии с диаграммой

Fe – Fe₃C интервал температур обработки заданной стали принимается 1200...800 °С.

Время нагрева T, ч, ориентировочно может быть определено по формуле Н.Н. Доброхотова: $T = \alpha K D \sqrt{D}$, где α – коэффициент, учитывающий способ укладки заготовки в печи; D – диаметр или наименьший размер сечения заготовки, М; K – коэффициент, учитывающий степень легирования стали (для углеродистой стали K= 10, для легированной стали этот коэффициент повышается до 20).

Для нагрева заготовки при единичном и мелкосерийном производстве можно использовать камерную печь, а при крупносерийном – методическую.

На следующем этапе выполняется эскиз поковки (рис. 3.5) с учетом припусков на механическую обработку и штамповочных уклонов.

Поковка может быть изготовлена с отклонениями от номинальных размеров в пределах допусков в соответствии с требованиями нормативной документации.

Припуски устанавливаются по табл. 3.1.

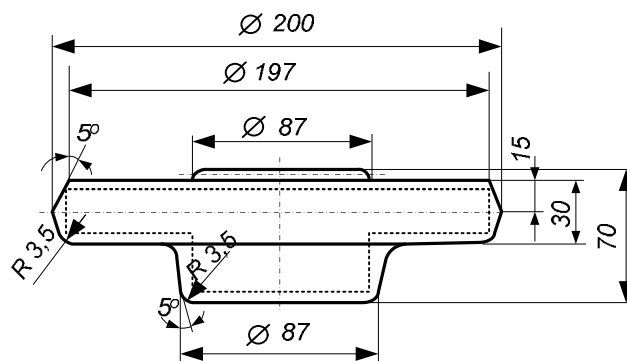


Рис. 3.5. Эскиз поковки

Таблица 3.1

Припуски на сторону поковок, изготовляемых горячей объемной штамповкой из черных металлов

| Масса штампованных поковок, кг | Длина, ширина и высота поковок, мм | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | До 50 | 50...120 | 121...180 | 181...260 | 261...360 |
| 6,3...10,00 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,1 |
| 10,00...16,00 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,3 |
| 16,00...25,00 | 3,7 | 3,9 | 4,1 | 4,3 | 4,6 |
| 25,00...40,00 | 4,1 | 4,3 | 4,5 | 4,7 | 5,0 |
| 40,00...63,00 | 4,5 | 4,7 | 4,9 | 5,1 | 5,4 |

Штамповочные уклоны принимаются равными 5...7° для наружных и 7...10° для внутренних поверхностей.

Напуски назначаются в тех местах, которые не выполнимы при данном способе обработки. Например, отверстия диаметром до 30 мм при штамповке не выполнимы (что имеет место в рассматриваемом примере).

Приблизленно определяется объем поковки с припуском на обработку и без учета облойной канавки:

$$V_{\text{пок}} = V_1 + V_2;$$

$$V_1 = \pi/4 (D^2 - d^2) l = 0,78 (19,7^2 - 8,7^2) 3 = 730 \text{ см}^3;$$

$$V_2 = \pi/4 \cdot d^2 \cdot l_1 = 0,78 \cdot 8,7^2 \cdot 7 = 415 \text{ см}^3; \quad V_{\text{пок}} = 1145,0 \text{ см}^3.$$

Рассчитывается масса поковки, кг,

$$G_{\text{пок}} = \frac{V_{\text{пок}} \gamma}{10^3}, \quad (3.1)$$

где γ – плотность металла поковки, г/см³ (для стали 40 $\gamma = 7,8$ г/см³).

$$G_{\text{пок}} = \frac{1145 \cdot 7,8}{1000} = 8,9 \text{ кг}.$$

Масса поковки уточняется по табл. 3.1. Если масса выходит за пределы массы (группа от 6,3 до 10,0 кг), по которой определялись припуски на обработку, то назначаются другие припуски (последующих групп), и масса поковки рассчитывается повторно.

Устанавливаются размеры облойной канавки (рис. 3.6).

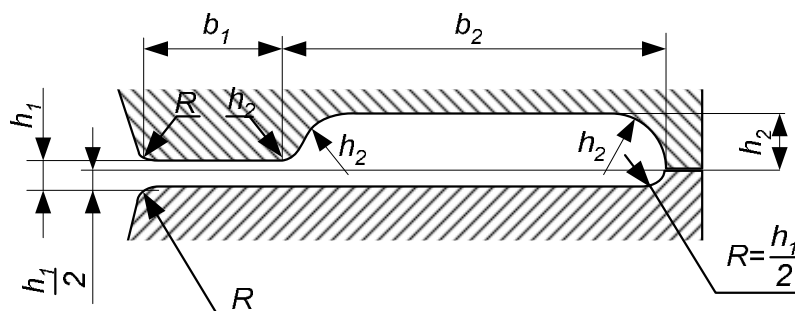


Рис. 3.6. Эскиз облойной канавки

Высота перемычки мостика облойной канавки h_1 , мм, приблизительно определяется по формулам:

– для поковок произвольной формы в плане

$$h_1 = 0,015 \sqrt{F_{\text{п}}}, \quad (3.2)$$

где $F_{\text{п}}$ – площадь проекции поковки на плоскость разъема штампа, мм²;

– для квадратной в плане поковки

$$h_1 = 0,015 A_{\text{п}}, \quad (3.3)$$

где $A_{\text{п}}$ – сторона поковки в плоскости разъема штампа, мм;

– для круглой в плане поковки

$$h_1 = 0,0133 D_{\Pi}, \quad (3.4)$$

где D_{Π} – диаметр поковки в плоскости разъема штампа, мм.

Остальные размеры и площадь сечения облойной канавки S_0 определяются в соответствии с величиной h_1 по табл. 3.2.

Таблица 3.2

Размеры облойной канавки

| h_1 , мм | h_2 , мм | R, мм | b_1 , мм | b_2 , мм | S_0 , мм ² |
|------------|------------|-------|------------|------------|-------------------------|
| 0,6 | 3,0 | 1,0 | 6,0 | 18,0 | 52,0 |
| 0,8 | 3,0 | 1,0 | 6,0 | 20,0 | 69,0 |
| 1,0 | 3,0 | 1,0 | 7,0 | 22,0 | 80,0 |
| 1,6 | 3,5 | 1,0 | 8,0 | 22,0 | 102,0 |
| 2,0 | 4,0 | 1,5 | 9,0 | 25,0 | 136,0 |
| 3,0 | 5,0 | 1,5 | 10,0 | 28,0 | 201,0 |
| 4,0 | 6,0 | 2,0 | 11,0 | 30,0 | 268,0 |
| 5,0 | 7,0 | 2,0 | 12,0 | 32,0 | 343,0 |
| 6,0 | 8,0 | 2,5 | 13,0 | 35,0 | 435,0 |
| 8,0 | 10,0 | 3,0 | 14,0 | 38,0 | 601,0 |
| 10,0 | 12,0 | 3,0 | 15,0 | 40,0 | 768,0 |

Для рассматриваемого примера поковка в плане имеет круглую форму. Следовательно, $h_1 = 0,0133 \cdot 200 = 2,66$ мм. Полученная величина округляется до 3,0 мм и по данным табл.3.2 устанавливаются остальные размеры: $h_2 = 5,0$ мм; $R = 1,5$ мм; $b_1 = 10$ мм; $b_2 = 28$ мм; $S_0 = 201$ мм².

Определяется масса заготовки, кг,

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{пок}} + G_{\text{обл}} + G_{\text{уг}}, \quad (3.5)$$

где $G_{\text{пок}}$, $G_{\text{обл}}$, $G_{\text{уг}}$ – массы поковки, облоя и угара соответственно, кг.

Масса облоя рассчитывается по формуле

$$G_{\text{обл}} = \frac{0,7 S_0 \Pi_0 \gamma}{10^6}, \quad (3.6)$$

где Π_0 – периметр по центру облойной канавки в плоскости разъема штампа, мм,

$$\Pi_0 = \pi d_0 = 3,14 \cdot 248 \text{ мм (для круглой детали);}$$

$$G_{\text{обл}} = \frac{0,7 \cdot 201 \cdot 3,14 \cdot 248 \cdot 7,8}{10^6} = 0,8 \text{ кг.}$$

Масса угара принимается равной 3 % от массы поковки с облоем:

$$G_{\text{уг}} = 0,03 (G_{\text{пок}} + G_{\text{обл}}) = 0,03 (8,9 + 0,8) = 0,291 \approx 0,3 \text{ кг}$$

Тогда масса заготовки составит:

$$G_{\text{заг}} = 8,9 + 0,8 + 0,3 = 10,0 \text{ кг.}$$

По результатам проведенных расчетов определяются размеры заготовки. Заготовкой при горячей штамповке, как правило, служит горячекатаный прокат круглого или квадратного сечения. Диаметр проката $D_{\text{заг}}$, см, или сторона квадрата $A_{\text{заг}}$, см, рассчитываются следующим образом:

$$D_{\text{заг}} = 1,08 \sqrt[3]{\frac{G_{\text{заг}} \cdot 10^3}{m \gamma}}; \quad A_{\text{заг}} = \sqrt[3]{\frac{G_{\text{заг}} \cdot 10^3}{m \gamma}}, \quad (3.7)$$

где m – коэффициент, обозначающий отношение длины заготовки L к диаметру или стороне квадрата. Величина m принимается в пределах 1,5...2,5.

Длины цилиндрической L_1 , см, и квадратной L_2 , см, заготовок определяются как

$$L_1 = 1,24 \frac{G_{\text{заг}} \cdot 10^3}{\gamma D_{\text{заг}}^2}; \quad L_2 = \frac{G_{\text{заг}} \cdot 10^3}{A_{\text{заг}} \gamma}. \quad (3.8)$$

Для раскроя заготовки в рассматриваемой задаче выбирается круглый прокат. Расчетный диаметр заготовки при $m = 1,8$ составит:

$$D_{\text{заг}} = 1,08 \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 1000}{1,8 \cdot 7,8}} = 9,6 \text{ см.}$$

Длина заготовки:

$$L_3 = 1,24 \frac{10 \cdot 1000}{7,8 \cdot 9,6^2} = 17,2 \text{ см.}$$

Окончательно по сортаменту диаметр заготовки принимается равным 10 мм, а длина 170 мм.

В заключение выполняется эскиз чистового ручья штампа по полученным размерам (рис. 3.7).

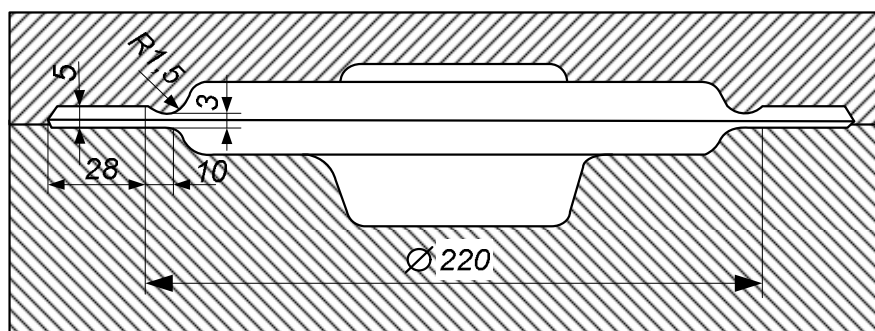


Рис. 3.7. Чистовой ручей штампа

Для реализации разработанного технологического процесса получения поковки определяются масса падающих частей молота G_M , кг, и усилие обрезающего пресса P_{II} , кг,

$$G_M = \alpha F, \quad (3.9)$$

где α – коэффициент, равный 8 кг/см^2 ; F – площадь проекции поверхности поковки на плоскость разреза штампа, включая плоскость мостика облойной канавки, см^2 ,

$$P_{II} \geq 1,4 \Pi \delta \sigma_B, \quad (3.10)$$

где Π – периметр реза, мм; δ – толщина реза ($\delta = 1,5 h_1$);

$$G_M = 8 \cdot 0,78 \cdot 22^2 = 3020,1 \text{ кг};$$

$$P_{II} = 1,4 \cdot 628 \cdot 4,5 \cdot 58 = 229471 \text{ кг}; \quad P_{II} = 229,5 \text{ т}.$$

В соответствии с рассчитанными значениями G_M и P_{II} по справочной литературе принимаются модели штамповочного молота и обрезающего пресса.

4. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ № 1, 2, 3

Каждый студент выполняет три контрольные работы, состоящие из ответа на вопрос и решения технологической задачи: студенты ИИФО выбирают из табл. 4.1 по двум последним цифрам шифра, указанного в зачетной книжке; студентам дневной формы обучения вариант задания назначает преподаватель.

При оформлении контрольных работ текст вопросов и условий задач нужно приводить полностью, ответы иллюстрировать эскизами, схемами, графиками и таблицами, давать пояснения к ним. Эскизы следует выполнять аккуратно, с использованием чертежного инструмента. Не допускается использование ксерокопий, копирования с помощью кальки, вырезок из литературы и т. д.

Работу рекомендуется выполнять в такой последовательности:

– по табл. 4.1 вариантов заданий по каждой контрольной работе выб-

рать номера вопросов и задач;

- ознакомиться с рабочей программой дисциплины и методическими рекомендациями настоящего пособия;

- письменно ответить на поставленные вопросы;

- привести подробное решение технологических задач, строго придерживаясь требований методических рекомендаций. К приведенным формулам должны быть даны пояснения всех символов непосредственно под формулой, принимаемым параметрам даны обоснования и ссылки на литературные источники, указаны размерности и т. д.

Таблица 4.1

Варианты заданий

| Две последние цифры шифра | Номер контрольной работы | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|-----|--------|--|--|--|--|
| | 1 | | | | | 2 | | | | | 3 | | | | |
| | Номера вопросов и задач | | | | | | | | | | | | | | |
| | вопрос | | задача | | вопрос | | задача | | вопрос | | задача | | | | |
| 01 | 21 | 41 | 61 | 81 | 1 | 21 | 41 | 61 | 81 | 101 | | | | | |
| 02 | 22 | 42 | 62 | 82 | 2 | 22 | 42 | 62 | 82 | 102 | | | | | |
| 03 | 23 | 43 | 63 | 83 | 3 | 23 | 43 | 63 | 83 | 103 | | | | | |
| 04 | 24 | 44 | 64 | 84 | 4 | 24 | 44 | 64 | 84 | 104 | | | | | |
| 05 | 25 | 45 | 65 | 85 | 5 | 25 | 45 | 65 | 85 | 105 | | | | | |
| 06 | 26 | 46 | 66 | 86 | 6 | 26 | 46 | 66 | 86 | 106 | | | | | |
| 07 | 27 | 47 | 67 | 87 | 7 | 27 | 47 | 67 | 87 | 107 | | | | | |
| 08 | 28 | 48 | 68 | 88 | 8 | 28 | 48 | 68 | 88 | 108 | | | | | |
| 09 | 29 | 49 | 69 | 89 | 9 | 29 | 49 | 69 | 89 | 109 | | | | | |
| 10 | 30 | 50 | 70 | 90 | 10 | 30 | 50 | 70 | 90 | 110 | | | | | |
| 11 | 31 | 51 | 71 | 91 | 11 | 31 | 51 | 71 | 91 | 111 | | | | | |
| 12 | 32 | 52 | 72 | 92 | 12 | 32 | 52 | 72 | 92 | 112 | | | | | |
| 13 | 33 | 53 | 73 | 93 | 13 | 33 | 53 | 73 | 93 | 113 | | | | | |
| 14 | 34 | 54 | 74 | 94 | 14 | 34 | 54 | 74 | 94 | 114 | | | | | |
| 15 | 35 | 55 | 75 | 95 | 15 | 35 | 55 | 75 | 95 | 115 | | | | | |
| 16 | 36 | 56 | 76 | 96 | 16 | 36 | 56 | 76 | 96 | 116 | | | | | |
| 17 | 37 | 57 | 77 | 97 | 17 | 37 | 57 | 77 | 97 | 117 | | | | | |
| 18 | 38 | 58 | 78 | 98 | 18 | 38 | 58 | 78 | 98 | 118 | | | | | |
| 19 | 39 | 59 | 79 | 99 | 19 | 39 | 59 | 79 | 99 | 119 | | | | | |
| 20 | 40 | 60 | 80 | 00 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | | | | | |

В конце каждой работы (выполняются отдельно) приводится список литературы. На страницах необходимо оставлять поля для замечаний рецензента. Страницы работ пронумеровываются.

4.1. Контрольная работа № 1. Сварочное производство

При выполнении работы необходимо в соответствии с заданным вариантом ответить на вопрос и решить технологическую задачу.

4.1.1. Вопросы

1. Объясните сущность сварки плавлением и перечислите её способы. Дайте сравнительную оценку способов.
2. Объясните сущность сварки давлением и перечислите её способы. Дайте сравнительную оценку способов.
3. Объясните сущность ацетилено-кислородной сварки и резки; какое оборудование используется при этом способе?
4. Объясните, почему нельзя применять кислородную резку для цветных металлов и высоколегированных сплавов?
5. Объясните сущность ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Дайте характеристику типам обмазок электродов.
6. Объясните сущность автоматической сварки под флюсом. Дайте сравнительную характеристику применяемым флюсам.
7. Объясните сущность сварки и наплавки в среде защитных газов. Опишите, какие газы используются при этом способе.
8. Какие типы сварочной проволоки и почему рекомендуется применять при сварке в среде углекислого газа?
9. Опишите назначение и сущность электрошлаковой сварки и наплавки. Объясните, в чем их отличие от сварки под флюсом. Каковы преимущества и недостатки способов?
10. Опишите назначение и сущность сварки самозащитной порошковой проволокой. Что представляет собой порошковая проволока?
11. Опишите сущность и применяемое оборудование для газовой сварки. Какие газы используются при этом способе?
12. Объясните, в чем состоит трудность сварки легированных сталей?
13. Объясните, в чем состоит трудность сварки чугунов?
14. Объясните, в чем состоят трудности сварки цветных металлов и сплавов на их основе.
15. Опишите классификацию и обозначение электродов для ручной дуговой сварки.
16. Опишите классификацию источников питания сварочной дуги. Приведите схему сварочного трансформатора и объясните, как формируется его внешняя характеристика.
17. Как обозначаются источники питания сварочной дуги? Приведите схему сварочного выпрямителя и объясните сущность формирования его внешней характеристики.
18. Что называется свариваемостью? Каковы критерии свариваемости? Как классифицируются стали по свариваемости?
19. Каково влияние металлургических процессов, происходящих в сварочной ванне, на структуру и свойства наплавленного металла?

20. Как выбирается внешняя характеристика источника питания для ручной дуговой сварки?

4.1.2. Задачи

Условия задач приведены в табл. 4.2. При решении необходимо следующее.

1. Выполнить эскиз заданной детали, указав размеры. Утолщенной линией отметить места сварки или наплавки. Начертить эскиз разделки и указать размеры сварного шва.

2. Определить свариваемость материала заданной детали, назначить операции по предупреждению возможности образования холодных и горячих трещин.

3. Выбрать и обосновать сварочно-наплавочные материалы (марку электрода или проволоки, диаметр, типы обмазки, флюса и др.).

4. Разработать технологический процесс сварки или наплавки:

- назначить операции подготовки к сварочно-наплавочным работам;
- выбрать и обосновать род тока и полярность;
- рассчитать (в отдельных случаях принять) силу сварочного тока и напряжение;
- определить ориентировочно длину дуги;
- рассчитать скорость сварки и при необходимости скорость подачи электродной проволоки.

5. Определить время горения дуги и время сварки.

6. Определить расход сварочно-наплавочных материалов и электроэнергии.

7. Выбрать и обосновать метод контроля качества сварки.

8. Выбрать и обосновать сварочное оборудование, тип источника питания и его внешнюю характеристику, технологическую оснастку.

9. Отразить основные вопросы охраны труда и техники безопасности при реализации разработанной технологии сварки (наплавки).

Таблица 4.2

Варианты условий задач

| Номер задачи | Условие задачи (операция) | Номер рисунка детали в прил. 1 | Материал детали | Требования к металлу шва или покрытию после наплавки |
|---|---|--------------------------------|-----------------|--|
| Ручная дуговая сварка (наплавка) покрытыми электродами | | | | |
| 21 | Заварить две несквозные трещины в боковине рамы электровоза. Глубина трещин 12 мм; длина трещины А – 150 мм; трещины В – 220 мм | 1 | 09Г2С | $\sigma_B = 500$ МПа |
| 22 | Приварить диск Б угловым швом по всему периметру. Катет шва – 5 мм с усилением | 2 | 40ХН | $\sigma_B = 360$ МПа |

| | | | | |
|----|--|---|-------|----------------------|
| 23 | Приварить к втулке четыре ребра жесткости. Катет угловых швов – 7 мм с усилением | 3 | 45 | $\sigma_B = 560$ МПа |
| 24 | Заварить стыковой шов А втулки | 3 | 45 | $\sigma_B = 560$ МПа |
| 25 | Заварить стыковой шов С рессорного хомута | 4 | 20Х | $\sigma_B = 360$ МПа |
| 26 | Заварить сквозную трещину В длиной 120 мм на вертикальной полке шкворневой балки полувагона | 6 | 25ХГ | $\sigma_B = 360$ МПа |
| 27 | Приварить две усиливающие накладки Б на вертикальной полке шкворневой балки полувагона. Катет угловых швов – 5 мм без усиления. Периметр накладок 650 и 570 мм | 6 | 09Г2С | $\sigma_B = 360$ МПа |

Окончание табл. 4.2

| Номер задачи | Условие задачи (операция) | Номер рисунка детали в прил. 1 | Материал детали | Требования к металлу шва или покрытию после наплавки |
|--|---|--------------------------------|-----------------|--|
| Полуавтоматическая сварка (наплавка) в среде защитного углекислого газа | | | | |
| 28 | Наплавить изношенную поверхность А подпятника вагона. Величина износа – 6 мм | 7 | 25ХГ | НВ 1200 МПа |
| 29 | Наплавить изношенную поверхность А над-рессорной балки тележки вагона. Величина износа – 4 мм | 5 | 25ХГ | НВ 1200 МПа |
| 30 | Заварить две несквозные трещины в боковине рамы электровоза. Глубина трещины – 8 мм. Длина трещины А – 100 мм, трещины В – 130 мм | 1 | Ст5 | $\sigma_B = 500$ МПа |
| 31 | Заварить торцевой шов А на опорном кольце буксового узла тележки вагона | 2 | Ст3Гсп | $\sigma_B = 360$ МПа |
| Полуавтоматическая сварка (наплавка) самозащитной порошковой проволокой | | | | |
| 32 | Наплавить изношенную поверхность А клина амортизатора тележки вагона. Размеры поверхности 135×200 мм. Величина износа 5 мм | 9 | 25ХГС | НВ 1200 МПа |
| 33 | Наплавить изношенную поверхность А втулки шпинтона тележки вагона. Величина износа – 3 мм | 8 | 35ХГ | НВ 1400 МПа |
| 34 | Наплавить изношенную поверхность А рессорного хомута. Площадь поверхности – 7500 мм ² , величина износа – 5 мм, диаметр порошковой проволоки $d_{пр} = 2,8$ мм | 4 | 25СГ | НВ 2800 МПа |
| 35 | Наплавить изношенную поверхность А над-рессорной балки тележки вагона. Величина износа – 6 мм, диаметр порошковой проволоки $d_{пр} = 3$ мм | 5 | 25Л | НВ 1400 МПа |
| 36 | Наплавить изношенную поверхность А втулки шпинтона тележки вагона. Величина износа – 5 мм, диаметр порошковой проволоки $d_{пр} = 3$ мм | 8 | 35 | НВ 3400 МПа |
| 37 | Наплавить изношенную поверхность А клина амортизатора тележки вагона. Размеры поверх- | 9 | 25Л | НВ 1310 МПа |

| | | | | |
|---|--|---|-----|-------------|
| | ности – 135×175 мм, диаметр порошковой проволоки $d_{пр} = 3$ мм. Величина износа – 4 мм | | | |
| Автоматическая наплавка под флюсом | | | | |
| 38 | Наплавить изношенную поверхность А подпятника вагона. Величина износа поверхности – 7 мм | 7 | 25Л | НВ 2500 МПа |
| 39 | Наплавить изношенную поверхность А втулки шпинтона тележки вагона. Величина износа – 6 мм | 8 | 35 | НВ 2700 МПа |
| 40 | Наплавить изношенную поверхность А клина амортизатора тележки вагона. Величина износа – 7 мм. Размеры поверхности – 135×200 мм | 9 | 25Л | НВ 1800 МПа |

4.2. Контрольная работа № 2. Обработка металлов резанием

При выполнении работы необходимо (в соответствии с заданным вариантом, табл. 4.1) письменно дать ответ на вопрос и решить технологическую задачу.

4.2.1. Вопросы

41. Опишите устройство и принцип работы универсального токарно-винторезного станка.

42. Опишите устройство и принцип работы вертикально-сверлильного станка.

43. Опишите устройство и принцип работы универсального горизонтально-фрезерного станка.

44. Опишите устройство и принцип работы вертикально-фрезерного станка.

45. Опишите устройство и принцип работы зубодолбежного станка.

46. Опишите устройство и принцип работы круглошлифовального станка.

47. Опишите устройство и принцип работы внутришлифовального станка.

48. Опишите устройство и принцип работы токарного автомата.

49. Опишите устройство и принцип работы строгального станка с гидроприводом.

50. Опишите сущность отделочных методов абразивной обработки.

51. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части токарного проходного резца, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

52. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части токарного расточного резца, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

53. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части токарного отрезного резца, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

54. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части токарного сборного резца с неперетачиваемыми твердосплав-

ными пластинами, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

55. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части спирального сверла, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

56. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части спирального сверла улучшенной конструкции, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

57. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части цилиндрической фрезы, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

58. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части торцевой фрезы, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

59. Опишите конструкцию и геометрические параметры (углы заточки) режущей части протяжки, их влияние на качество обрабатываемой поверхности.

60. Назовите виды шлифования, классификацию и обозначение шлифовальных кругов.

Примечание. При ответе на вопросы 41...49 необходимо привести кинематическую или принципиальную схему соответствующего металлорежущего станка. При описании принципа работы особое внимание следует уделить механизму главного движения, движению подачи, креплению обрабатываемой детали и режущего инструмента.

Отвечая на вопросы 51...59, следует вычертить чертеж или эскиз соответствующего режущего инструмента, указать на нем наименование отдельных частей и углов заточки. Описать, в каких пределах изменяются углы и как они влияют на качество обрабатываемой поверхности.

4.2.2. Задачи

Рассчитать режим резания, основное технологическое время и коэффициент использования станка по мощности обработки резанием части детали в соответствии с условием задачи (табл. 4.3). Эскизы к задачам приведены в прил. 2 (рис. 1–6).

При решении задачи необходимо соблюдать определенную последовательность.

1. Начертить эскиз заданной детали в том положении, в каком она устанавливается на станке, указать размеры. Утолщенной линией (в соответствии с заданием) отметить обрабатываемые поверхности.

2. Обосновать и принять тип и модель металлорежущего станка. Привести его основные паспортные данные. Рассчитать (при необходимости) для всех ступеней значения подач и частот вращения вала шпинделя.

3. Выбрать крепежное приспособление.

4. Выбрать и обосновать тип режущего инструмента, материал и геомет-

рические параметры его режущей части. Привести эскиз инструмента с указанием размеров и углов заточки. Обосновать и принять период стойкости.

5. Рассчитать режимы резания. Для этого необходимо:

- определить глубину резания;
- принять подачу и откорректировать ее в соответствии с паспортными данными выбранного станка;
- рассчитать скорость резания и частоту вращения вала шпинделя. Скорректировать последнюю с паспортными данными станка и рассчитать фактическую скорость резания;
- определить силы резания, крутящий момент, осевую силу (в зависимости от вида обработки), сравнить их с паспортными данными выбранного станка. При превышении расчетных величин над паспортными осуществить корректировку проведенных расчетов;
- рассчитать эффективную и потребную мощности и сравнить последнюю с мощностью электродвигателя выбранного станка путем расчета коэффициента использования. В случае его отклонения от рациональных значений (рациональными считаются $K_{ис} = 0,85 \dots 0,9$), расчет режимов осуществить заново, откорректировав принятые автором параметры (подача, глубина резания, тип станка, материал, геометрия режущего инструмента и др.).

Таблица 4.3

Варианты условий задач

| Номер задачи | Условие задачи (операция) | Номер рисунка (эскиз детали в прил. 2) | Материал детали и его механические свойства |
|-----------------------------|--|--|---|
| Токарная операция | | | |
| 61 | Обточить поверхность А от $D_0 = 115$ мм до $D = 110$ мм | 6 | Сталь 45 $\sigma_B = 600$ МПа |
| 62 | Обточить поверхность А от $D_0 = 125$ мм до $D = 120$ мм | 4 | СЧ 20 НВ 2000 МПа |
| 63 | Обточить часть вала $D = 60$ мм. Предварительный $D = 67$ мм | 1 | Сталь 20 $\sigma_B = 480$ МПа |
| 64 | Расточить отверстие $D = 155$ мм на глубину 20 мм. Предварительный $D_0 = 148$ мм | 3 | КЧ 35-4 НВ 2600 МПа |
| 65 | Расточить отверстие $D = 50$ мм на глубину 80 мм. Предварительный $D_0 = 45$ мм | 5 | Сталь 40Х $\sigma_B = 700$ МПа |
| 66 | Отрезать часть вала Б длиной 40 мм | 1 | Сталь 45 $\sigma_B = 600$ МПа |
| 67 | Подрезать торец Б. Припуск на обработку 4 мм | 5 | Сталь 20 $\sigma_B = 520$ МПа |
| 68 | Подрезать торец Б. Припуск на обработку 3 мм | 6 | СЧ 20 НВ 1800 МПа |
| Сверлильная операция | | | |
| 69 | Сверлить шесть отверстий $D = 11$ мм | 4 | Сталь 35 $\sigma_B = 680$ МПа |
| 70 | Сверлить четыре отверстия $D = 20$ мм | 2 | КЧ 30-6 НВ 2400 МПа |

| | | | |
|---------------------------|---|---|-----------------------------------|
| 71 | Рассверлить четыре отверстия от $D_o = 10$ мм до $D = 20$ мм | 2 | Сталь 40X $\sigma_B = 700$ МПа |
| 72 | Рассверлить восемь отверстий от $D_o = 5$ мм до $D = 22$ мм | 3 | СЧ 15 НВ 1500 МПа |
| Фрезерная операция | | | |
| 73 | Фрезеровать две поверхности Б. Припуск на обработку 3 мм | 2 | СЧ 20 НВ 2000 МПа |
| 74 | Фрезеровать две опорные поверхности А. Припуск на обработку 4 мм | 2 | Сталь 40X $\sigma_B = 700$ МПа |
| 75 | Фрезеровать шпоночный паз А. Размеры паза $b \times t \times l = 8 \times 5 \times 80$ мм | 1 | Сталь 20 $\sigma_B = 520$ МПа |

Окончание табл. 4.3

| Номер задачи | Условие задачи (операция) | Номер рисунка (эскиз детали в прил. 2) | Материал детали и его механические свойства |
|------------------------------|---|--|---|
| Шлифовальная операция | | | |
| 76 | Шлифовать поверхность А. Припуск на обработку 0,5 мм | 6 | СЧ20 НВ = 2000 МПа |
| 77 | Шлифовать поверхность А на длину 55 мм. Припуск на обработку 0,4 мм | 5 | Сталь 20 $\sigma_B = 520$ МПа |
| 78 | Шлифовать отверстие $D = 150$ мм. Предварительный $D_o = 149,6$ мм | 3 | Сталь 35 $\sigma_B = 680$ МПа |
| Протяжная операция | | | |
| 79 | Протянуть два отверстия $D = 45$ мм. Предварительный $D_o = 40$ мм | 4 | Сталь 50 $\sigma_B = 780$ МПа |
| 80 | Протянуть шпоночный паз в отверстии $D = 80$ мм | 6 | СЧ 15 НВ 1500 МПа |

4.3. Контрольная работа № 3. Обработка металлов давлением

При выполнении работы необходимо в соответствии с заданным вариантом (табл. 4.1) письменно дать ответ на вопрос и решить технологическую задачу (табл. 4.4).

4.3.1. Вопросы

81. Дайте определение процессам, волочения и прессования. Приведите их принципиальные схемы. Поясните, какую роль играет пластичность металлов при обработке давлением.

82. Что называется пластической деформацией, какова ее сущность, как она влияет на структуру металла изделия при обработке давлением? Как плотность дислокаций влияет на сопротивление деформированию?

83. Приведите часть диаграммы «железо – цементит», относящуюся к сталям. Покажите на ней температурный интервал начала и конца обработки давлением и опишите сущность его выбора.

84. Что такое перегрев и пережог металла? Покажите, как осуществляется выбор времени нагрева заготовки при обработке давлением. Опишите при-

меняемые в производстве нагревательные устройства, приведите их схемы.

85. Дайте определение процессу прокатки металлов, опишите его сущность. Покажите силовую схему в момент захвата металла валками и объясните ее. Приведите основную продукцию прокатного производства.

86. Приведите схему прокатки, дайте характеристику прокатных станов по назначению, числу и расположению рабочих клетей. Какие профили получают при прокатке, где они применяются?

87. Приведите типовую схему прокатки балок и рельсов, покажите калибры для прокатки рельсов. Опишите технологический процесс получения профиля.

88. Приведите схему прокатки бесшовных труб, опишите технологический процесс, укажите сортамент получаемых бесшовных труб.

89. Приведите схему и опишите технологический процесс производства сварных труб. Какие станы используются для их изготовления?

90. Приведите схему и опишите процесс получения изделий методом прессования металлов. Поясните, в чем отличие пластической деформации при прессовании от пластической деформации при прокатке.

91. Опишите назначение процесса волочения. Приведите схему волочильного стана, объясните сущность процесса. Какие детали получают волочением?

92. Что называется ковкой металлов? Какие основные операцииковки? Приведите эскизы и поясните их сущность.

93. Дайте сравнение характера пластической деформации металла при ковке и прессовании. Приведите схему ковочного молота, изложите принцип его работы.

94. Дайте определение холодной штамповке. Приведите схемы ее основных видов и поясните их сущность.

95. Приведите схему прокатки цельнокатаных колес подвижного состава железных дорог. Опишите технологический процесс прокатки.

96. Приведите схему прокатки бандажей колесных пар локомотивов. Опишите сущность технологического процесса прокатки.

97. Приведите схемы и опишите сущность основных технологических операций листовой штамповки.

98. Приведите схемы и опишите прогрессивные способы обработки листового материала. Дайте их сравнительную оценку.

99. Начертите схему и приведите описание кривошипного пресса. В каких случаях он используется?

100. Изложите сущность получения гнутых профилей, дайте описание профилегибочного стана. Приведите примеры использования гнутых профилей на железнодорожном транспорте.

4.3.2. Задачи

Разработать технологический процесс получения поковки на молоте в штампе по заданному эскизу детали в соответствии с данными, приведенными

ми в табл. 4.4 и 4.5. Эскизы к задачам приведены в при. 3 (рис. 1–10).

При решении задач необходимо выполнить следующее:

1. Вычертить эскизы детали, поковки и облойной канавки.
2. Обосновать наиболее рациональный метод нагрева заготовки и температуры начала и окончания обработки.
3. Определить массу и размеры поковки и заготовки.
4. Вычертить эскиз окончательного (чистового) ручья штампа.
5. Определить необходимую массу падающих частей штамповочного молота и усилие обрезающего пресса.
6. Выбрать модели штамповочного молота и обрезающего пресса.

Таблица 4.4

Варианты условий задач

| Номер задачи | Номер рисунка (прил. 3) | Деталь | Размеры детали (табл. 4.5) | Марка стали | Предел прочности δ_B , кг/мм ² | Масса детали, кг |
|--------------|-------------------------|----------|----------------------------|-------------|--|------------------|
| 101 | 1 | Ступица | 1А | 60 | 68 | 7,6 |
| 102 | 1 | Ступица | 1Б | 45 | 61 | 9,6 |
| 103 | 2 | Ступица | 2А | 40 | 57 | 7,1 |
| 104 | 2 | Ступица | 2Б | Ст. 5 | 55 | 7,6 |
| 105 | 3 | Обойма | 3А | 35 | 53 | 10,1 |
| 106 | 3 | Обойма | 3Б | Ст. 5 | 55 | 11,6 |
| 107 | 4 | Обойма | 4А | 25 | 45 | 9,5 |
| 108 | 4 | Обойма | 4Б | 20 | 42 | 4,9 |
| 109 | 5 | Вал | 5А | 40Х | 100 | 4,7 |
| 110 | 5 | Вал | 5Б | 40Х | 100 | 6,5 |
| 111 | 6 | Шестерня | 6А | 20ХН | 95 | 4,2 |
| 112 | 6 | Шестерня | 6Б | 20ХН | 95 | 10,4 |
| 113 | 7 | Фланец | 7А | 40 | 57 | 5,3 |
| 114 | 7 | Фланец | 7Б | 45 | 61 | 2,1 |
| 115 | 8 | Шестерня | 8А | 18ХГТ | 115 | 6,6 |
| 116 | 8 | Шестерня | 8Б | 18ХГТ | 115 | 12,9 |
| 117 | 9 | Втулка | 9А | 45 | 60 | 9,5 |
| 118 | 9 | Втулка | 9Б | 40 | 57 | 15,3 |
| 119 | 10 | Фланец | 10А | 40 | 57 | 6,1 |
| 120 | 10 | Фланец | 10Б | 45 | 60 | 13,2 |

Таблица 4.5

Размеры деталей

| Вариант детали | Размеры, мм | | | | | | | | | |
|----------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | а | б | в | г | д | е | ж | и | к | л |
| 1А | 140 | 80 | 25 | 160 | 70 | 100 | | | | |
| 1Б | 128 | 76 | 34 | 215 | 60 | 105 | | | | |
| 2А | 140 | 75 | 20 | 20 | 100 | 60 | 160 | 60 | 90 | 30 |
| 2Б | 200 | 60 | 15 | 100 | 110 | 80 | 150 | 30 | 70 | 30 |
| 3А | 200 | 150 | 50 | 70 | 130 | 80 | 15 | 15 | | |
| 3Б | 260 | 170 | 70 | 100 | 95 | 50 | 15 | 15 | | |
| 4А | 250 | 220 | 180 | 80 | 60 | 10 | | | | |
| 4Б | 160 | 130 | 100 | 80 | 50 | 15 | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 5А | 80 | 100 | 280 | 60 | 40 | 70 | 60 | 40 | 30 | |
| 5Б | 100 | 100 | 300 | 80 | 40 | 60 | 50 | 40 | 30 | |
| 6А | 25 | 30 | 60 | 100 | 30 | 50 | 110 | 150 | 60 | |
| 6Б | 70 | 70 | 100 | 159 | 50 | 40 | 100 | 120 | 50 | |
| 7А | 60 | 25 | 95 | 100 | 15 | 150 | | | | |
| 7Б | 50 | 25 | 95 | 60 | 10 | 150 | | | | |
| 8А | 100 | 10 | 50 | 30 | 100 | 40 | 100 | 160 | 100 | |
| 8Б | 120 | 8 | 62 | 40 | 96 | 64 | 100 | 160 | 100 | |
| 9А | 200 | 150 | 70 | 130 | 100 | 50 | 30 | | | |
| 9Б | 250 | 200 | 120 | 180 | 140 | 60 | 35 | | | |
| 10А | 300 | 225 | 70 | 100 | 180 | 25 | 20 | 65 | | |
| 10Б | 200 | 130 | 30 | 60 | 100 | 15 | 15 | 54 | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специфика развития народного хозяйства страны в целом и железнодорожного транспорта в частности требует неуклонного повышения работоспособности технических устройств. Одним из путей решения такой задачи является разработка наиболее рациональных технологий поддержания надежности подвижного состава на необходимом уровне. К подобным технологиям относятся изготовление деталей давлением, восстановление сваркой и наплавкой с последующей механической обработкой наплавленных поверхностей.

В учебном пособии изложены основные этапы решения отмеченной проблемы, освоение которых позволит будущему инженеру-механику квалифицированно решать производственные задачи по повышению ресурса деталей подвижного состава, путевых машин и других изделий путем обоснованного подбора материалов различного функционального назначения для формирования заданных свойств восстанавливаемых поверхностей, оптимизации режимов, обеспечения технологических процессов наиболее рациональным оборудованием.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 1

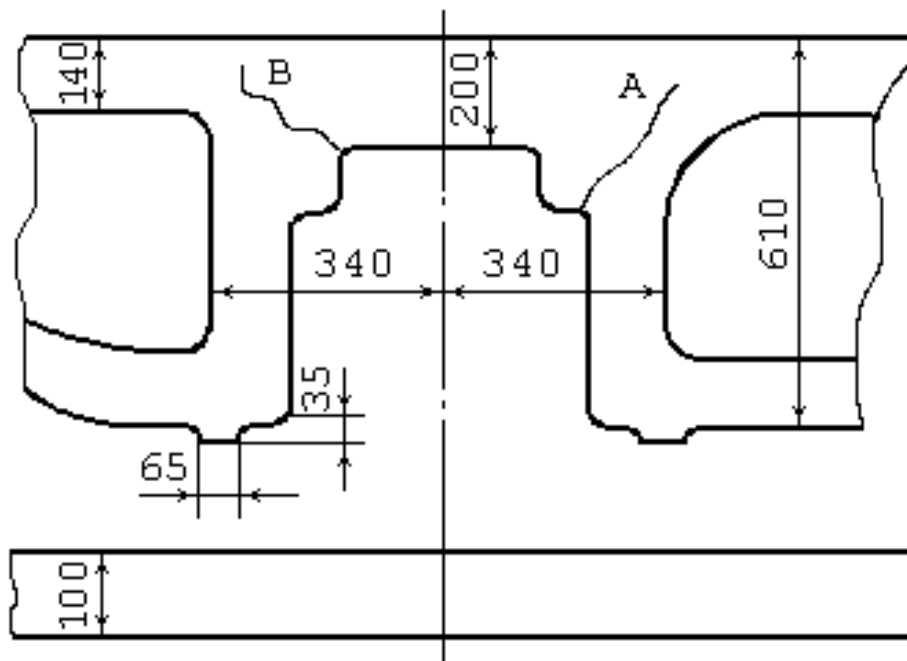


Рис. 1

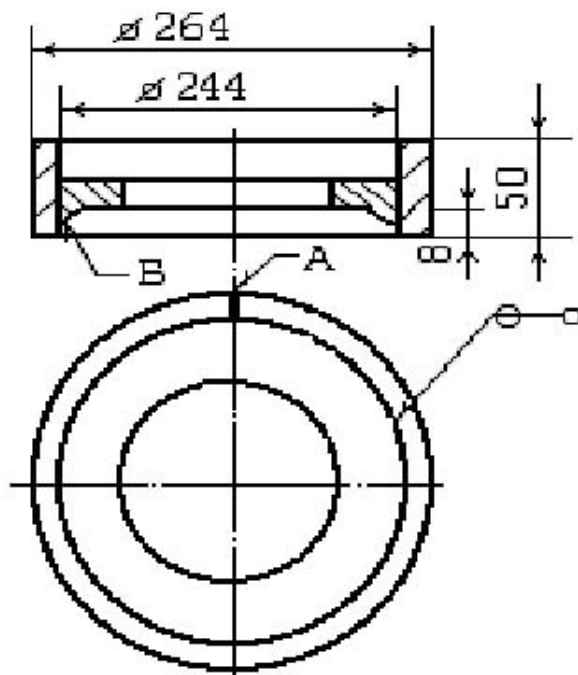


Рис. 2

Продолжение прил. 1

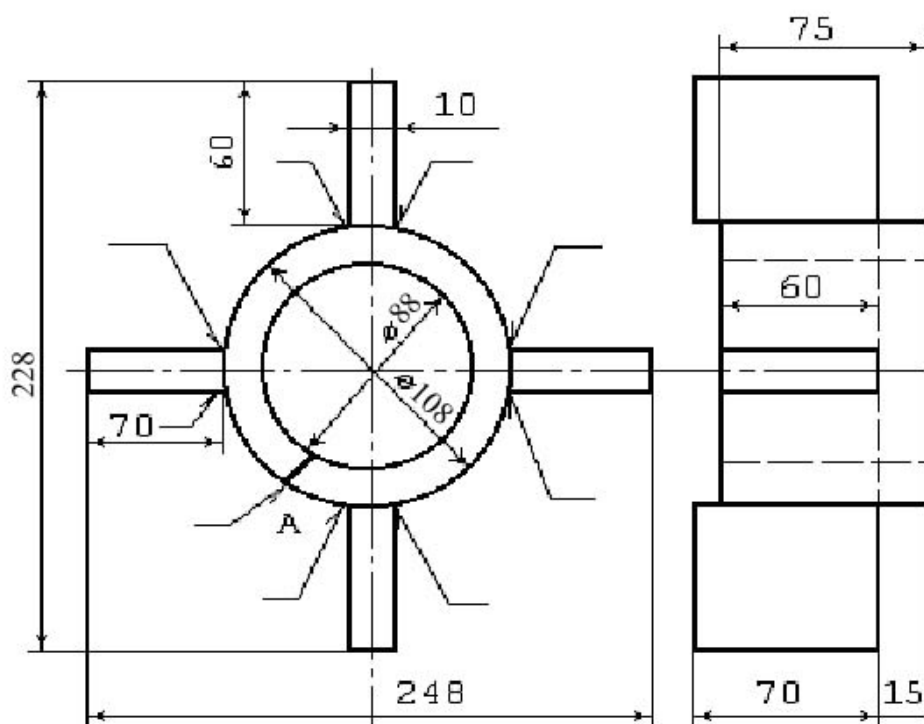


Рис. 3

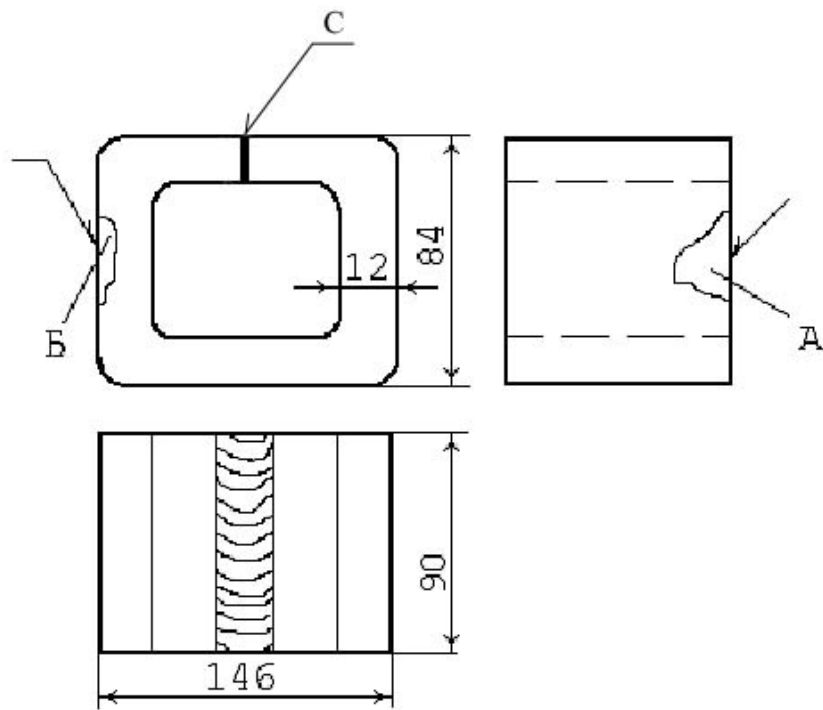


Рис. 4

Продолжение прил. 1

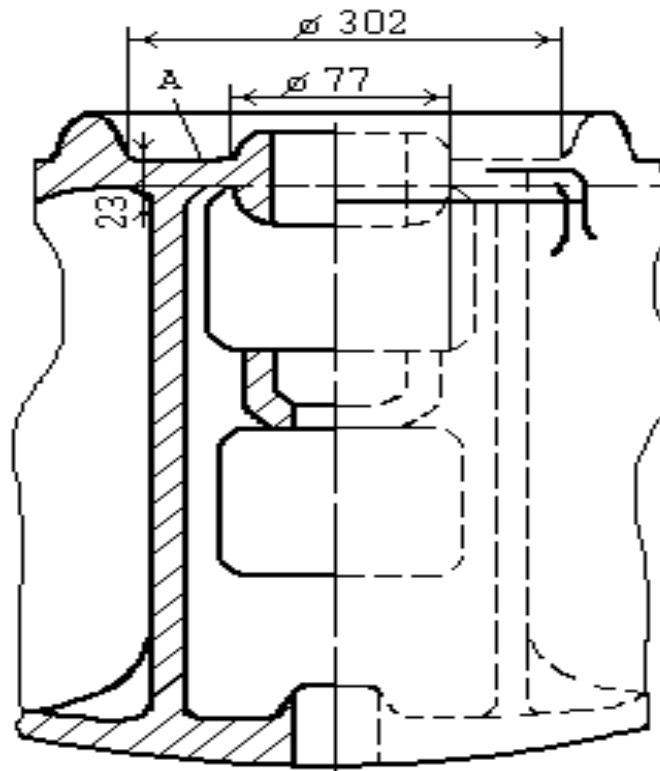


Рис. 5

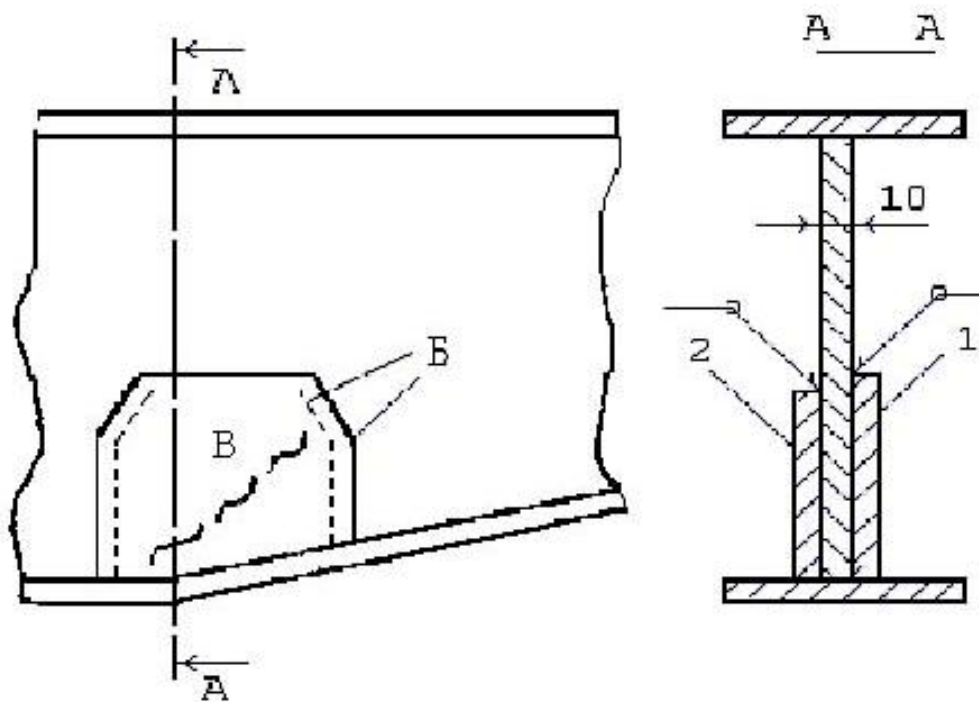


Рис. 6

Продолжение прил. 1

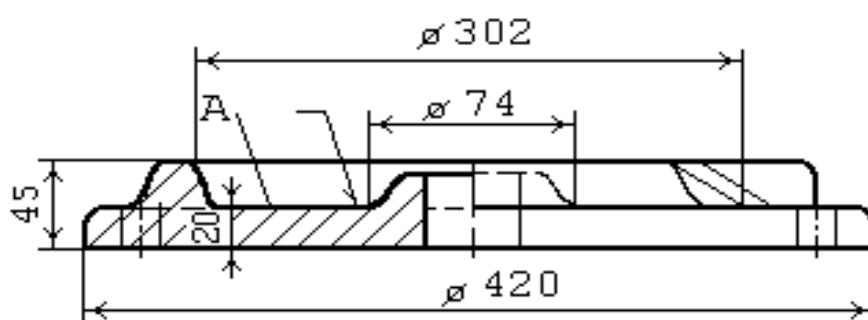


Рис. 7

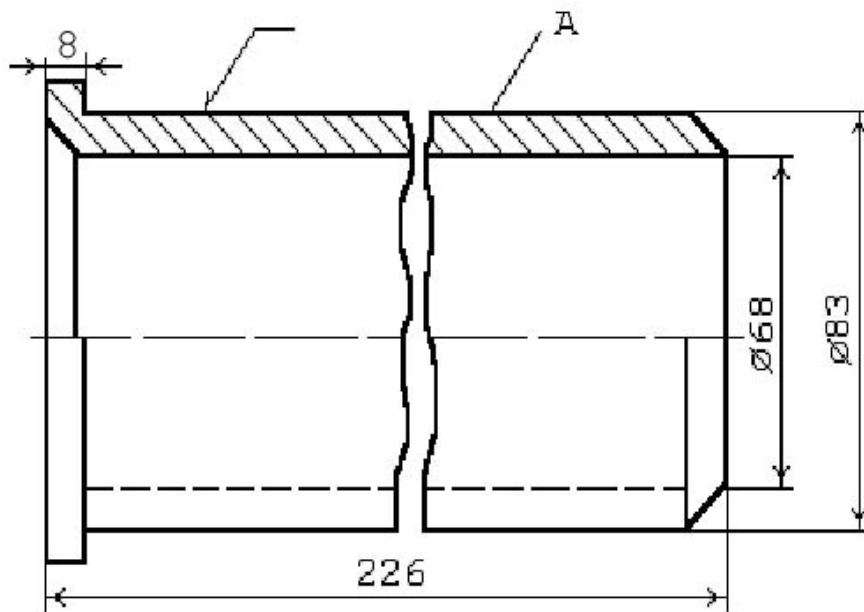


Рис. 8

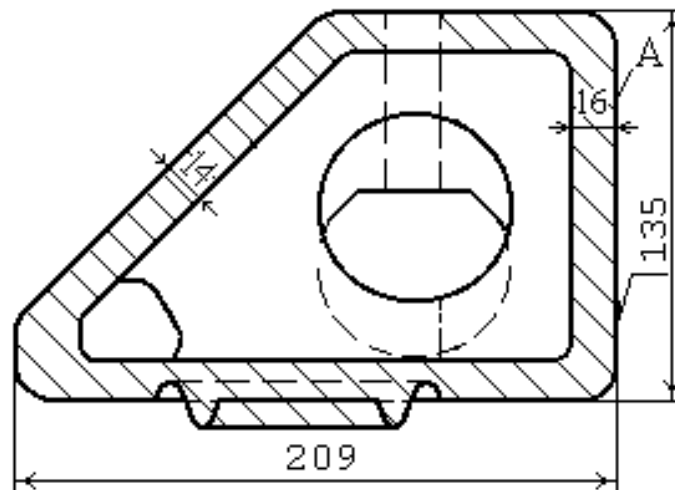


Рис. 9

Продолжение прил. 1

Таблица 1

**Технические характеристики сварочных выпрямителей
с падающими внешними характеристиками**

| Параметр | ВД-306 | ВД-501 |
|----------|--------|--------|
|----------|--------|--------|

| | | |
|--|-------------|--------------|
| Климатическое исполнение, категория размещения | У3, Т3 | У3 |
| Продолжительность цикла сварки, мин | 5 | 10 |
| Номинальный сварочный ток, А | 315 | 500 |
| Пределы регулирования сварочного тока, А | 45–315 | 50–500 |
| Номинальное рабочее напряжение, В | 32,6 | 40 |
| Напряжение холостого хода, В, не более | 70 | 80 |
| Первичная мощность, кВА, не более | 21 | 42 |
| Кпд, %, не более | 70 | 69 |
| Габаритные размеры, мм | 765×735×772 | 550×805×1062 |
| Масса, кг, не более | 170 | 370 |

Таблица 2

**Технические характеристики сварочных выпрямителей ВДГ
с жесткими внешними характеристиками**

| Параметр | ВДГ-302 | ВДГ-601 |
|--|--------------|---------------|
| Климатическое исполнение, категория размещения | У3, Т3 | У3,Т4 |
| Номинальный сварочный ток, А | 315 | 630 |
| Пределы регулирования: | | |
| сварочного тока, А | 50–315 | 100–700 |
| рабочего напряжения, В | 16–38 | 18–66 |
| Номинальное рабочее напряжение, В | 38 | 66 |
| Напряжение холостого хода, В | 55 | 90 |
| Первичная мощность, кВА | 19 | 69 |
| Кпд, % | 75 | 82 |
| Габаритные размеры, мм | 748×1045×953 | 900×1250×1125 |
| Масса, кг | 275 | 570 |

Продолжение прил. 1

Таблица 3

**Технические характеристики сварочных выпрямителей
серии ВДУ с жесткой и падающей внешними характеристиками**

| Параметр | ВДУ-305 | ВДУ-504 | ВДУ-1201 | ВДУ-1601 |
|----------|---------|---------|----------|----------|
|----------|---------|---------|----------|----------|

| | | | | |
|--|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Климатическое исполнение, категория размещения | У3 | У3, Т3 | У3, Т3 | У3 |
| Нижняя температура окружающей среды для исполнения У, °С | -40 | -40 | -30 | -30 |
| Режим работы ПВ, % | 60 | 60 | Продолжительный | |
| Продолжительность цикла сварки, мин | 10 | 10 | – | – |
| Номинальный сварочный ток, А | 315 | 500 | 1250 | 1600 |
| Пределы регулирования: сварочного тока, А: | | | | |
| жесткие | 50–315 | 100–500 | 300–1250 | 500–1600 |
| падающие | 20–315 | 70–500 | – | 600–1600 |
| рабочего напряжения, В: | | | | |
| жесткие | 16–38 | 18–50 | 24–66 | 26–66 |
| падающие | 21–33 | 23–46 | 26–60 | 30–66 |
| Напряжение холостого хода, В, не более | 70 | 80 | 100 | 100 |
| Первичная мощность, кВА | 23 | 40 | 120 | 155 |
| Напряжение сети, В | 220, 380 | 220, 380 | 380 | 380 |
| Кпд, %, не менее | 70 | 82 | 83 | 84 |
| Габаритные размеры, мм | 634×975× ×760 | 1100×800× ×940 | 1400×850× ×1250 | 1150×900× ×1850 |
| Масса, кг, не более | 240 | 380 | 850 | 950 |

Продолжение прил. 1

Таблица 4

**Технические характеристики трансформаторов
для ручной дуговой сварки
с падающими внешними характеристиками**

| Параметр | ТД-300 | ТД-500 | ТД-502 | ТД-102 | ТД-306 |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Климатическое исполнение, категория размещения | У2, Т2 | У2, Т2 | У3 | У2 | У2 |
| Режим работы ПН, % | 60 | 60 | 60 | 20 | 30 |
| Номинальный сварочный ток, А | 315 | 500 | 500 | 160 | 250 |
| Пределы регулирования сварочного тока, А | 0–365 | 100–560 | 100–560 | 55–175 | 90–300 |
| Номинальное рабочее напряжение, В | 32 | 40 | 40 | 26,4 | 30 |
| Первичная мощность, кВА | 20,5 | 32 | 26,5 | 11,4 | 19,4 |
| Кпд, %, не менее | 88 | 85 | 85 | 72 | 72 |
| Габаритные размеры (длина×высота×ширина), мм | 620×692× ×710 | 570×720× ×835 | 780×720× ×835 | 290×435× ×535 | 370×630× ×585 |
| Масса кг, не более | 140 | 210 | 240 | 38 | 71 |

Таблица 5

Технические характеристики сварочных трансформаторов ТДФ с падающими внешними характеристиками

| Параметр | ТДФ-1001 | ТДФ-1601 |
|--|-------------------|-------------------|
| Климатическое исполнение, категория размещения | У3, Т3 | У4 |
| Нижняя температура окружающей среды, °С | –10 | +1 |
| Номинальный сварочный ток, А | 1000 | 1600 |
| Пределы регулирования: сварочного тока, А рабочего напряжения, В | 400–1200 36–44 | 600–1800 50–60 |
| Напряжение холостого хода, В, не более | 80 | 110 |
| Первичная мощность, кВА | 82 | 182 |
| Напряжение сети, В | 220, 380 | 380 |
| Кпд, % | 87 | 88 |
| Габаритные размеры, мм | 830×1200×1200 | 830×1200×1200 |
| Масса, кг, не более | 720 | 1000 |

Таблица 6

**Технические характеристики аппаратов для автоматической сварки
и наплавки открытой дугой и под флюсом**

| Аппарат | Исполнение | Защита зоны сварки или наплавки | Диаметр проволоки (ширина ленты), мм | Ток сварки $I_{св}$ при ПВ = 65 %, А | Скорость подачи электродной проволоки $V_{п}$, м/ч | Регулирование скорости подачи проволоки | Скорость сварки (наплавки) $V_{св}$, м/ч | Источник питания |
|--|------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|---|---|---|---------------------|
| Аппараты общего применения для автоматической сварки | | | | | | | | |
| АБСК | Самоходный | Флюс | 2,0–6,0 | 300–1200 | 28–220 | Ступенчатое | 14–110 | ТДФ-1001 |
| A1401 | » | » | 2,0–5,0 | 1000 | 53–532 | Плавное | 12–120 | ТДФ-1001 |
| A1410 | » | » | 2,0–6,0 | 2000 | 53–532 | » | 24–240 | ТДФ-1601 |
| A1412 | » | » | 2,0–5,0 | 2×1600 | 53–532 | » | 24–240 | ТДФ-1601 (2 шт.) |
| A1416 | » | » | 2,0–5,0 | 1000 | 47–508 | Ступенчатое | 12–120 | ВДУ-1001 |
| A1419 | » | » | 2,0–6,0 | 2000 | 47–508 | » | 24–240 | ТДФ-1601 |
| УДФ1001У4 | » | » | 2,5–3,0 | 400–1000 | 200–600 | Плавное | 18–50 | ТШС-1000-3 |
| Аппараты специализированные для автоматической сварки | | | | | | | | |
| A1423 | Подвесной | Флюс | 1,6–3,0 | 300 | 45–450 | Плавное | – | ВДУ-504, ВС-600 |
| A1403 | Самоходный | » | 2,0–5,0 | 2×1600 | 53–530 | » | 24–240 | ТДФ-1601 (2 шт.) |
| A1425 | » | » | 4,0–5,0 | 1000 | 50–500 | » | 12–120 | ТДФ-1601 |
| A1208С | Подвесной | Без внешней защиты или углекислый газ | 1,6 (сплошная) 2,0–2,5 (порошковая) | 200 | 102–196 | Ступенчатое | 10–25 | ПСГ-500 |

Продолжение прил. 1

| Аппарат | Исполнение | Защита зоны сварки или наплавки | Диаметр проволоки (ширина ленты), мм | Ток сварки $I_{св}$ при ПВ = 65 %, А | Скорость подачи электродной проволоки $V_{п}$, м/ч | Регулирование скорости подачи проволоки | Скорость сварки (наплавки) $V_{св}$, м/ч | Источник питания |
|--|------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|------------------|
| Аппарат общего применения для автоматической наплавки | | | | | | | | |
| A384МК | Подвесной | Флюс | 3,0–5,0 | 1000 | 28,5–225 | Ступенчатое | – | ПСО-500 |
| A580М | » | » | 1,0–3,0 | 400 | 48–408 | » | – | ПСО-500 |
| A874Н | Самоходный | Флюс или без внешней защиты | 2,0–7,0 | 1000 | 5–90 | Плавное | 5–116 | ВДУ-1001 |
| Аппараты специализированные для автоматической наплавки | | | | | | | | |
| A1406 | Подвесной | Без внешней защиты, флюс или углекислый газ | 2,0–7,0 | 1000 | 50–500 | Плавное | 12–120 | ВДУ-1001 |
| A1408 | » | Без внешней защиты или углекислый газ | 1,6–3,0 | 500 | 50–500 | » | 12–120 | ВДУ-504 |
| A1409 | » | Без внешней защиты или флюс | 1,6–3,0 | 300 | 50–500 | » | 12–120 | ВДУ-504 |

| Аппарат | Исполнение | Защита зоны сварки или наплавки | Диаметр проволоки (ширина ленты), мм | Ток сварки $I_{св}$ при ПВ = 65 %, А | Скорость подачи электродной проволоки $V_{п}$, м/ч | Регулирование скорости подачи проволоки | Скорость сварки (наплавки) $V_{св}$, м/ч | Источник питания |
|---|------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|---------------------|
| Тракторы общего применения для автоматической сварки однодуговые | | | | | | | | |
| ТС-17М-1 | | Флюс | 1,6–5,0 | 200–1000 | 52–403 | Ступенчатое | 16–126 | ТДФ-1001 |
| ТС-42 | – | » | 2,0–5,0 | До 1000 | 60–1000 | » | 12–120 | ТДФ-1001 |
| АДС-1000-4 | – | » | 2,0–5,0 | 400–1200 | 60–360 | Плавное | 12–120 | ТДФ-1001 |
| АДС-1000-5 | – | » | 2,0–5,0 | 400–1200 | 60–360 | » | 12–120 | ВДУ-1001 |
| АДФ-1001 | – | » | 3,0–5,0 | 400–1200 | 60–360 | » | 12–120 | ТДФ-1001 |
| АДФ-1004 | – | » | 3,0–5,0 | 1000–1200 | 60–360 | » | 12–120 | ВДУ-1001 |
| АДФ-1602 | – | » | 3,0–6,0 | 600–1800 | 60–360 | » | 12–120 | ВДУ-1601 |
| Тракторы специализированные для автоматической сварки | | | | | | | | |
| ТС-32 | – | Флюс | 2,0–5,0 | До 900 | 137–284 | Ступенчатое | 4–50 | ТДФ-1001 |
| ТС-44 | – | » | 3,0–6,0 | 1600 | 60–360 | Плавное | 8–45 | ВДУ-1601 |
| ДТС-38 | – | » | 2,0–5,0 | 2×1600 | 58–580 | Ступенчатое | 16–160 | ТДФ-1601 (2 шт.) |

**Технические характеристики полуавтоматов
для сварки открытой дугой в защитных газах**

| Тип полуавтомата | Напряжение сети, В | Номинальный сварочный ток при ПР = 60 %, А | Диаметр сплошной электродной проволоки, мм | Скорость подачи электродной проволоки, м/с | Источник питания |
|------------------|--------------------|--|--|--|---|
| A537P | 380 | 150 | 0,8–1,2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $9 \cdot 10^{-2}$ | BC-200 |
| A537Y | 380 | 500 | 1,6–2 | $2 \cdot 10^{-2}$ – $1,6 \cdot 10^{-1}$ | BC-600 |
| A547P | 380 | 200 | 0,8–1,2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $1,6 \cdot 10^{-1}$ | BC-200 |
| A547Y | 380 | 300 | 0,8–1,2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $9 \cdot 10^{-2}$ | BC-300 |
| ПДГ-301 | 220/380 | 315 | 0,8–1,2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $9 \cdot 10^{-2}$ | ВДГ-301 |
| ПДГ-302 | 220/380 | 300 | 0,8–2 | $5 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ | ВДГ-301 |
| ПДГ-303 | 220/380 | 315 | 0,8–1,2 | $5 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ | ВДГ-301 |
| ПДГ-304 | 220/380 | 315 | 0,8–2 | $5 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ | ВДГ-301 |
| ПДГ-305 | 220/380 | 315 | 0,8–1,4 | $5 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ | ВДГ-302 |
| ПДГ-306 | 220/380 | 315 | 0,8–1,4 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ВДГ-301 |
| ПДГ-500-1 | 220/380 | 500 | 0,8–2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ПСГ-501 |
| ПДГ-502 | 220/380 | 500 | 1,2–2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ВДУ-504-1 |
| ПДГ-503 | 380 | 500 | 1,6–2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ВДУ-504-1 |
| ПДГ-504 | 380 | 500 | 1,6–2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ВДУ-504-1 |
| ПДГ-505 | 380 | 500 | 1,6–2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ПСГ-500-1 |
| ПДПГ-500 | 220/380 | 500 | 0,8–2 | $4 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ | ПСГ-500-1 |
| ПДГИ-101 | 380 | 120 | 1,2–1,6 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ВДГИ-102 |
| ПДГИ-302 | 380 | 315 | 1,6–2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ВДГИ-301 |
| ПДГИ-303 | 380 | 315 | 1,2–2 | $3 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$ | ВДГИ-301 |
| ПШП-10 | 220 | 300 | 1–2,5 | $2,5 \cdot 10^{-2}$ – $1,7 \cdot 10^{-1}$ | Постоянного тока 350 А не комплектуется |
| ПШП-16 | 220 | 350 | 1,2-2 | $2,6 \cdot 10^{-2}$ – $1,6 \cdot 10^{-1}$ | ВСП-315 |
| ПШП-17 | 220 | 315 | 0,6–2 | $2,5 \cdot 10^{-2}$ – $1,6 \cdot 10^{-1}$ | ВСП-315 |
| A-825M | 220/380 | 300 | 0,8–1,2 | $2 \cdot 10^{-2}$ – $1,6 \cdot 10^{-1}$ | BC-30, ВСЖ-303 |
| A-929 | 220/380 | 350 | 1–2 | $2 \cdot 10^{-2}$ – $1,6 \cdot 10^{-1}$ | ПСГ-500 |
| A-1035M | 220/380 | 450 | 1,6–2 | $2 \cdot 10^{-2}$ – $1,5 \cdot 10^{-1}$ | ПСГ-500, ПСУ-500, BC-500 |
| A-1197П | 220/380 | 500 | 1,6–2 | $2,5 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ | ПСГ-500, ПСО-500 |
| A-1230M | 380 | 315 | 0,8–1,2 | $4 \cdot 10^{-2}$ – $2 \cdot 10^{-1}$ | ВДГ-302 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 2

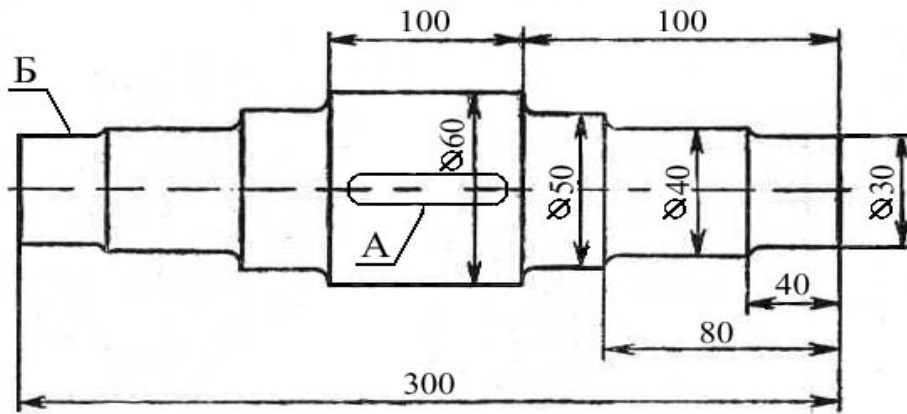


Рис. 1

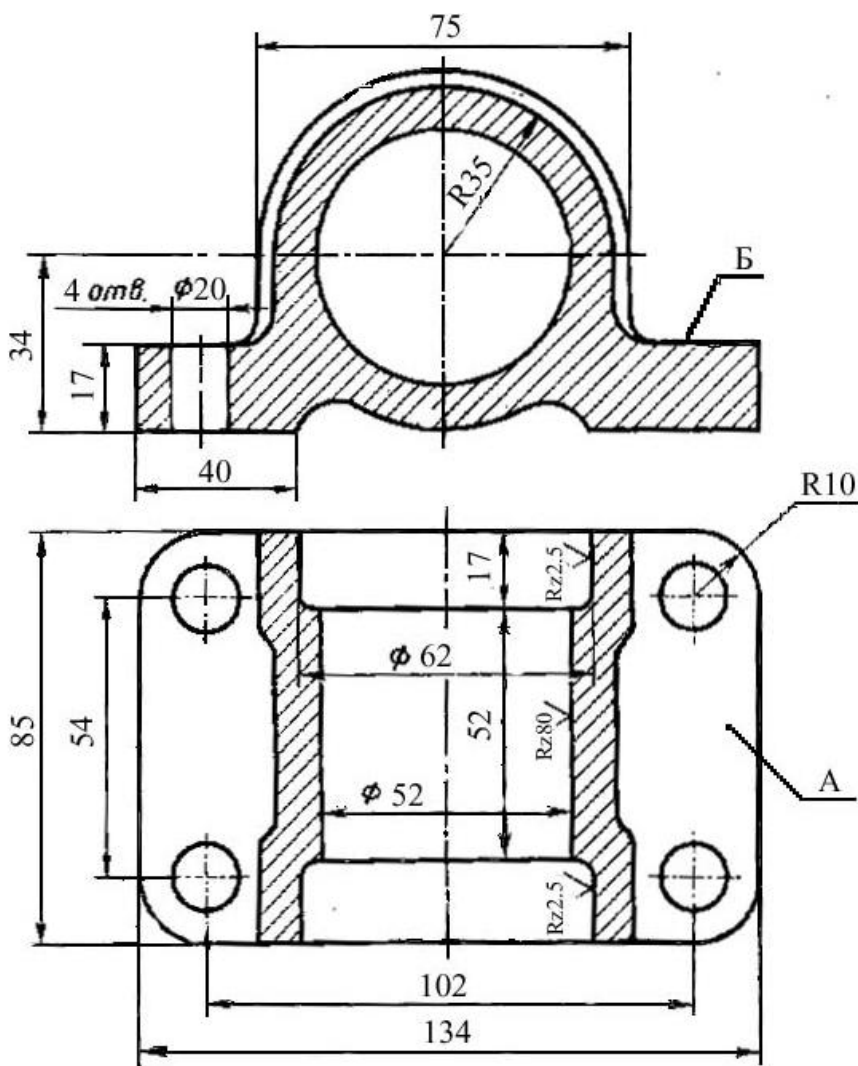


Рис. 2

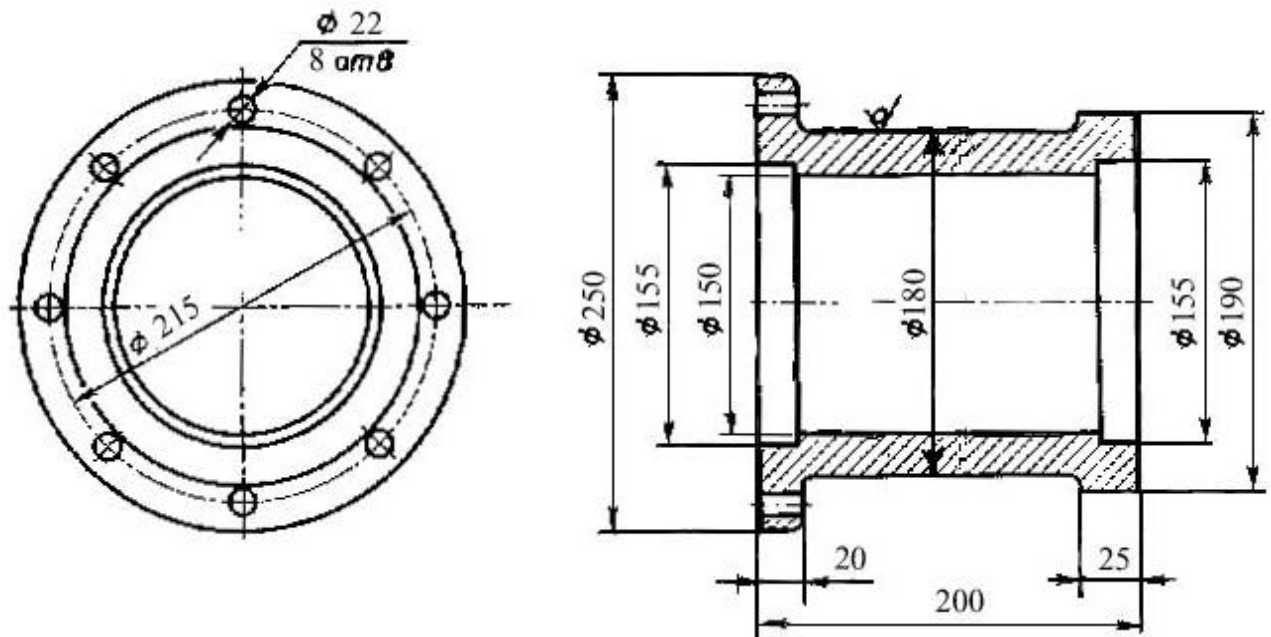


Рис. 3

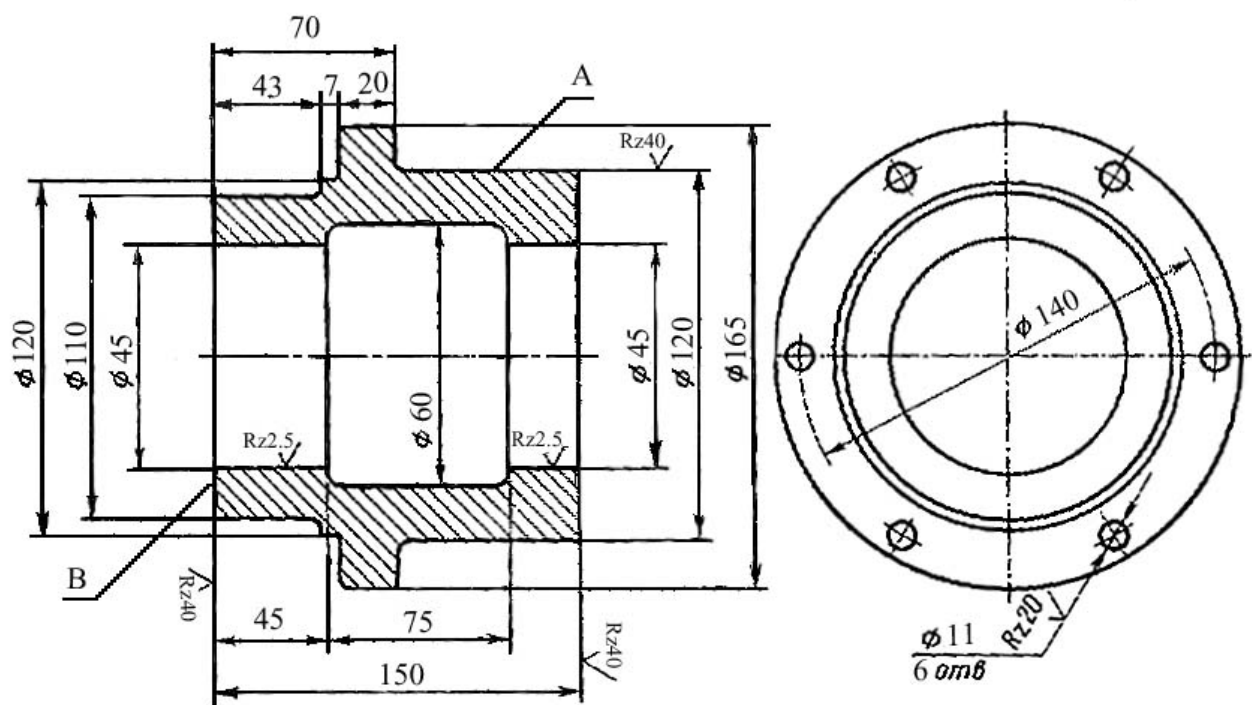


Рис. 4

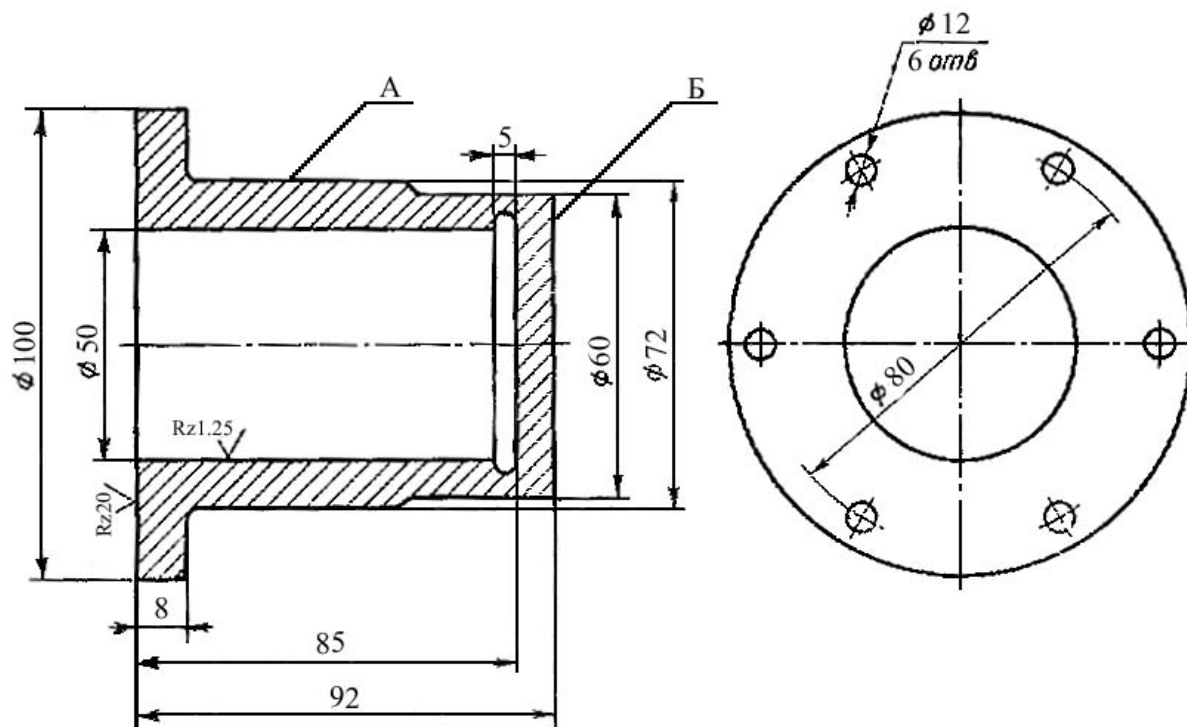


Рис. 5

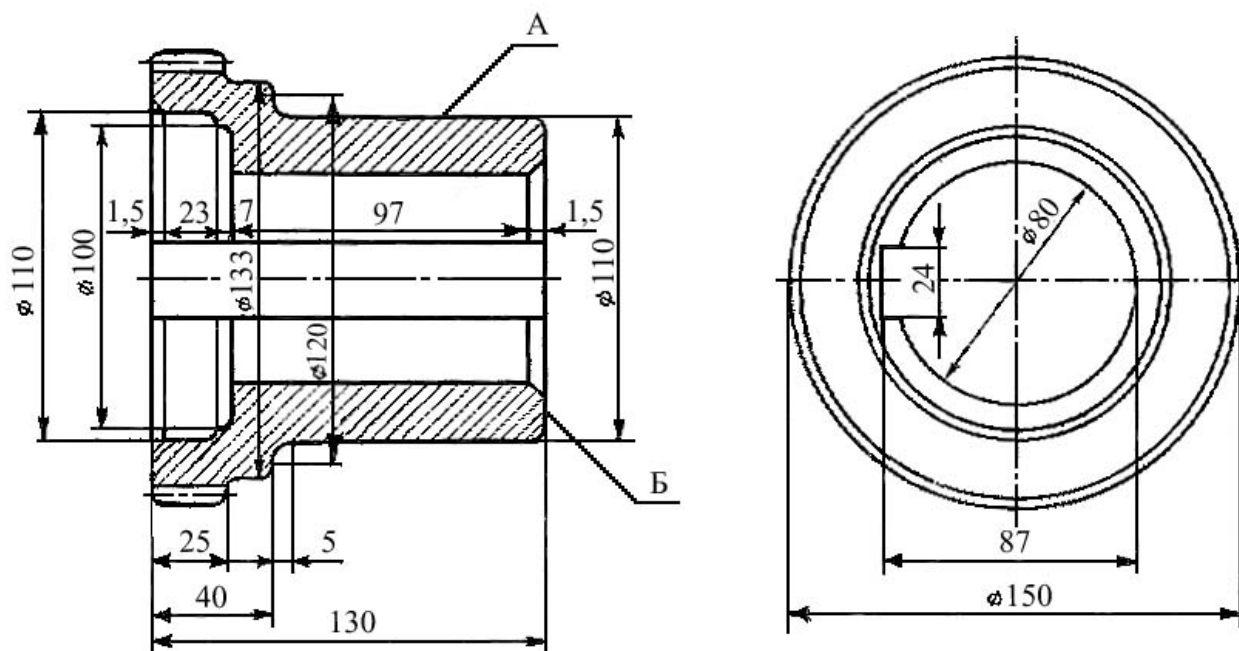


Рис. 6

Продолжение прил. 2

Таблица 1

Рекомендуемые области применения быстрорежущих сталей

| Марка стали | Свойства | Области применения |
|--|--|---|
| P9 | Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при средних и повышенных скоростях резания, повышенная пластичность при температурах горячей деформации | Инструмент простой формы (резцы, свёрла, зенкеры и др.) для обработки обычных конструкционных материалов |
| P12 | Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при малых и средних скоростях резания | Режущий инструмент всех видов в том числе и для обработки конструкционных материалов в условиях динамических нагрузок. Для фасонных и сложных инструментов, для которых основным требованием является высокая износостойкость |
| P6M5, P9M4, P6M3, P8M3 | Повышенная прочность, повышенная склонность к обезуглероживанию и выгоранию молибдена | То же, что и для стали P18 |
| P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5М, 10P8M3, P12Ф3 | Повышенная износостойкость при низких и средних скоростях резания | Для снятия стружки небольшого сечения; для обработки материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях нормального разогрева режущей кромки |
| P18K5Ф2, P6M5K5, P10Ф5K5, P8M3K6C, P12M3Ф2K8 | Повышенные вторичная твёрдость и износостойкость | Для обработки высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки |
| B11M7K23, B3M12K23, B18M7K25, 18M4K25, 25B20K25ХФ, 3B20K16ХФ | Повышенная вторичная твёрдость, высокая износостойкость | Для обработки титановых сплавов, высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей; материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях повышенного разогрева режущей кромки |

Таблица 2

Рекомендуемые области применения твёрдых сплавов

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|
| | Стали | | | | Сплавы | | | Чугуны | |
| | углеродистые | легированные | инструментальные | коррозионно-стойкие | жаропрочные | тугоплавкие | цветные | НВ до 2400 МПа | НВ более 2400 МПа |
| Точение, фрезерование, строгание: чистовое | T30K4 T15K6 T5K10 | T30K4 T14K8 T5K10 | BK3M BK3 | BK6M T15K6 | BK6M BK6OM | BK3M BK6M | BK6M T18K6 | BK6M BK8 | BK3M BK3 BK6M |
| черновое | T5K10 T5K12 TT7K12 TT10K8 | T14K8 T5K10 TT10K8 T6K12 | BK6 T14K8 BK8 T5K10 | BK6M BK8 BK100M TT7K12 | BK4 BK6 BK8 BK150M | BK8 BK100M BK150M BK6M | BK6 BK8 TT8K6 BK6M | BK6 BK6M BK8 | BK6 BK8 T18K6 BK100M |
| Сверление отверстий: 1 < 5 D | T5K10 BK8 T14K8 | T5K10 BK10M BK8 | BK8 BK10M | T5K12 BK8 BK100M | BK8 BK10M BK100M | BK8 BK6M BK100M | BK4 BK6M | BK4 BK6 BK8 | BK8 BK10 BK6M |
| 1 > 5 D | T5K12 BK8 | T5K12 BK8 | T5K12 BK8 | T5K12 BK8 | BK8 BK100M | BK6OM BK8 | BK4 BK6M | BK6 TT8K6 | BK8 TT8K6 |

Токарно-винторезные и токарные станки

| Параметры | 16Б05П | 1М61 | 16Б16А | 16Л20П | 1К62 | 16К20 |
|--|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм | 250 | 320 | 320 | 400 | 400 | 400 |
| Расстояние между центрами, мм | 500 | 1000 | 750 | 1500 | 1000 | 1400 |
| Число ступеней частоты вращения шпинделя | 18 | 24 | 21 | 22 | 23 | 22 |
| Частота вращения шпинделя, 1/мин | 30–3000 | 12,5–1600 | 20–2000 | 16–1600 | 12,5–2000 | 12,5–1600 |
| Число ступеней подачи суппорта | 18 | 24 | 22 | 24 | 42 | 24 |
| Подача суппорта, мм/об, | | | | | | |
| продольная | 0,02–0,35 | 0,08–1,90 | 0,01–0,70 | 0,05–2,8 | 0,07–4,16 | 0,05–2,8 |
| поперечная | 0,01–0,175 | 0,04–0,95 | 0,005–0,35 | 0,025–1,4 | 0,05–2,08 | 0,025–1,4 |
| Мощность главного электродвигателя, кВт | 1,5 | 4,0 | 2,8 | 6,3 | 7,5 | 11 |
| Кпд | 0,8 | 0,75 | 0,75 | 0,8 | 0,75 | 0,75 |
| Наибольшая сила подачи, Н | 980 | 1470 | 1470 | 3528 | 3528 | 3528 |

Сверлильные станки

| Показатели | Модели станков | | | | | | |
|--|-------------------------|----------|----------|---------|---------|-----------------------|-----------|
| | вертикально-сверлильные | | | | | радиально-сверлильные | |
| | 2Н106П | 2М112 | 2Н118 | 2Н125 | 2Н135 | 2Ш55 | 2М55 |
| Наибольший условный диаметр сверления, мм | 6 | 12 | 18 | 25 | 35 | 50 | 50 |
| Вертикальное перемещение сверлильной головки, мм | 125 | 190 | 200 | 250 | 300 | 1250 | 750 |
| Наибольший ход шпинделя, мм | – | 100 | 150 | 200 | 250 | 400 | 400 |
| Число ступеней вращения шпинделя | 7 | 5 | 9 | 12 | 12 | 21 | 21 |
| Частота вращения шпинделя, 1/мин | 1000–8000 | 450–4500 | 180–2800 | 45–2000 | 31–1400 | 10–1000 | 20–2000 |
| Число ступеней подачи | – | – | – | 9 | 9 | 8 | 12 |
| Подача шпинделя, мм/об | Ручная | Ручная | Ручная | 0,1–1,6 | 0,1–1,6 | 0,1–1,12 | 0,056–2,5 |
| Наибольшая допустимая сила подачи, Н | 3500 | 4100 | 5500 | 9000 | 9000 | 16000 | 20000 |
| Мощность главного электродвигателя, Н | 0,4 | 0,6 | 1,5 | 2,2 | 4,0 | 4,0 | 5,5 |
| Кпд | 0,8 | 0,85 | 0,85 | 0,8 | 0,8 | 0,80 | 0,85 |

Фрезерные станки

| Показатели | Модели станков | | | | | | | |
|---|----------------|----------|----------|-----------|--------------|----------|----------|---------|
| | горизонтальные | | | | вертикальные | | | |
| | 6М81Г | 6Н81Г | 6М82Г | 6Р83 | 6М12П | 6М12ПБ | 6П11 | 6П10 |
| Рабочая поверхность стола, мм | 250×1000 | 250×1000 | 350×1250 | 400×1600 | 320×1250 | 320×1250 | 250×1000 | 160×630 |
| Число ступеней частоты вращения шпинделя | 18 | 16 | 18 | 18 | 18 | 18 | 16 | 12 |
| Частота вращения шпинделя, 1/мин | 40–2000 | 65–1800 | 31–1600 | 31,5–1600 | 31–1600 | 50–2500 | 50–1600 | 50–2240 |
| Число ступеней подач | 18 | 16 | 18 | 18 | 18 | 18 | 16 | 12 |
| Подача стола, мм/мин: продольная | 20–1000 | 35–980 | 25–1250 | 25–1250 | 25–1250 | 40–2000 | 35–1020 | 25–1120 |
| поперечная | 6,5–333 | 25–765 | 8,3–416 | 25–1250 | 15,6–785 | 27–1330 | 351020 | 25–1120 |
| Допустимая сила подачи, кгс | 1200 | 1500 | 1500 | 1600 | 1500 | 1600 | 1500 | 1200 |
| Мощность главного электродвигателя, кВт | 4,0 | 4,5 | 7,5 | 11,0 | 7,5 | 10,0 | 5,5 | 3,0 |
| Кпд | 0,80 | 0,80 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |

Таблица 6

**Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости
фрезерования при обработке сталей и чугунов**

| Фреза | Материал режущей части | Операция | Параметры срезаемого слоя | | | Коэффициент и показатели степени | | | | | | |
|---|------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|------|--------------|-------------|----------------|-----|------|
| | | | B | t | S_z | C_v | q | x | y | u | p | m |
| Обработка конструкционных материалов | | | | | | | | | | | | |
| Торцовая | Твёрдый сплав | Фрезерование плоскостей | – | – | – | 332 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,2 | 0 | 0,2 |
| | Быстрорежущая сталь | | – | – | $\leq 0,1$ $> 0,1$ | 64,7 41,0 | 0,25 | 0,1 | 0,2 0,4 | 0,15 | 0 | 0,2 |
| Цилиндрическая | Твёрдый сплав | Фрезерование плоскостей | ≤ 35 | ≤ 2 > 2 | – | 390 443 | 0,17 | 0,19 0,38 | 0,28 | –0,05 –0,05 | 0,1 | 0,33 |
| | > 35 | | ≤ 2 > 2 | 616 700 | | 0,17 | | | | | | |
| | Быстрорежущая сталь | | – | – | $\leq 0,1$ $> 0,1$ | 55 35,4 | 0,45 | 0,3 | 0,2 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,33 |
| | | | – | – | $< 0,12$ $\geq 0,12$ | 1340 740 | 0,2 | 0,4 | 0,12 0,4 | 0 | 0 | 0,35 |
| Дисковая со вставными ножами | Твёрдый сплав | Фрезерование плоскостей | – | – | $< 0,6$ $\geq 0,6$ | 1825 690 | 0,2 | 0,3 | 0,12 0,4 | 0,1 | 0 | 0,35 |
| | | Фрезерование пазов | – | – | $\leq 0,1$ $> 0,1$ | 75,5 48,5 | 0,25 | 0,3 | 0,2 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Дисковая цельная | Быстрорежущая сталь | Фрезерование плоскостей и пазов | – | – | – | 68,5 | 0,25 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |

Продолжение прил. 2

Продолжение табл. 6

| Фреза | Материал режущей части | Операция | Параметры срезаемого слоя | | | Коэффициент и показатели степени | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|--|---------------------------|---|----------------|----------------------------------|------|------|-------------|------|------|------|
| | | | B | t | S _z | C _v | q | x | y | u | p | m |
| Концевая с коронками | Твёрдый сплав | Фрезерование плоскостей, уступов и пазов | – | – | – | 145 | 0,44 | 0,24 | 0,26 | 0,1 | 0,13 | 0,37 |
| Концевая с напаянными пластинами | | | – | – | – | 234 | 0,44 | 0,24 | 0,26 | 0,1 | 0,13 | 0,37 |
| Концевая цельная | Быстрорежущая сталь | Прорезание и отрезание | – | – | – | 46,7 | 0,45 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,33 |
| Прорезная и отрезная | | | – | – | – | 53 | 0,25 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,20 |
| Шпоночная двухмерная | | Фрезерование шпоночных пазов | – | – | – | 12 | 0,3 | 0,3 | 0,25 | 0 | 0 | 0,26 |
| Обработка чугуна, HB ≤ 1500 | | | | | | | | | | | | |
| Торцовая | Твёрдый сплав | Фрезерование поверхностей | – | – | ≤0,18 >0,18 | 994 695 | 0,22 | 0,17 | 0,1 0,32 | 0,22 | 0 | 0,33 |
| | Быстрорежущая сталь | | – | – | ≤0,1 >0,1 | 90,5 57,4 | 0,25 | 0,1 | 0,2 0,4 | 0,15 | 0,1 | 0,20 |
| Цилиндрическая | | | – | – | ≤0,1 >0,1 | 77 49,5 | 0,45 | 0,3 | 0,2 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,33 |
| Дисковая цельная | Быстрорежущая сталь | Фрезерование плоскостей и пазов | – | – | – | 95,8 | 0,25 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,20 |
| Концевая | | | – | – | – | 68,5 | 0,45 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,33 |
| Прорезная и отрезная | | Прорезание пазов и отрезание | – | – | – | 74 | 0,25 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,20 |

| Фреза | Материал режущей части | Операция | Параметры срезаемого слоя | | | Коэффициент и показатели степени | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------|----------------|----------------------------------|------|------|--------------|------|------|------|
| | | | B | t | S _z | C _v | q | x | y | u | p | m |
| Обработка чугуна, HB > 1500 | | | | | | | | | | | | |
| Торцовая | Твёрдый сплав | – | – | – | – | 445 | 0,2 | 0,15 | 0,35 | 0,2 | 0 | 0,32 |
| | Быстрорежущая сталь | | – | – | – | 42 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,15 |
| Цилиндрическая | Твёрдый сплав | | – | <2,5 | ≤0,2 >0,2 | 923 588 | 0,37 | 0,13 | 0,19 0,47 | 0,23 | 0,14 | 0,42 |
| | | | – | ≥2,5 | ≤0,2 >0,2 | 1180 750 | 0,37 | 0,40 | 0,19 0,47 | | | |
| | Быстрорежущая сталь | | – | – | ≤0,15 >0,15 | 56,7 27 | 0,7 | 0,5 | 0,2 0,6 | 0,3 | 0,3 | 0,25 |
| Дисковая цельная | Быстрорежущая сталь | | Фрезерование плоскостей и пазов | – | – | – | 72 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,1 |
| Концевая | | Фрезерование плоскостей и уступов | – | – | – | 72 | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,25 |
| Прорезная и отрезная | | Фрезерование и отрезание | – | – | – | 30 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,15 |

Шлифовальные станки

| Параметры | Модели станков | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|--------------------|--------|-------|-------|
| | круглошлифовальные | | | | внутришлифовальные | | | | плоскошлифовальные | | | |
| | ЗУ10В | ЗА10В | ЗМ150 | ЗМ153 | ЗК225В | ЗК227В | ЗК228В | ЗК229В | ЗП122 | ЗБ711В | ЗД723 | ЗП725 |
| Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки, мм: | | | | | | | | | | | | |
| диаметр | 100 | 140 | 100 | 140 | 200 | 400 | 560 | 800 | – | – | – | – |
| длина | 160 | 200 | 360 | 500 | 50 | 125 | 200 | 320 | – | – | – | – |
| Наибольший диаметр шлифования, мм: | | | | | | | | | | | | |
| наружного | 160 | 180 | 340 | 450 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| внутреннего | 50 | 50 | – | – | 25 | 150 | 200 | 400 | – | – | – | – |
| Наибольшие размеры шлифуемых поверхностей, мм | – | – | – | – | – | – | – | – | 1600× | 400× | 400× | 250× |
| | | | | | | | | | ×320 | ×200 | ×125 | ×125 |
| Скорость перемещения стола (бесступенчатая), м/мин | 0,025– –1,0 | 0,03– –2,2 | 0,02– –4,0 | 0,02– –5,0 | 1–7 | 1–7 | 1–7 | 1–7 | 3–45 | 2,35 | 2–35 | 2–25 |
| Частота вращения детали, 1/мин | 100– –950 | 100– –1000 | 100– –1000 | 50– –1000 | 280– –2000 | 60– –120 | 100– –600 | 40– –240 | – | – | – | – |
| Частота вращения круга, 1/мин | 1910 | 2680 | 2350 | 1900 | 20000 | 9000 | 4500 | 3500 | 1500 | 1460 | 1450 | 1470 |
| Наибольшие размеры круга, мм: | | | | | | | | | | | | |
| наружный диаметр, | 250 | 250 | 400 | 500 | 25 | 80 | 180 | 200 | 450 | 250 | 200 | 200 |
| ширина | 20 | 25 | 40 | 63 | 25 | 50 | 63 | 63 | 80 | 63 | 32 | 25 |
| Мощность электродвигателя главного движения, кВт | 1,1 | 2,2 | 4 | 7,5 | 1,5 | 4 | 5,5 | 7,5 | 15 | 7,5 | 4,0 | 1,5 |
| Кпд | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,85 | 0,8 | 0,85 | 0,8 | 0,8 |

Таблица 8

Протяжные станки

| Показатели | Модели станков | | | | | | | |
|--|----------------|----------|----------|----------|--------------|----------|----------|---------|
| | горизонтальные | | | | вертикальные | | | |
| | 7505 | 7Б55 | 7А520 | 7Б56 | 7Б64 | 7Б65 | 7Б66 | 7Б67 |
| Номинальная тяговая сила, кН | 50 | 100 | 200 | 200 | 50 | 100 | 200 | 400 |
| Наибольшая длина хода салазок, мм | 1600 | 1250 | 1600 | 1600 | 1000 | 1250 | 1250 | 1600 |
| Скорость рабочего хода протяжки, м/мин | 1,5–11,0 | 1,5–11,5 | 1,5–11,0 | 1,5–13,0 | 1,5–11,5 | 1,5–11,5 | 1,5–13,0 | 1,0–7,0 |
| Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт | 7,0 | 17,0 | 20,0 | 30 | 11,0 | 22,0 | 30 | 40 |
| Кпд станка | 0,85 | 0,85 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,85 | 0,9 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 3

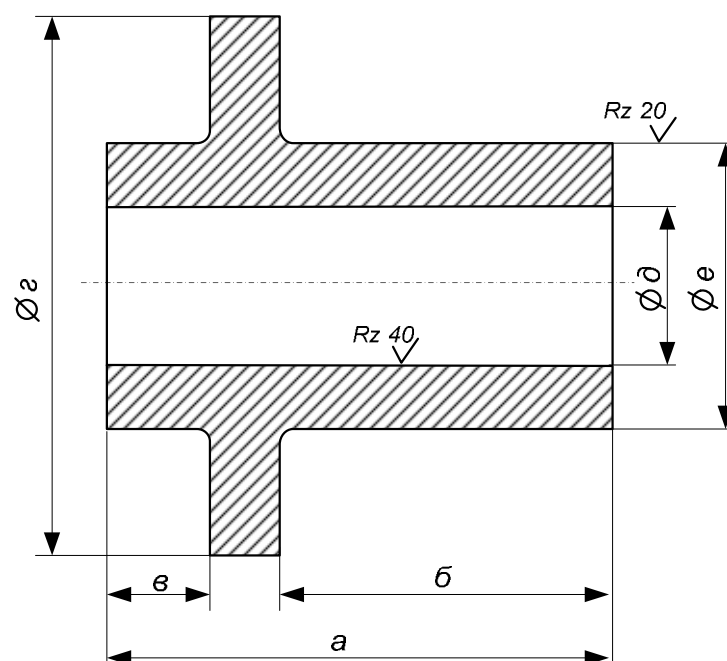


Рис. 1

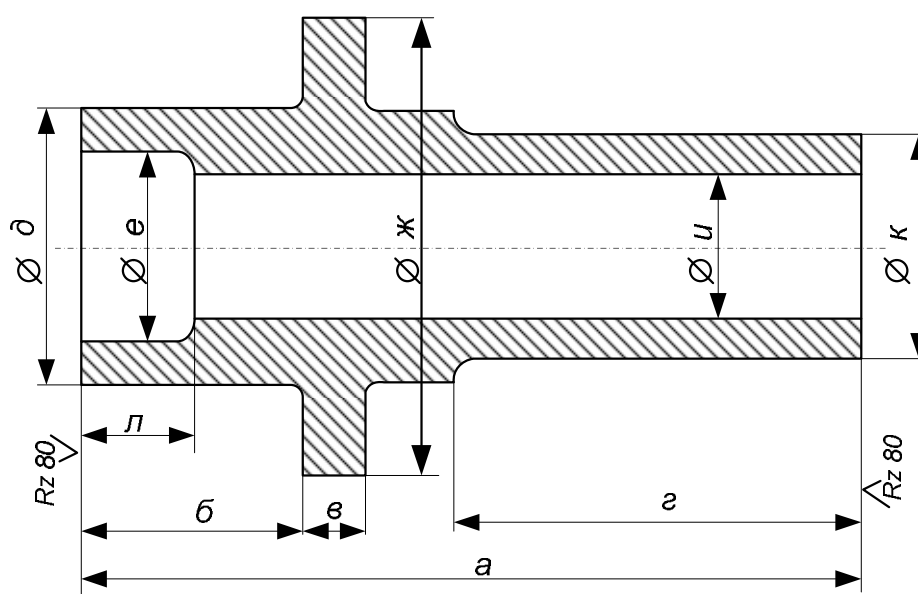


Рис. 2

Продолжение прил. 3

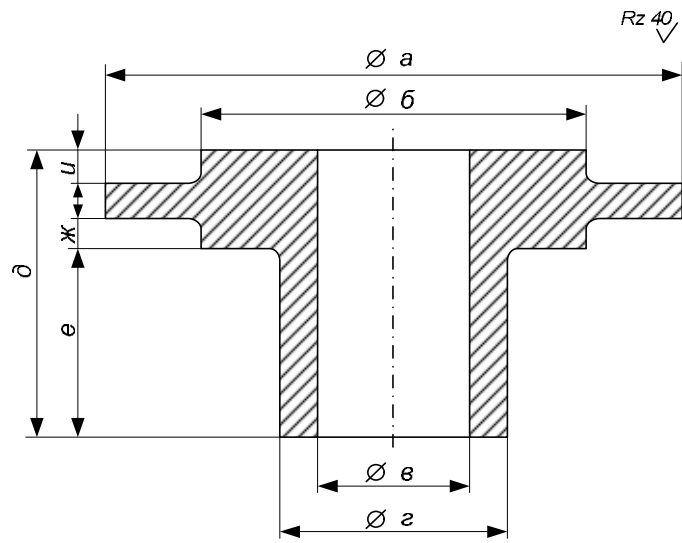


Рис. 3

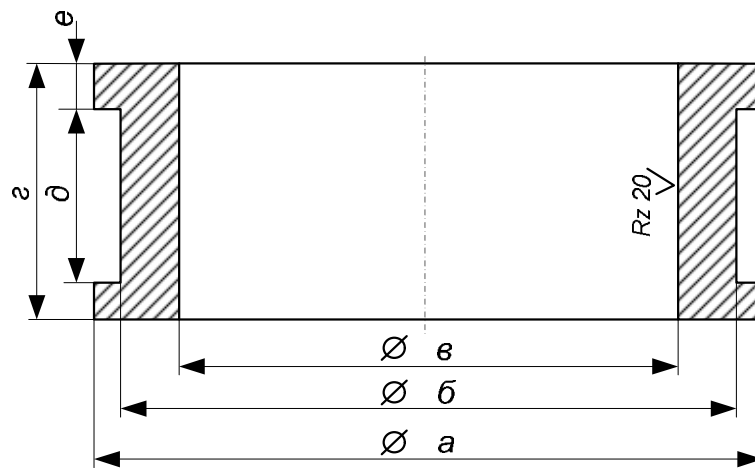


Рис. 4

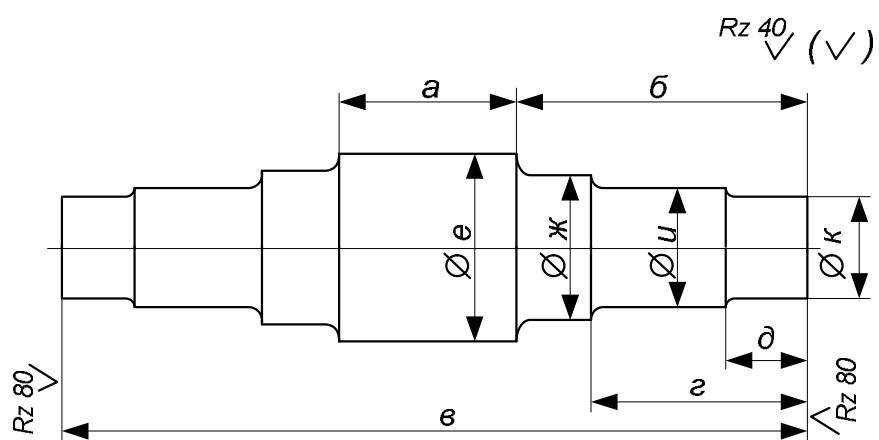


Рис. 5

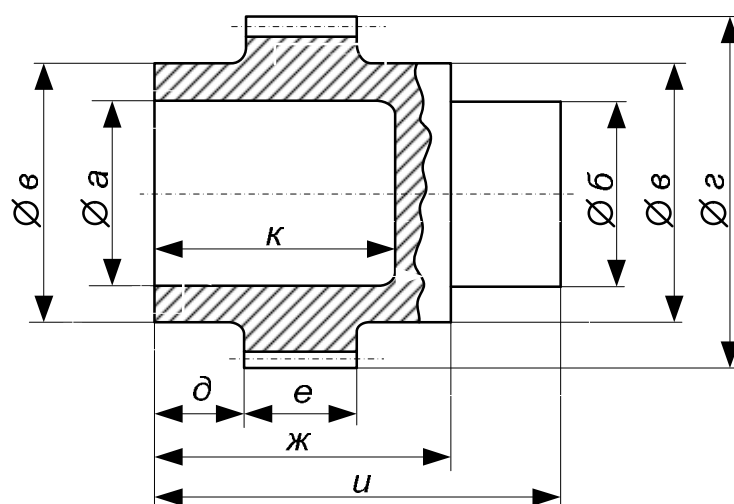


Рис. 6

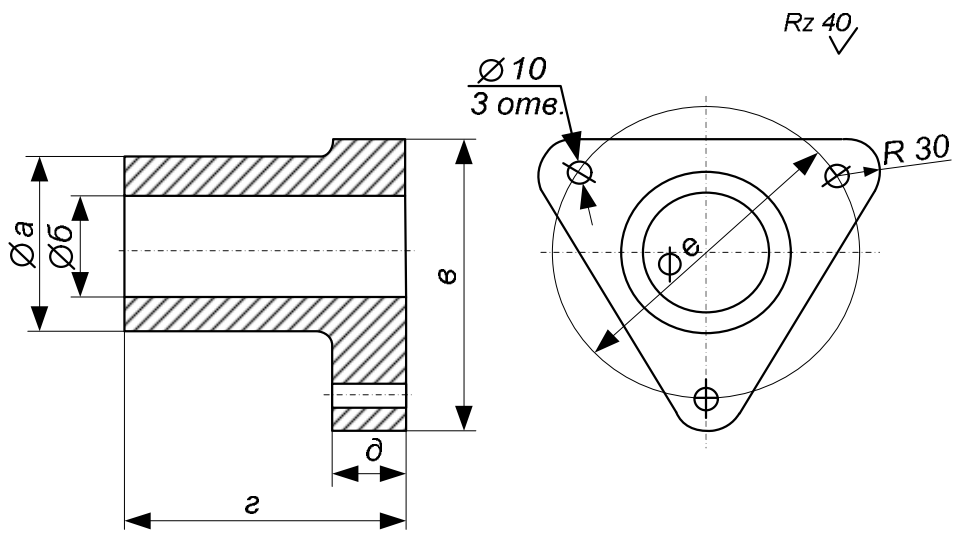


Рис. 7

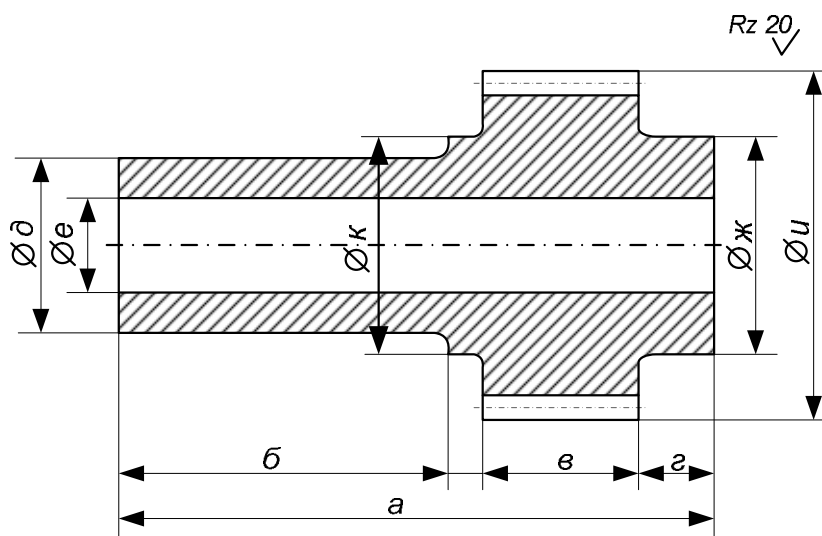


Рис. 8

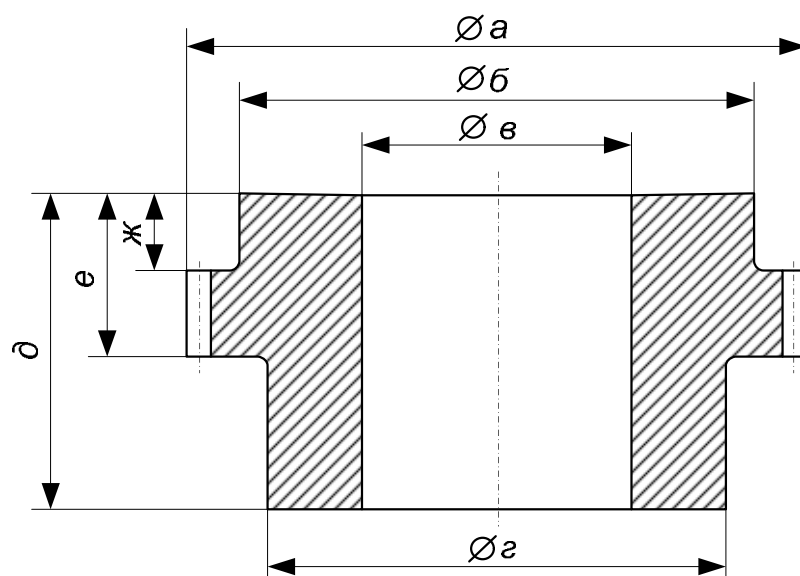


Рис. 9

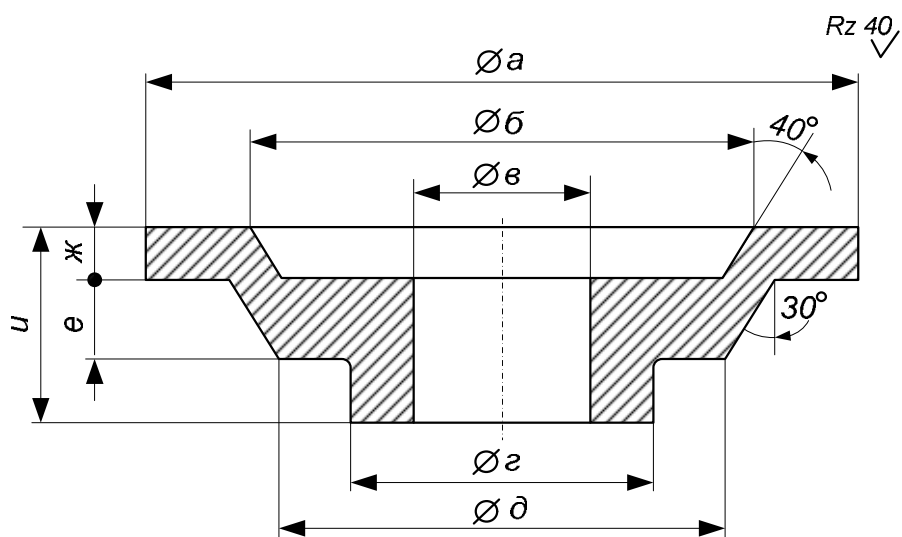


Рис. 10

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник сварщика / под. ред. В.В. Степанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983.
2. Сварка в машиностроении : справочник. В 4 т. / под. ред. Г.А. Николаева. – М. : Машиностроение, 1978.
3. Сварка и резка в промышленном строительстве. В 2 т. / под. ред. Б.Д. Малышева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1989.
4. Контроль качества сварки / под ред. В.Н. Волченко. – М. : Машиностроение, 1975.
5. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие для студентов вузов / под ред. В.С. Чередниченко. – 2-е изд., перераб. – М. : Омега–Л, 2006. – 752 с.
6. Технология конструкционных материалов / Т.М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1993. – 447 с.
7. Бабенко, Э.Г. Расчет режимов резания при механической обработке металлов и сплавов : метод. пособие / Э.Г. Бабенко. – Хабаровск : Изд-во ДВГАПС, 1997.
8. Бабенко, Э.Г. Расчет режимов электрической сварки и наплавки : метод. пособие / Э.Г. Бабенко, Н.П. Казанова. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 1999.
9. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985.
10. Обработка металлов резанием : справ. технолога / под ред. Г.А. Монахова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1974.
11. Годунов, Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки / Б.И. Годунов. – М. : Машиностроение, 1981.
12. Механическая обработка материалов : учеб. для вузов / А.М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1981.
13. Брюханов, А.Н. Ковка и объемная штамповка / А.Н. Брюханов. 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1975. – 406 с.
14. Суворов, И.К. Обработка металлов давлением / И.К. Суворов. 2-е изд. – М. : Высш. шк., 1973. – 382 с.
15. Гуляев, А.П. Материаловедение : учеб. для вузов / А.П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. – М. : Металлургия, 1986.
16. Материаловедение и технология конструкционных материалов для железнодорожной техники : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Н.Н. Воронин [и др.]; под ред. Н.Н. Воронина. – М. : Маршрут, 2004. – 465 с.
17. Материаловедение и технология материалов / В.Т. Жадан [и др.]. – М. : Металлургия, 1994. – 624 с.
18. Технология вагоностроения и ремонта вагонов : учеб. для вузов / В.С. Герасимов [и др.]; под общ. ред. В.С. Герасимова. 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 381 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 1. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ..... | 5 |
| 1.1. Определение свариваемости сплавов | 5 |
| 1.2. Подготовка к сварочно-наплавочным работам | 6 |
| 1.3. Выбор источника питания..... | 8 |
| 1.4. Расчет режимов сварки | 11 |
| 1.4.1. Ручная сварка покрытыми электродами..... | 11 |
| 1.4.2. Сварка и наплавка деталей в среде защитных газов | 14 |
| 1.4.3. Автоматическая сварка под флюсом | 18 |
| 1.4.4. Сварка и наплавка самозащитной порошковой проволокой ... | 22 |
| 2. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ РЕЗАНИЕМ..... | 25 |
| 2.1. Выбор металлорежущего станка | 25 |
| 2.2. Крепежные приспособления..... | 26 |
| 2.3. Режущий инструмент | 26 |
| 2.4. Режимы резания | 28 |
| 2.4.1. Точение..... | 28 |
| 2.4.2. Обработка отверстий | 35 |
| 2.4.3. Фрезерование..... | 42 |
| 2.4.4. Шлифование..... | 47 |
| 2.4.5. Протягивание..... | 52 |
| 3. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ | 56 |
| 3.1. Общие сведения | 56 |
| 3.2. Разработка технологического процесса получения поковки | 58 |
| 4. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ № 1, 2, 3 | 63 |
| 4.1. Контрольная работа № 1. Сварочное производство | 64 |
| 4.1.1. Вопросы | 65 |
| 4.1.2. Задачи..... | 66 |
| 4.2. Контрольная работа № 2. Обработка металлов резанием | 68 |
| 4.2.1. Вопросы | 68 |
| 4.2.2. Задачи..... | 69 |
| 4.3. Контрольная работа № 3. Обработка металлов давлением | 71 |
| 4.3.1. Вопросы | 71 |
| 4.3.2. Задачи..... | 72 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 74 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Исходные данные к контрольной работе № 1 | 75 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Исходные данные к контрольной работе № 2..... | 87 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Исходные данные к контрольной работе № 3..... | 100 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 105 |

Учебное издание

Бабенко Эдуард Гаврилович

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
СВАРКИ, НАПЛАВКИ, ОБРАБОТКИ
СПЛАВОВ РЕЗАНИЕМ И ДАВЛЕНИЕМ**

Учебное пособие

Редактор *Н.В. Смышляева.*
Технический редактор *Н.В. Ларионова*

План 2011 г. Поз. 1.17. Подписано в печать 16.05.2011.
Гарнитура Arial. Печать RISO. Уч.-изд. л. 6,0. Усл. печ. л. 6,6.
Зак. 155. Тираж 200 экз. Цена 109 руб.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.