

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИИ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
для студентов заочной формы обучения

**Нижекамск
2013**

УДК 621.7/9

А 51

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Нижекамского химико-технологического института (филиала)
ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Тарабарин О.И., доктор технических наук, профессор.

Латыпов Д.Н., кандидат технических наук, доцент.

Алмакаева, Ф.М.

А 51 Лабораторный практикум по технологии конструкционных материалов : учебное пособие для студентов заочной формы обучения / Ф.М. Алмакаева, В.Г. Шарафутдинова. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ». 2013 – 126 с.

В пособии изложены технологические процессы получения деталей литьём, механической обработкой на токарных станках, сваркой. Приводится методика проектирования технологических процессов с примерами, иллюстрациями, таблицами. Примеры снабжены подробными объяснениями.

Учебное пособие составлено в соответствии с учебным планом для бакалавров по направлениям подготовки 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», 151000 «Технологические машины и оборудование», 140400 «Электроэнергетика и электротехника», 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Подготовлено на кафедре «Машины и аппараты химических производств» НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

УДК 621.7/9

© Алмакаева Ф.М., Шарафутдинова В.Г., 2013

© Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» вместе с другими общепрофессиональными дисциплинами направлена на обеспечение подготовки дипломированного бакалавра в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Согласно учебному плану дисциплины, в качестве основных тем выбраны литейное производство, обработка металлов резанием и металлорежущие станки, электродуговая сварка.

В учебном пособии изложены теоретические основы по указанным темам, предложены задания для самостоятельного выполнения работы, представлены справочные данные, примеры выполнения задания, вопросы для самоконтроля. Всё это позволит студентам составить грамотное представление о сущности технологического процесса, а также научиться проектировать процессы получения деталей данными технологиями.

Для лучшего усвоения пройденного материала студент должен самостоятельно ответить на контрольные вопросы, помещённые в конце каждой работы.

Лабораторная работа № 1

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ В РАЗОВЫЕ ПЕСЧАНЫЕ ФОРМЫ

Цель работы: ознакомиться с этапами разработки технологического процесса литья и процессом получения разовых литейных форм; изучить назначение формовочных и стержневых смесей; научиться по данному эскизу детали выполнять эскизы отливки, модели, стержня и литейной формы

в сборе, правильно подбирать место подвода металла в полость формы и рассчитывать литниковую систему.

Характеристика литейного производства

Литейное производство – это отрасль машиностроения, занимающаяся изготовлением заготовок и деталей путем заливки расплавленного металла в форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали). Заготовка, или деталь, полученная методом литья, называется *отливка*. Отливки составляют до 90% от массы выпускаемых изделий.

Отливки изготавливаются из чугуна, стали, сплавов цветных металлов, которые должны иметь определенные литейные свойства: жидкотекучесть, усадку, склонность к образованию трещин, газовых раковин, пористости и др.

Жидкотекучесть – это способность сплавов в расплавленном состоянии заполнять полость формы и точно воспроизводить контуры отливки.

Усадка – свойство литейных сплавов уменьшаться в объеме при затвердевании и охлаждении.

Большую часть отливок различной сложности получают в разовых песчано-глинистых литейных формах. Преимуществами этого способа являются универсальность форм и низкая себестоимость. К недостаткам относятся низкая точность размеров отливок и большая шероховатость поверхности, что увеличивает объем последующей механической обработки отливки; неблагоприятные условия труда из-за загазованности и запыленности литейного цеха. Отливки с более высокой точностью размеров и чистотой поверхности по сравнению с отливками, получаемыми в песчано-глинистых формах, изготавливают *специальными способами литья*: в металлические и оболочковые формы, по выплавляемым моделям, под давлением, центробежным литьем и другими способами.

Отливки используются в основном *в качестве заготовок*, которые подвергаются дальнейшей механической обработке с целью получения заданных размеров и необходимой чистоты (шероховатости) поверхности.

Литейные формы могут быть разовыми и многократными и иметь одну или несколько плоскостей разъема или не иметь вовсе.

Литье в разовые песчаные формы

Сущность литья в песчаные формы заключается в изготовлении отливок свободной заливкой расплавленного металла в разовую литейную форму, изготовленную из формовочной смеси по многократно используемым модельным комплектам (деревянными или металлическими), с последующим затвердеванием залитого металла, охлаждением отливки в форме, извлечением ее из формы с последующей отделкой.

Литье в песчано-глинистые формы состоит из следующих операций:

1. *подготовка формовочных и стержневых материалов* заключается в сушке, измельчении и просеивании глины, угля и песка, в приготовлении глиноугольной суспензии, в доведении до соответствующей нормы связующих материалов, в восстановлении (регенерации) отработанных формовочных и стержневых смесей. Приготовление формовочных и стержневых смесей производится в специальных смесеприготовительных установках, в которых перемешиваются в определенном соотношении все компоненты смесей для придания им соответствующих технологических свойств.

2. *изготовление литейных форм и стержней* состоит из последовательных операций заполнения опоки с моделью и стержневых ящиков смесью, ее уплотнения и упрочнения для сохранения полученной конфигурации формы или стержня.

3. *сборка форм* заключается в установке стержней, выпорных и литниковых чаш в форму, соединения половин опок и их крепления.

4. *заливка форм* производится из заливочных ковшей, которые периодически заполняются расплавом из плавильного агрегата.

5. *охлаждение отливок* включает два процесса – кристаллизацию (затвердевание) расплава до твердого состояния, а затем охлаждение отливки в форме или на воздухе.

6. *выбивка отливок* из литейных форм производится на вибрационных решетках или коромыслах. Смесь просыпается через решетку и направляется в смесеприготовительное отделение на переработку, а отливки поступают в очистное отделение, где выполняются следующие технологические операции:

очистка – удаление с поверхностей отливок пригара, стержней и остатков формованной смеси. Очистка отливок производится в дробеметных установках и галтовочных барабанах. Для крупных отливок применяется гидравлический способ очистки;

обрубка – отделение от отливок элементов литниковой системы, заливов по разъему формы и других неровностей поверхности;

зачистка – окончательная обработка поверхности отливок перед последующей механической обработкой. Обрубку и зачистку отливок производят пневмоинструментами и шлифовальными устройствами.

Для получения качественной отливки конструкция литой детали должна быть технологичной, т.е. простой, легкой и дешевой в изготовлении, обеспечивающей необходимую прочность, наиболее полное использование металла и наименьшие затраты на отливку и механическую обработку. Общие технические условия к отливкам изложены в ГОСТ [3-6] и распространяются на литейные конструкционные материалы.

Прочность литой детали зависит не только от свойств металла, но и качества отливки. Конструктивную прочность детали снижают такие дефекты литья, как газовые раковины, шлаковые и песчаные включения, усадочные раковины и

рыхлоты, трещины, внутренние напряжения и др., которые часто обусловлены неправильным подводом жидкого металла в полость формы. Литым деталям следует придавать обтекаемую форму, простую конфигурацию без резких изменений толщины стенок и разветвлений внутренних полостей, затрудняющих заполнение формы металлом. Резкие переходы по толщине стенок ведут к появлению внутренних напряжений, короблению, образованию трещин. Местные скопления металла требует установки прибылей и холодильников во избежание усадочных раковин и пористости. Сопряжения стенок отливки выполняются с закруглениями (галтелями). Стенки отливки, располагающиеся в форме вертикально, должны иметь формовочные уклоны.

Литейная оснастка

Литейная оснастка – это комплект приспособлений для изготовления отливок. В него входят модель отливки, модели элементов литниковой системы, модельные плиты, стержневые ящики, опоки и др. Часть оснастки, включающая все приспособления, необходимые для образования рабочей полости литейной формы при ее формовке, называется *модельным комплектом*. Полный комплект оснастки, необходимый для получения разовой формы, называется *формовочный комплект*.

Модель отливки – это копия отливки, отражающая ее внешние очертания, размер которой больше отливки на величину усадки сплава и служит для образования отпечатка в литейной форме, соответствующего наружной конфигурации и размерам отливки. Также, в отличие от отливки, модель имеет выступы, называемые стержневыми знаками. Стержневые знаки модели создают в форме углубления для установки стержней. Модели простых отливок обычно неразъемные, а сложных – разъемные и изготавливаются из древесины, металлических сплавов, пластмассы и некоторых других материалов. При

изготовлении форм на машинах вместо моделей используют модельные плиты. *Модельная плита* - это металлическая плита, на которой укреплены металлические модели отливок и модели литниковой системы.

Стержень, являясь элементом литейной формы, служит для образования отверстий и полостей в отливке и состоит из рабочей части, образующей поверхность отливки, и знаков, которые крепят стержни в форме. Изготавливают стержни из специальных стержневых смесей в стержневых ящиках из древесины, металлических сплавов, пластмассы. Стержневой ящик обычно состоит из двух частей. Рабочая полость ящика изготавливается в соответствии с конфигурацией отверстий в отливке и стержневых знаков. Для наглядности на рис.1.1 представлена форма в сборе.

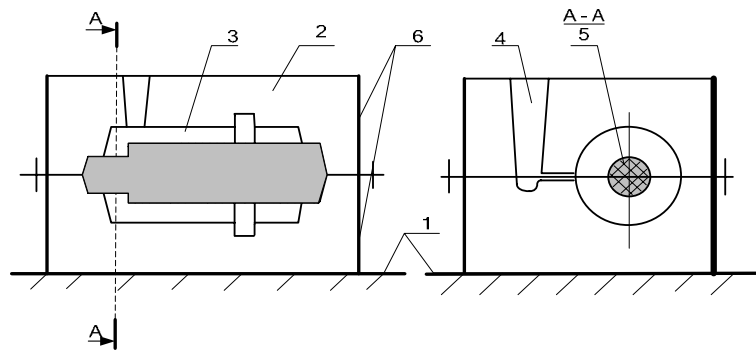


Рис. 1.1. Форма в сборе: 1 – модельная плита; 2 – формовочная смесь; 3 – воздушная полость, полученная отпечатком модели; 4 – воздушная полость, полученная отпечатком литниковой системы; 5 – стержень; 6 – верхняя и нижняя опоки

Рассмотрим более подробно технологический процесс получения отливки в разовой форме в двух опоках по разъемной модели согласно рис. 1.2.

1. Нижнюю половину модели 1, не имеющую центрирующих шипов, ставят плоскостью разъема на подмодельную плиту 2 (рис. 1.2 а).

2. Устанавливают нижнюю опоку 3 (рис. 1.2 б) и на поверхность полумодели наносят тонкий слой керосина либо посыпают модельной пудрой (мелкий кварцевый песок или графит), во избежание прилипания формовочной смеси.

3. Через ручное сито 4 на полумодель наносят облицовочную смесь толщиной 20-30 мм (рис. 1.2 б), после чего смесь уплотняют руками вокруг всей полумодели.

4. Насыпают наполнительную смесь и уплотняют ее ручной или пневматической трамбовкой 5. Клиновым концом трамбовки смесь уплотняют сначала у стенок опоки, а затем в средней части; после добавления смеси выше края опоки уплотняют тупым концом трамбовки (рис. 1.2 в).

5. Излишек смеси срезают линейкой 6 (рис. 1.2 в). Душником 7 накалывают вентиляционные каналы (рис. 1.2 г).

6. Заформованную опоку переворачивают на 180° вместе с подмодельной плитой, убирают плиту и разъемом вверх устанавливают на предварительно подготовленное место. Формовочную смесь по разъему заглаживают гладилкой.

7. На нижнюю половину модели по центрирующим шинам устанавливают верхнюю половину модели и модель литниковой системы (рис. 1.2 д).

8. Поверхность разъема формы посыпают тонким слоем сухого кварцевого песка, чтобы формовочная смесь в верхней опоке не прилипала к смеси в нижней половине опоки. Верхнюю опоку 8 устанавливают на нижнюю по центрирующим шипам (рис. 1.2 д).

9. Производят наполнение и уплотнение смеси в верхней опоке в требуемой последовательности (рис. 1.2 е).

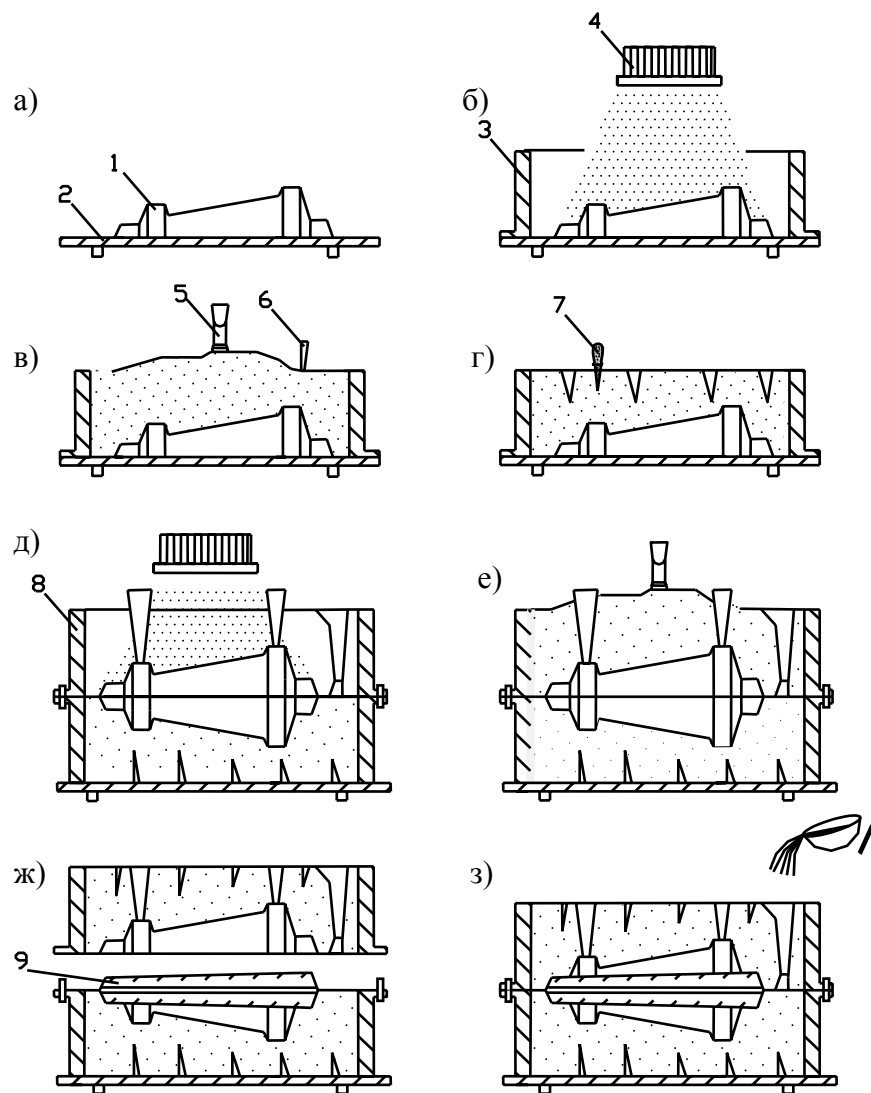


Рис. 1.2. Последовательность технологических операций при изготовлении разовой формы в двух опоках по разъемной модели.

10. После уплотнения верхнюю полуформу снимают, переворачивают на 180^0 разъемом вверх и устанавливают на предварительно подготовленное место. Из полуформы после легкого раскачивания удаляют половины моделей и модель литниковой системы.

11. В нижней полуформе гладилкой прорезают питатели, которые предназначены для прохода жидкого металла в полость формы. Затем обе полуформы отделяют и припыливают графитом (если в формы заливают чугун), тальком или цементом, с целью получения отливок с более чистой поверхностью.

12. В нижнюю полуформу устанавливают стержень 9 и закрывают ее верхней полуформой (рис. 1.2 ж). Полуформу скрепляют скобами или штырями, или же на верхнюю полуформу устанавливают груз для предотвращения ухода металла через разъем формы во время заливки металла.

13. Производят заливку металла (рис. 1.2 з).

14. После остывания полученную отливку выбивают из формы, освобождают от литниковой системы, зачищают по размеру формы.

Исходные данные и объем задания

Каждому студенту выдается номер варианта и задание, которое содержит эскиз детали с размерами и обозначением поверхностей, подвергаемых механической обработке и марку сплава, из которого изготавливается отливка (табл.1. 1).

При выполнении задания следует:

- 1) выбрать положение отливки в форме, поверхность разъема форм и место подвода металла в форму;
- 2) составить эскиз отливки;
- 3) разработать эскиз модели и стержней;
- 4) произвести упрощенный расчет элементов литниковой системы;
- 5) определить размеры опок;

- 6) составить эскизный чертеж собранной формы.

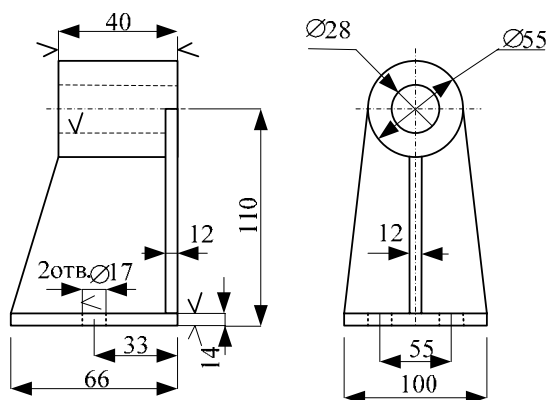
Таблица 1.1

Исходные данные

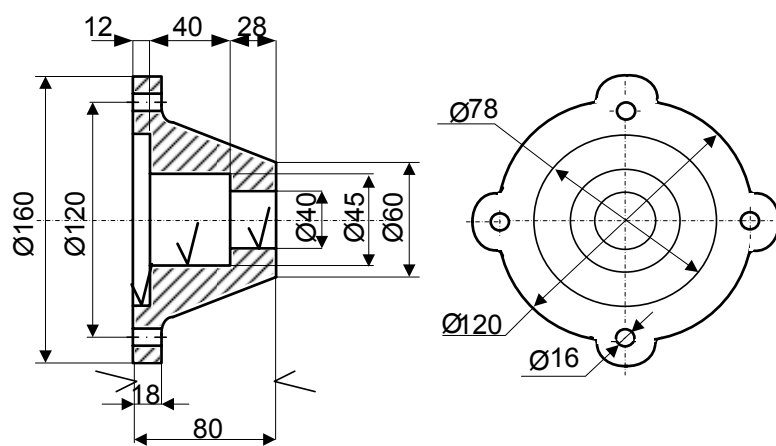
вариант (№ рис.)	материал	производство	вариант (№ рис.)	материал	производство
1	Чугун	Единичное	16	Чугун	Единичное
2	Сталь	Массовое	17	Сталь	Массовое
3	Бронза	Серийное	18	Бронза	Серийное
4	Чугун	Единичное	19	Чугун	Единичное
5	Сталь	Массовое	20	Сталь	Массовое
6	Бронза	Серийное	21	Бронза	Серийное
7	Чугун	Единичное	22	Чугун	Единичное
8	Сталь	Массовое	23	Сталь	Массовое
9	Бронза	Серийное	24	Бронза	Серийное
10	Чугун	Единичное	25	Чугун	Единичное
11	Сталь	Массовое	26	Сталь	Массовое
12	Бронза	Серийное	27	Бронза	Серийное
13	Чугун	Единичное	28	Чугун	Единичное
14	Сталь	Массовое	29	Сталь	Массовое
15	Бронза	Серийное	30	Бронза	Серийное

Задание

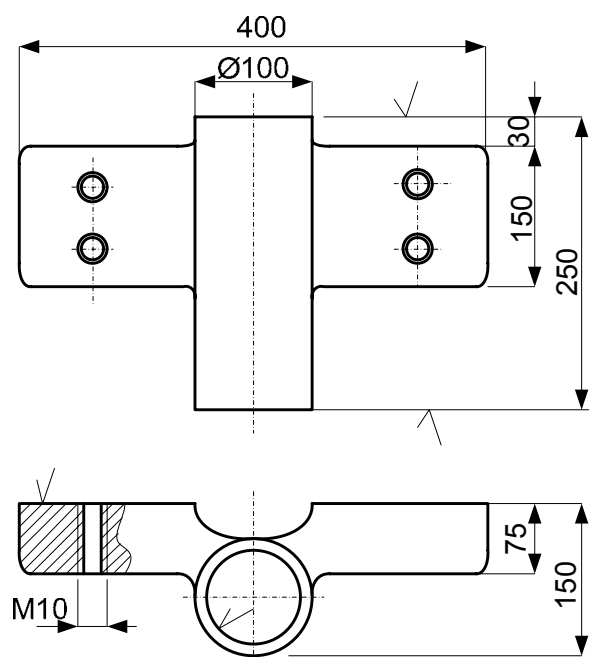
1. Фланец



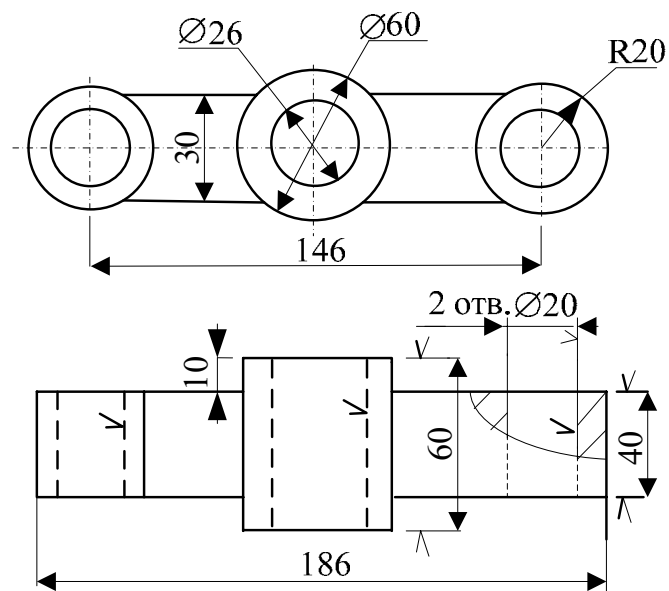
2. Стакан



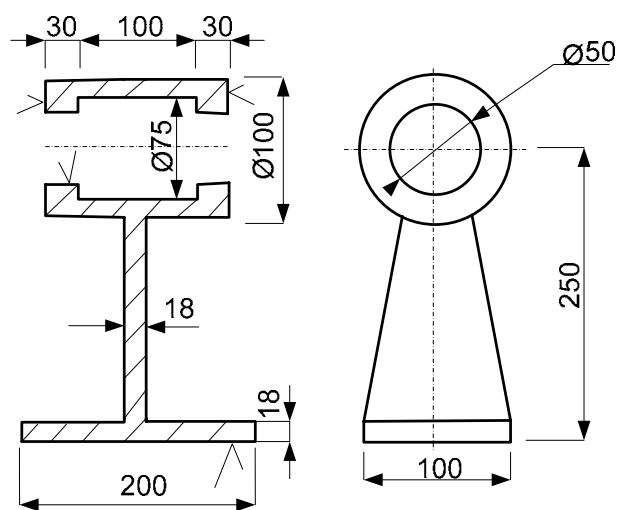
3. Фланец



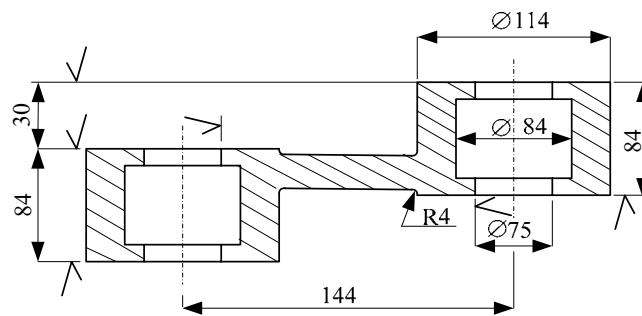
4. Траверса



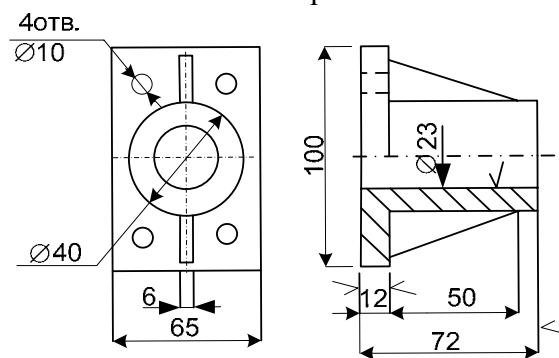
5. Фланец



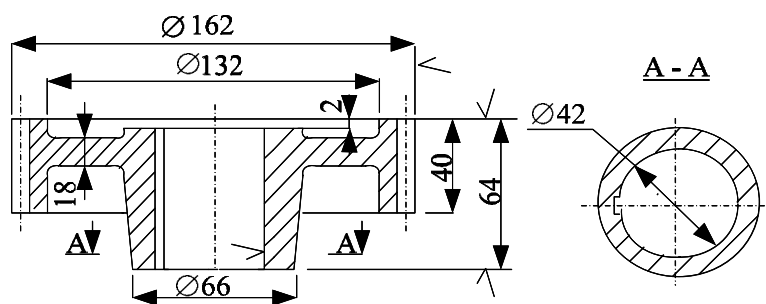
6. Траверса



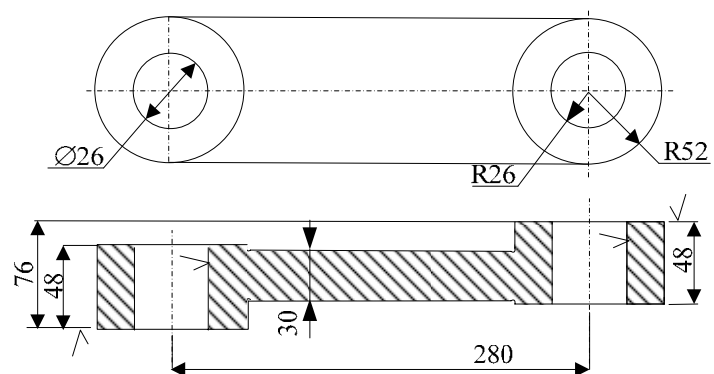
7. Опора



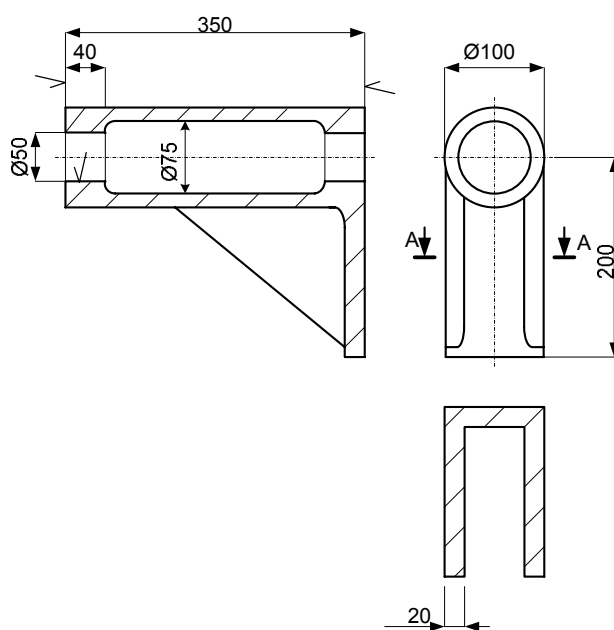
8. Зубчатое колесо



9. Траверса



10. Фланец



✓ - схематическое обозначение поверхности, на которой необходимо предусмотреть припуск на механическую обработку

При выборе расположения отливки в форме необходимо руководствоваться следующими правилами:

- 1) всю отливку (или ее основную часть) размещать в одной полуформе, желательно нижней, т.к. в верхней части формы скапливаются газы и неметаллические включения, способствующие появлению газовых раковин;
- 2) большие горизонтальные поверхности отливки располагать внизу формы, так как верхнее расположение приводит к обгоранию и осыпанию смеси верхней полуформы, затрудняет выход газов и загрязняет металл всплывающими шлаковыми включениями;
- 3) обрабатываемые поверхности отливки по возможности располагать в нижней или боковых частях формы;
- 4) отливки из сплавов, дающих большую усадку (сталь, цветные сплавы), размещать в форме так, чтобы обеспечить направленное затвердевание (тонкие части отливки – внизу, массивные – вверху), либо предусматривать установку прибылей.

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) и Н (низ). Линия разъема формы – РФ.

Следует избегать криволинейных разъемов формы и модели, а также предусмотреть минимальное количество стержней, поскольку они снижают точность отливок и понижают стоимость модельного комплекта. Стержни должны находиться в плоскости разъема модели или перпендикулярно плоскости разъема формы. Извлечение модели из формы не должно быть трудоёмким. Более высокую часть модели следует устанавливать в нижней полуформе.

При выборе места подвода металла в форму следует руководствоваться такими правилами:

- 1) для длинных отливок металл подводить в направлении длиной оси отливки;
- 2) подводить металл в необрабатываемую часть отливки, так в случае размыва формы неметаллические включения не обнаружатся при механической обработке;

3) подводить металл, таким образом, чтобы струя не падала с большой высоты и не разбрызгивалась.

На эскизе отливки нанести линию разъёма формы (РФ), показать припуски на механическую обработку, выполнить галтели (закругления при сочленении стенок) и указать, какие отверстия изготавливать литыми, а какие – механической обработкой. Все линейные размеры указываются с учётом изменений.

Под *припуском* на механическую обработку понимается слой металла (на одну сторону), который снимается в процессе механической обработки для обеспечения заданной чистоты поверхности. Припуски на механическую обработку наносят на чертеж там, где стоят знаки механической обработки. Величины припусков на механическую обработку в зависимости от наибольшего габаритного размера и положения отливки в форме, а также от применяемого сплава приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Припуски на механическую обработку

Наибольший размер отливки, мм	припуск		
	массовое	серийное	единичное
Отливки из серого чугуна			
До 300	3	4	4
От 301	4-6	5-7	5-8
Отливки из стали			
До 250	3	4	6
От 251	3-5	4-7	7-9
Отливки из бронзы			
До 200	2	2	3
От 201	2-4	3-5	4-6

Примечание: для нижних и боковых обрабатываемых поверхностей рекомендуется брать припуск по нижнему пределу, а для верхней поверхности - по верхнему пределу. Припуски на верхние поверхности увеличены из-за неметаллических включений и пузырьков газа, всплывающих на поверхность жидкого металла.

Сопряжение стенок отливки, так же как и модели, должны быть плавными, т.е. скругленными. Закругления внутренних углов называют галтелями, наружных –

закруглениями. Галтели и закругления уменьшают возможность появления трещин и усадочных раковин в отливках и облегчают удаление модели из формы.

При разработке *эскиза модели* за основу принимают форму и размеры отливки и увеличивают на величину литейной усадки.

При разработке технологического процесса можно принять следующие средние величины усадки сплавов: серый чугун – 1%; сталь – 2%; силумин – 1,3%; бронза – 1,5%.

В единичном производстве модели изготавливают из древесины, при массовом и серийном из металла. По высоте модели назначают *формовочные уклоны* (табл. 1.3), служащие для удобства извлечения модели из формы. Все наружные вертикальные поверхности отливки изготавливаются с уклоном в несколько градусов (в зависимости от высоты модели и в соответствии с ГОСТами) для извлечения модели из формы без её обрушения. Уклоны выполняются в направлении извлечения модели из формы, т.е. к линии разъёма формы.

Таблица 1.3

Формовочные уклоны моделей

Высота для уклона, мм	Уклоны	
	Деревянные модели	Металлические модели
До 20	3°	1° 30'
21-50	1° 30'	1°
51-100	1°	0° 45'
101-200	0° 45'	0° 30'
201-300	0° 30'	0° 30'
301-500	0° 30'	0° 20'

Модель имеет стержневые знаки, для создания в формовочной смеси опорных поверхностей, в которые укладываются и центрируются стержни. При стыковке полуформ выступающая часть нижнего знака стержня должна свободно попадать в соответствующий знак в верхней

полуформе. Размеры и уклоны знаков форм и стержней регламентируются ГОСТ [7].

На эскизе модели необходимо указать линию разъёма формы, величину стержневых знаков, формовочные и знаковые уклоны, линейные размеры с учётом изменений.

В зависимости от положения стержней в литейной форме стержневые знаки подразделяются на горизонтальные (рис. 1.3 а) и вертикальные (рис. 1.3 б).

Стержни служат для образования в отливках отверстий и внутренних полостей. В единичном мелкосерийном производстве литейные стержни изготавливают в стержневых ящиках ручным способом. На эскизе стержня указываются линейные размеры и знаковые уклоны β (табл. 1.4, 1.5, 1.5а, 1.5 б). Высота верхнего вертикального знака выбирается в зависимости от размера нижнего знака.

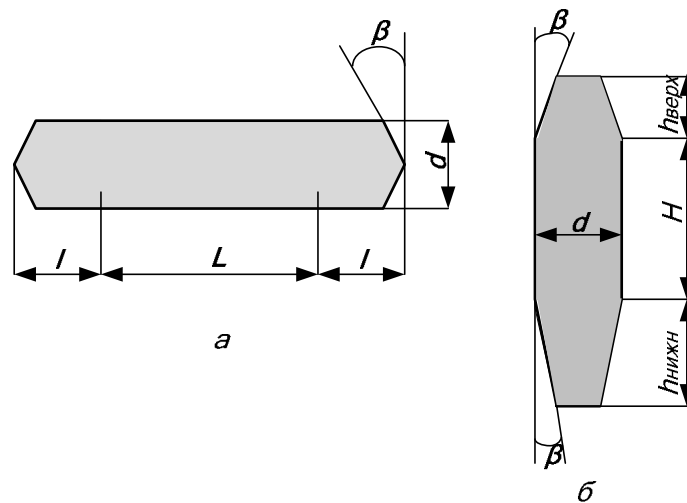


Рис. 1.3. Виды стержней

Таблица 1.4

Длина горизонтальных знаков при формовке, мм

d знака, мм	Длина знака l при длине стержня в модели L				
	До 50	51-150	151-300	301-500	501-750
До 25	15	25	40	-	-
26-50	20	30	45	60	-
51-100	25	35	50	70	90
101-200	30	40	55	80	100
201-300	-	50	60	90	110
301-400	-	-	80	100	120

Таблица 1.5

Высота вертикальных знаков (нижних), мм

d знака, мм	Высота знака h при высоте стержня в модели H				
	До 50	51-150	151-300	301-500	501-750
До 25	20	25	-	-	-
26-50	20	40	60	70	-
51-100	25	35	50	70	90
101-200	30	30	40	60	90
201-300	35	35	40	50	80
301-400	40	40	40	50	70

Примечание: при отсутствии верхнего стержневого знака высота нижнего может быть увеличена на 50%.

Таблица 1.5а

Высота вертикальных знаков (верхних), мм

Высота нижнего знака, мм	20	25	30	35	40	50	60	70	80	100
Высота верхнего знака, мм	15	15	20	20	25	30	35	40	50	55

Таблица 1.5 б

Зависимость величины уклонов β от высоты стержневых знаков

Высота знака d/2 для горизонтальных $h_{\text{верх}}$ и $h_{\text{нижн}}$ для вертикальных стержней	Уклон β
До 20	10
От 21 до 50	7
От 51 до 100	6
От 101 до 200	5

Устройство литниковых систем

Система каналов, обеспечивающая подвод расплава в полость формы, питание отливки в процессе кристаллизации и улавливание шлака и песочных включений, называется литниковой системой. После выбивки форм литниковая система отляется от отливки и поступает на переплавку. На рис. 1.4 изображена отливка 1 со стержнем 2, литниковая чаша 3, стояк 4, шлакоуловитель 5, питатель 6. Литниковая чаша, имеющая форму воронки, предназначена для удобства заливки расплава в форму и частичного удержания шлака. Стояк представляет собой вертикальный канал круглого сечения, соединяющий литниковую чашу и шлакоуловитель. Для облегчения извлечения модели из форм стояк формируется в верхней опоке с помощью модели, имеющей форму конуса, расширяющегося к чаше. Шлакоуловитель представляет собой горизонтальный канал трапецеидального сечения, выполняемый в верхней полуформе. Назначение шлакоуловителя – задержать шлак, попавший из литниковой чаши, и облегчить подвод металла к отливке.

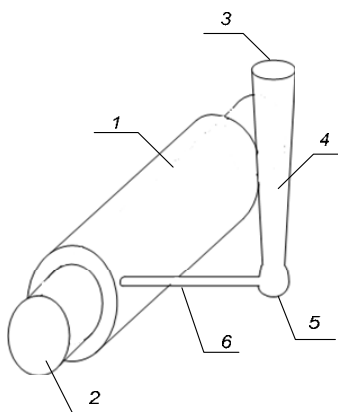


Рис. 1.4. Отливка со стержнем и литниковой системой

Питатели – тонкие и короткие каналы, соединяющие шлакоуловитель с литейной полостью формы. Они могут иметь различную форму поперечного сечения: трапецидальную, прямоугольную, полукруглую и т.п.

Подвод расплава в полость формы

Расплав в полость формы подводится при помощи питателя. Во избежание разрушения стенок формы или стержня питатель располагают так, чтобы струя расплава была направлена вдоль стенок или ребер отливки. Подвод расплава в полость формы выполняется с учетом литейных свойств сплава, конфигурации и толщины стенок отливок.

Если отливка имеет переходные толстые и тонкие сечения, расплав подводится к массивным частям отливки через прибыль. Прибыль предназначена для питания жидким металлом той части отливки, в которой из-за усадки металла может образоваться раковина. В этом случае раковина образуется не в отливке, а в прибыли, которая впоследствии удаляется (рис.). Поэтому прибыль располагают в наиболее толстых частях отливки. Нельзя подводить расплав в самый тонкий по сечению участок, рациональнее осуществить подвод жидкого металла около прибыли с тем, чтобы в ходе заполнения эта часть формы разогрелась. Прибыль чаще устанавливают на боковой поверхности отливки.

В отливках из цветных металлов при подводе дополнительно используется выпор. Выпор – это вертикальный канал в литейной форме. Он предназначен для вывода газов из формы при заливке, контроля заполнения формы расплавленным металлом и для слива холодного металла из верхней части полости формы. Выпор располагается в верхней части формы так, чтобы металл при заливке начинал поступать в него лишь после полного заполнения литейной формы.

Расчет литниковой системы

Размеры элементов литниковых систем рассчитываются в соответствии с весом и конфигурацией отливок. Недостаточные размеры литниковых систем увеличивают продолжительность заполнения формы. В результате образуются спаи и недоливы, которые могут привести к браку литья. При завышенных размерах литниковых систем расплав, заполнив форму с большой скоростью, оказывает значительное давление на стержни и внутренние части формы. Такое заполнение формы, вызывает обвалы ее частей, размывы стержней и сопровождается искажением геометрических размеров отливки, что также может привести к браку литья. Поэтому размеры элементов литниковой системы для каждой вновь изготавливаемой отливки устанавливаются в строгом соответствии с ее весом и сложностью, а также толщиной стенок. Для уменьшения попадания в полость формы воздуха, шлака и других неметаллических включений необходимо, чтобы литниковая система была заперта, т.е. заполнена металлом в течение всего периода заливки. Эти условия достигаются уменьшением сечений элементов литниковой системы по направлению движения металла.

Площади сечений стояка, шлакоуловителя и питателей находится из соотношения:

$$F_{ст} : F_{шл} : F_{пит} = 1,4 : 1,2 : 1$$

где $F_{ст}$ – площадь поперечного сечения стояка, $см^2$;

$F_{шл}$ – площадь поперечного сечения шлакоуловителя, $см^2$;

$F_{пит}$ – площадь поперечного сечения питателя, $см^2$.

Сечение питателя определяется по выражению:

$$F_{пит} = \frac{Q}{k \cdot t \cdot L} \cdot \tilde{\eta}^2$$

где Q - масса отливки;

t - продолжительность заливки, сек;

k - удельная скорость заливки, $кг/см^2 \cdot сек$;

L - коэффициент жидкотекучести.

Вес отливки определяется по её эскизу и плотности металла. Среднее значение плотности принять: для чугуна 7,1 кг/дм³; для стали 7,8 кг/дм³; для бронзы 8,8 кг/дм³, силумина 2,7 дм³.

Удельная скорость k_v зависит от объёмного коэффициента k_v и приведена в табл. 1.6.

$$k_v = \frac{Q}{V_{\Gamma}}$$

где V_{Γ} – габаритный объём отливки, дм³.

Таблица 1.6

сплав	Удельная скорость заливки k при k_v						
	До 1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	свыше 6
Чугун	0,55	0,60	0,65	0,75	0,80	0,85	0,95
Сталь	0,60	0,65	0,75	0,80	0,85	0,95	1,0
Бронза	0,30	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	0,75
Алюминиевый сплав	0,20	0,3	0,4	-	-	-	-

Коэффициент жидкотекучести L :

– для чугунных и стальных отливок $L = 1$;

– для стальных $L = 0,8$.

Продолжительность заливки:

– для чугуна и цветного сплава $t = 1,11 \cdot S \sqrt{Q}$;

– для стали $t = S \sqrt{Q}$,

где S – поправочный коэффициент, зависящий от средней толщины стенки отливки (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Средняя толщина стенки, мм	До 10мм	11-20	21-40	Свыше 40
S	1,0	1,3	1,5	1,7

Диаметры элементов литниковой системы определяются из соответствующих площадей.

Определение габаритных размеров опок

Расчетные размеры опок необходимо привести в соответствие с размерами, рекомендуемыми ГОСТ [1], для чего полученные результаты округляются до кратного 50 по длине и ширине и 25 по высоте. Настоящий стандарт распространяется на литейные цельнолитые чугунные круглые опоки, предназначенные для изготовления песчаных литейных форм при машинной, пескометной и ручной формовке. Стандарт не распространяется на опоки, применяемые при формовке методом прессования под высоким удельным давлением.

Рекомендуемые расстояния и число отливок в одной опоке см. табл. 1.8.

Таблица 1.8

Вес отливки, кг	Расстояния, мм						Число отливок в форме
	h ₁	h ₂	a	b	c	d	
До 5	40	40	30	30	30	30	12-8
5-10	50	50	40	30	40	30	8-4
10-25	60	60	40	30	50	30	4-2
25-50	70	70	50	40	50	40	3-1
50-100	90	90	50	50	60	50	2-1
100-250	100	100	60	60	70	60	1

Содержание отчета

Отчёт выполняется на формате А–4.

Работа состоит из пояснительной записки, в которой даются необходимые расчеты и объяснения эскизных чертежей.

Содержание отчёта:

- титульный лист;
- цель работы, задание;
- эскиз отливки;
- эскиз модели;
- эскиз стержня;
- расчёт литниковой системы;
- эскиз формы в сборе.

Контрольные вопросы

1. Какие сплавы относятся к литейным?
2. Какими свойствами должен обладать литейный сплав?
3. Классификация методов литья.
4. Что входит в модельный комплект?
5. Что такое опока и для чего она нужна?
6. Что такое стержневой ящик и для чего он нужен?
7. Для чего нужны стержни?
8. Какие требования предъявляются к формовочной смеси?
9. Из каких элементов состоит литниковая система?
10. Что такое выпор и для чего он нужен?
11. Что такое прибыль и для чего она нужна?
12. Последовательность изготовления песчаной литейной формы.
13. Какие этапы включает в себя технологический процесс изготовления отливки методом литья в песчаные формы?
14. Почему появляется литейная раковина и литейная пористость?
15. Чем отличается чертёж отливки от чертежа детали?
16. Что такое припуск на механическую обработку?
17. Почему припуск на механическую обработку в верхней части отливки больше чем в нижней её части?
18. Что относится к технологическим припускам и зачем они нужны?
19. Каким требованиям должно отвечать положение линии разъёма модели?

Литература

1. ГОСТ 1502 – 69. Опоки литейные цельнолитые чугунные круглые диаметром в свету 1200 мм, высотой от 200 до 400 мм. Конструкция и размеры.

2. ГОСТ 3.1125-88. ЕСТД. Правила графического выполнения элементов графического выполнения элементов литейных форм и отливок.
3. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия.
4. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные.
5. ГОСТ 17711-93. Сплавы медно-цинковые (латуни).
6. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок.
7. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.
8. Могилёв В.К., Лев О.И. Справочник литейщика / Могилёв В.К., Лев О.И. – Москва : Машиностроение, 1988. – 272 с.
9. Михайлов А.М. Литейное производство. Учебник. – Москва: Машиностроение, 1987. – 256 с.
10. Степанов Ю.А. Формовочные материалы / Степанов Ю.А., Семенов В.И. Учебное пособие. – Москва: Машиностроение, 1969. – 156 с.
11. Жуковский С.С. Формовочные материалы и технология литейной формы. – М.: Машиностроение, 1993. – 432 с.
12. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов/ А. М. Дальский, Т.М. Барсуков, Л.Н. Бухаркин и др.; Под общей ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., исправленное. М.: Машиностроение, 2003.-512 с.: ил.
13. Москалев В.Г. Литейное производство: Учебное пособие. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. - 126 с.
14. Интернет-ресурс
<http://www.vsegost.com/Catalog/10/10018.shtml>

Лабораторная работа № 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНО- ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ

Цель работы: изучить схемы обработки заготовок на токарно-винторезных станках и практически познакомиться с различными токарными резцами и приспособлениями для выполнения работ на токарно-винторезных станках. Подготовить маршрутный технологический процесс изготовления детали по индивидуальному заданию.

Инструменты и оборудование: режущие инструменты, штангенциркуль, приспособления к токарным станкам, токарно-винторезный станок.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЯХ

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

Технологическим процессом называется часть производственного процесса, непосредственно связанная с изменением формы, размеров, шероховатости поверхности, внешнего вида и свойств заготовок, из которых изготавливают детали машин. Так, например, отливкой и штамповкой получают заготовки из определенного металла или сплава с

заданным химическим составом, но не всегда с требуемой твердостью, прочностью, формой и размерами. Необходимую твердость и другие механические свойства сообщают изделиям термической обработкой. Необходимую форму и размеры высокой точности придают изделиям механической обработкой. Технологический процесс определяет последовательность обработки деталей, необходимое оборудование, приспособления и инструмент и состоит из ряда операций.

Операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая над одной или несколькими одновременно обрабатываемыми деталями одним или группой рабочих непрерывно на одном рабочем месте до снятия с обработки и перехода к обработке другой заготовки. Так, например, одновременная шлифовка нескольких поршневых пальцев, установленных на оправке, является одной операцией, как и шлифовка их каждого в отдельности. Одну и ту же операцию иногда вынуждены выполнять не один, а два и более рабочих, когда, например, установку и переустановку на станке тяжелых обрабатываемых деталей производят без подъемных приспособлений.

Если непрерывность точения изделия прерывается, допустим, сверлением отверстия обточенной втулки перед ее растачиванием, то имеют место не одна, а две токарные операции. Непрерывность при изготовлении деталей может нарушаться не только переходом на другой вид обработки, например с точения на сверление и обратно, но и передачей детали на другой станок для выполнения последующей или промежуточной операции. Необходимость обработки изделия на другом рабочем месте предусматривает выполнение уже другой операции. Так, например, чистовое и последующее тонкое точение на одном и том же станке является одной операцией; при выполнении же чистового точения на одном станке, а тонкого точения на другом имеют место две операции. Название операций, связанных с механической обработкой,

обычно дается по названию станка, на котором производят обработку (токарная, фрезерная, сверлильная и т.д.).

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

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

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

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

Проход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, при котором снимается один слой материала. В качестве примера можно рассмотреть технологический процесс обработки детали типа втулки. При ее изготовлении на токарном станке технологический процесс будет состоять из одной операции – токарной. Переходами будут подрезание торца, обтачивание по наружному диаметру, сверление отверстия, растачивание отверстия и отрезка. Каждый

переход можно производить со снятием одного или нескольких слоев металла, т.е. за один или несколько проходов.

Для целей технического нормирования трудовые процессы работающего расчленяют на приемы – законченные действия рабочего из числа необходимых для выполнения данной операции. К приемам относят, например, установку или снятие детали, пуск станка, переключение рычагов управления, закручивание гайки и т.д. Важным вопросом при разработке технологических процессов обработки резанием является вопрос правильного выбора базирования (установки) деталей на станках.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ

Применительно к деталям, обрабатываемым на токарных станках, выделяют следующие основные технологические классы: валы, втулки, стаканы, диски, фланцы.

К валам относят круглые стержни длиной более трех диаметров. Кроме валов, этот класс включает ходовые винты, оси, шпиндели, пиноли и др.

Втулки отличаются наличием сквозного отверстия и небольшой длиной – менее трех наружных диаметров.

Стаканами называются детали типа круглых сосудов со сплошным дном или небольшим отверстием в нем.

Характерная особенность дисков – небольшая длина, менее $\frac{1}{2}$ диаметра. К ним относятся крышки, шкивы, зубчатые колеса и др.

Фланцы – детали дисковой формы с отверстием и ступицей.

Такая классификация позволяет значительно сократить чрезвычайно большое число индивидуальных технологических процессов до процессов для каждого класса деталей или его характерной части (группы). Для большинства деталей токарной обработки применяются два наиболее характерных типовых технологических процесса: один – для класса валов, другой – для класса втулок. При этом по технологической общности к

втулкам относятся и другие короткие детали с отверстиями – стаканы, диски, фланцы.

ПОНЯТИЕ О БАЗАХ И ИХ ВЫБОРЕ

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

Технологической называется база, используемая для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. Такие базы могут состоять из одной или сочетания нескольких поверхностей (рис. 2.1).

Технологические базы разделяются на установочные и измерительные.

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

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

отверстия ступиц, а также наружная поверхность по зубьям или ободу.

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

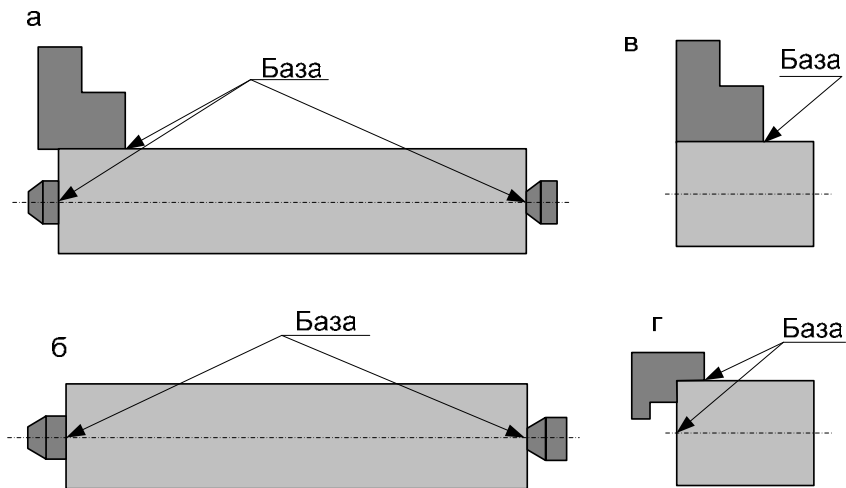


Рис. 2.1. Технологические базы при способах установки заготовок на токарном станке: а – в патроне и заднем центре с опорой на шпиндельный упор; б – в центрах; в – в патроне; г – в обратных кулачках патрона.

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

Измерительная база – поверхность (линия или точка), от которой производят измерение и отсчет размеров изделия.

Выбирать в качестве измерительных баз следует такие поверхности изделия, которые служат одновременно и его установочными базами. Совпадение измерительных баз с установочными позволяет получить более точно обработанное изделие.

Конструкторская база – совокупность поверхностей, линий, точек, от которых заданы размеры и положения деталей при разработке конструкции.

Конструкторские базы могут быть реальными (материальная поверхность) или геометрическими (осевые линии, точки).

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ

Токарные станки каждого типа в зависимости от размеров обрабатываемых деталей и особенностей конструкции отдельных узлов и элементов различаются по моделям. Моделям станков, выпускаемых серийно, присваивают цифровое или цифробуквенное обозначение. Как правило, обозначение состоит из трех-четырех цифр и одной-двух букв.

Первая цифра – это номер группы, к которой относится станок, вторая – номер типа станка, третья и четвертая характеризуют один из главных параметров станка или обрабатываемой на нем детали (например, высоту центров, диаметр прутка, размеры стола и т.п.). Буква после первой или второй цифры указывает, что станок модернизирован, буква, стоящая после цифр, обозначает модификацию (видоизменение) базовой модели станка. Например, модель 7А36 означает: 7 – строгально-протяжная группа, 3 – поперечно-строгальный, 6 – максимальная длина обрабатываемой детали 600 мм, буква А указывает на модернизацию станка базовой модели 736.

Если буква стоит в конце обозначения модели, то она указывает на класс точности станка, например 16К20П – это станок повышенного класса точности; нормальный класс точности в наименовании модели не указывается.

В моделях станков с ЧПУ последние два знака – буква Ф с цифрой (1 – станок с цифровой индикацией и предварительным набором координат; 2-е позиционной системой управления; 3 – с контурной системой управления; 4 – с комбинированной системой управления для позиционной и контурной обработки). Например, зубофрезерный полуавтомат с комбинированной системой ЧПУ – модель 53A20Ф4, вертикально-фрезерный станок с крестовым столом и устройством цифровой индикации – модель 6560Ф1.

В конце обозначения модели станков с цикловыми системами управления ставят букву Ц, а с оперативной системой управления – букву Т. Например: токарный многорезцово-копировальный полуавтомат с цикловым программным управлением – модель 1713Ц; токарный станок с оперативной системой управления – модель 16K20Т1.

По степени точности обработки станки делят на пять классов:

Н – нормальной точности. К этому классу относится большинство универсальных станков;

П – повышенной точности. Станки данного класса изготавливают на базе станков нормальной точности, но требования к точности обработки ответственных деталей станка, качеству сборки и регулирования значительно выше;

В – высокой точности, достигаемой благодаря использованию специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, качеству сборки и регулирования станка в целом;

А – особо высокой точности. Для этих станков предъявляются еще более жесткие требования, чем для станков класса В;

С – особо точные, или мастер-станки. На них изготавливают детали для станков классов точности В и А.

В табл. 2.7 представлены технические характеристики токарных станков.

На рис. 2.2 представлен универсальный ТВС 1К62. Его технические характеристики см. табл. 2.11 приложения 2.

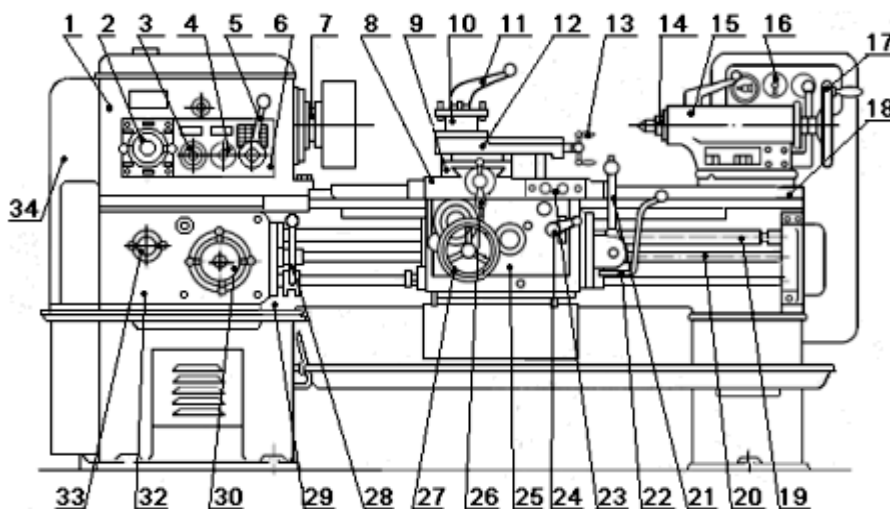


Рис. 2.2. Токарно-винторезный станок 1К62: 1 – передняя (шпиндельная) бабка; 2, 3, 4, 5 – рукоятки; 6 – коробка скоростей; 7 – шпиндель; 8 – продольные салазки (каретка); 9 – поперечные салазки; 10 – резцедержатель; 11 – рукоятка; 12 – поворотный суппорт; 13 – рукоятка; 14 – пиноль; 15 – задняя бабка; 16 – переключатель; 17 – маховик; 18 – направляющие станины; 19 – ходовой винт; 20 – ходовой вал; 21, 22 – рукоятки; 23 – кнопки; 24 – рукоятка; 25 – фартук; 26, 27 – маховики; 28 – рукоятка; 29 – станина; 30 – рукоятка; 32 – коробка подач; 33 – рукоятка; 34 – гитара.

СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК И ИНСТРУМЕНТ

На токарно-винторезных станках производят наружное и внутреннее точение цилиндрических и конических поверхностей, подрезание торцов, отрезание, сверление

конических отверстий, нарезание наружной и внутренней резьбы.

Токарные работы разделяются на черновые, при которых удаляют основную часть припуска и чистовые, которые придают заготовке окончательную форму, размеры и чистоту поверхности.

Точение наружных цилиндрических поверхностей называется обтачиванием, внутренних – *растачиванием*.

Обработка торцов цилиндрических поверхностей и кольцевых торцов ступенчатых валов называется *подрезанием*.

Отрезание – операция по отделению детали или полуфабриката от заготовки.

На рис. 2.3 представлены типовые схемы обработки поверхностей, которые наиболее часто производят на токарно-винторезных станках. Обработка осуществляется либо с продольным, либо с поперечным движением подачи S .

Наружные цилиндрические поверхности обтачивают прямыми (рис. 2.3 а, б) или отогнутыми (рис. 2.3 г, д) проходными резцами, правыми (рис. 2.3 а, д) или левыми (рис. 2.3 б, г), чистовыми прямыми (рис. 2.3 в) и широкими (рис. 2.3 е) резцами.

Растачивание производят расточными резцами. Гладкие сквозные отверстия растачивают проходными резцами (рис. 3 н, о), ступенчатые и глухие цилиндрические отверстия – упорными расточными резцами (рис. 2.3 п). Расточные резцы бывают также чистовыми и черновыми.

Обработку отверстий выполняют сверлами, зенкерами, развертками. Движение продольной подачи осуществляется режущим инструментом. Инструмент закрепляется в пинולי задней бабки.

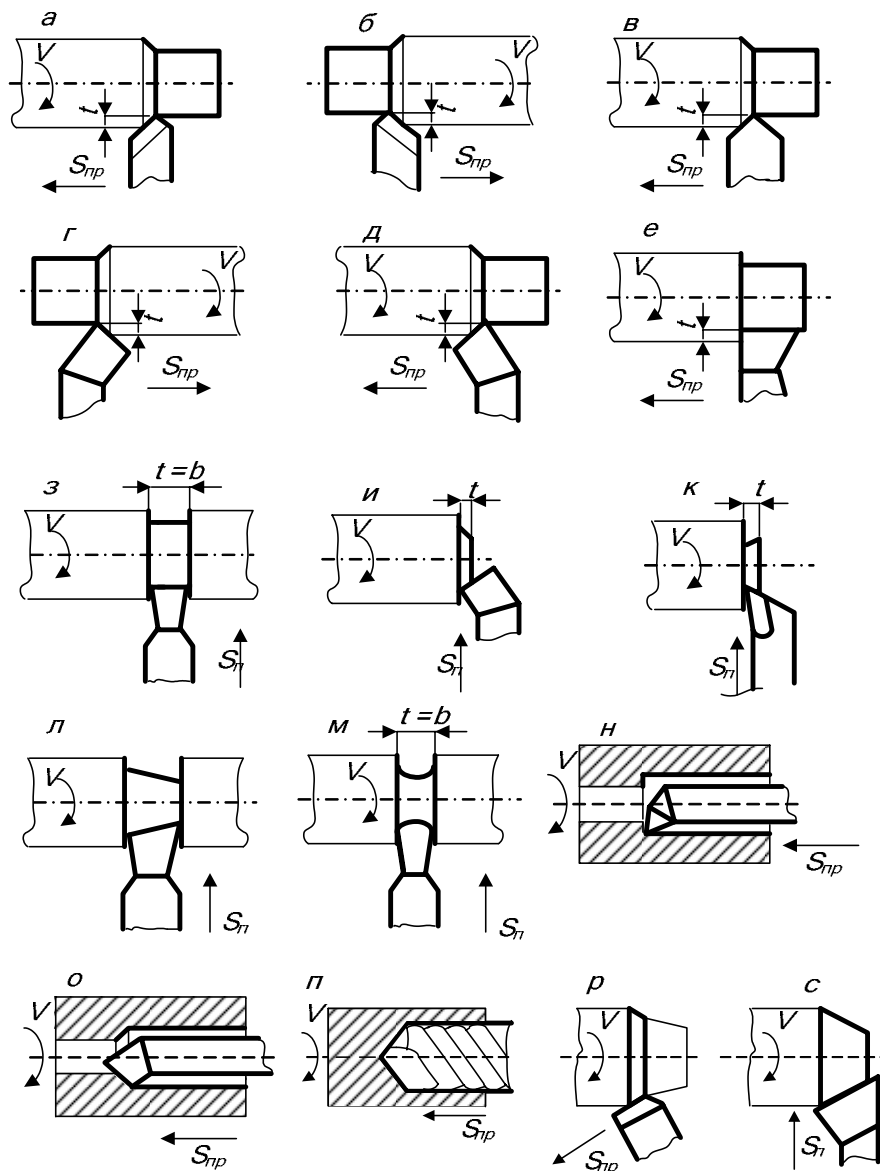


Рис. 2.3. Типовые схемы обработки поверхностей заготовок на токарно-винторезных станках

Подрезание торцов обычно производят перед обтачиванием нужных цилиндрических поверхностей. Подрезание ведут проходным отогнутым (рис. 2.3 и) или подрезным торцевым (рис. 2.3 к) резцами.

Для отрезки деталей от заготовки используют отрезные резцы с наклонной режущей кромкой (рис. 2.3 л), что обеспечивает чистый торец на готовой детали.

Кольцевые канавки обтачивают прорезными резцами (рис. 2.3 д), фасонные поверхности (рис. 2.3 м) – фасонными стержневыми резцами.

Обтачивание конических поверхностей ведут несколькими способами. Короткие конические поверхности - фаски обтачивают широкими резцами (рис. 2.3 р), у которых главный угол в плане ϕ равен половине угла при вершине обрабатываемой конической поверхности. Поворотом каретки верхнего суппорта обрабатывают конические поверхности, длина образующей которых не превышает, величины хода каретки верхнего суппорта (150 – 200 мм) с любым углом при вершине. Обработку ведут ручной подачей верхнего суппорта проходными резцами (рис. 2.3 с).

Для нарезания резьбы используются метчики, плашки и резьбовые резцы.

СПОСОБЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК НА СТАНКЕ

Способы закрепления заготовки при точении (рис. 2.4) зависят от характеристики заготовки (отношение длины заготовки к диаметру), необходимой точности обработки и других факторов.

На токарно-винторезных станках для закрепления заготовок широко используют трех кулачковые самоцентрирующие патроны (рис. 2.4 а). Патроны применяют для закрепления заготовок при отношении их длины к диаметру $L/d < 4$. При отношении $L/d = 4 \dots 10$ заготовку устанавливают с поджатием центра задней бабки (рис. 2.4 б), или в центрах (рис. 2.4 в, г, д, е). В случае закрепления в центрах, крутящий

момент от шпинделя станка к заготовке передают через поводковый патрон и хомутик. Для установления заготовки в центрах необходимо сделать центровые отверстия с торцов вала. Центровые отверстия делают специальными центровочными сверлами.

При отношении $L/d > 10$ для уменьшения деформации заготовки от сил резания применяют люнет (рис. 2.4 и,к), который является промежуточной опорой обрабатываемой поверхности.

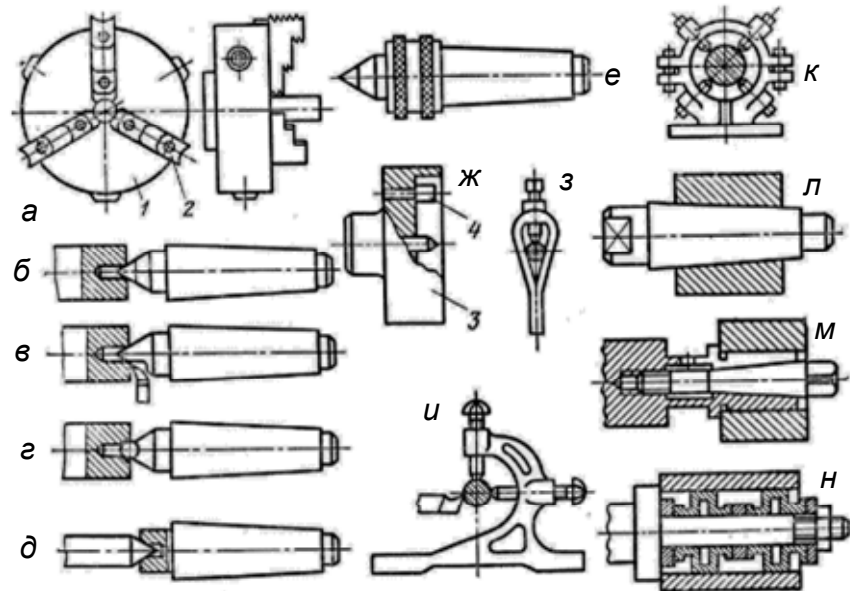


Рис. 2.4. Способы закрепления заготовки на токарно-винторезных станках: а – патрон (самоцентрирующий или несамоцентрирующий); б – упорный центр; в – срезанный центр; г – центр со сферической рабочей частью; д, е – вращающиеся центры; ж – поводковый патрон; з – хомутик; и, к – люнеты; л – коническая оправка; м – цанговая оправка; н – упругая оправка.

Для установки деталей типа втулок, колец и стаканов применяют различные типы оправок: конические оправки (рис. 2.4 л), когда заготовка удерживается на оправке силой трения на сопряженных поверхностях; цанговые оправки (рис. 2.4 м) с разжимными упругими элементами – цангами; упругие оправки с гидропластмассой, гофрированными втулками, тарельчатыми пружинами (рис. 2.4 н). Планшайбы используют для закрепления с помощью прихватов, накладок и болтов, угольников или специальных приспособлений крупных или сложных по конфигурации деталей, которые не могут быть зажаты в кулачковом патроне.

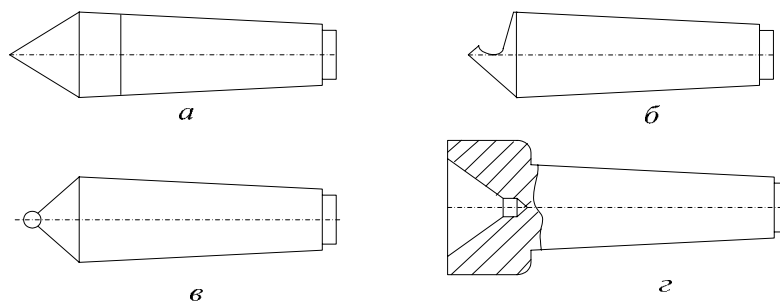


Рис. 2.5. Виды центров

Центры можно разделить на упорные (рис. 2.5 а), срезанные (рис. 2.5 б), шариковые (рис. 2.5 в). Упорные центры применяют для установки по центровым углублениям валов и других деталей, срезанные центры – при подрезке торцов заготовки, когда центр не должен мешать выходу резца, центр с шариком - при обточке конусов со смещением задней бабки, когда нарушается соосность центров, обратный центр (рис. 2.5 г) - при обработке деталей малого диаметра, у которых концы делают с конусной фаской из-за отсутствия места для центрального отверстия.

Ступенчатые валы обрабатывают по двум схемам: деления длины заготовки на части (рис. 2.6 а) или деления припуска на части (рис 2.6 б). В первом случае припуск с каждой ступени отрезается сразу за счет обработки заготовки с большой глубиной резания. Однако возникают значительные усилия резания, снижается точность обработки. Во втором случае обрабатывают заготовки с меньшими глубинами резания, однако общий путь резца увеличивается, резко возрастает время обработки (T_0).

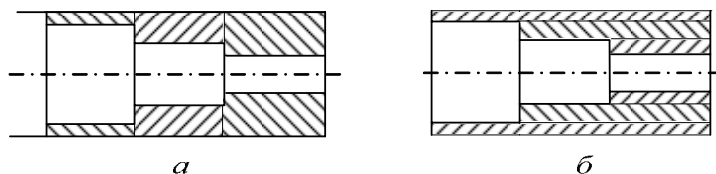


Рис. 2.6. Схемы обработки ступенчатых валов

Типовой технологический процесс обработки деталей типа валов в зависимости от способа крепления

№ п/п	Способ закрепления	Содержание операции
1	В патроне	Подрезка торцов заготовки в размер длины и центрование с двух сторон
2	В патроне и заднем центре	Черновое обработка заготовки с двух сторон с припуском на чистовую обработку точных поверхностей 1-2 мм на диаметр
3	В центрах	Чистовое обработка точных поверхностей с двух сторон

Примечания:

1. В третьей операции следует обрабатывать короткий участок заготовки со стороны заднего центра.

2. Технологический процесс увеличивается на некоторое количество операций в случаях:

а) обработки длинных валов – выточка канавки под кулачки неподвижного люнета;

б) обработки полых валов – сверление сквозного отверстия;

в) когда вал имел участки сложной формы (резьбовые, конические, фасонные), обработка которых нуждается в особой наладке станка.

Типовой технологический процесс обработки деталей класса втулок

№ п/п	Способ закрепления	Содержание операции
1	В патроне	Черновая обработка заготовок с двух сторон с припуском на чистовую обработку точных поверхностей 1-2 мм на диаметр
2	В патроне и заднем центре	Подготовка чистовой технологической базы (отверстия или наружного цилиндра)
3	На оправке или в патроне	Чистовое точение поверхностей детали, точно расположенных к технологической базе

Примечания:

1. При подготовке чистовой базы мерным инструментом (разверткой, метчиком и др.) во второй операции, число операций уменьшается на 1.
2. Для деталей с участками сложной формы (резьбовой, конической, фасонной), обработка которых нуждается в особой наладке станка, количество операций в технологическом процессе соответственно увеличивается.

КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ

Качество обработанных поверхностей определяется шероховатостью. Под шероховатостью понимают совокупность микронеровностей, возникающих в результате обработки. Шероховатость поверхности оценивается следующими параметрами:

R_z – средняя высота неровности профиля по десяти точкам;

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля микронеровности на базовой длине;

R_{max} – наибольшая высота микронеровности на базовой длине; S – средний шаг микронеровности;

t_p – относительная опорная длина профиля.

На рабочих чертежах шероховатость поверхности, обрабатываемой точением, задается параметрами R_a , R_z . Допустимое значение шероховатости обработанных поверхностей деталей машин указывается на чертежах условными обозначениями по ГОСТ 2789-73. Предпочтительные значения параметра R_a для разных

технологических методов обработки лежат в следующих пределах, мкм: для предварительной, черновой обработки 100...22,5; для чистовой обработки 6,3...0,4; для отделочной и доводочной обработки 0,2...0,012 .

Точность и качество обрабатываемых поверхностей зависит от схемы обработки и металлорежущего инструмента, а после их установления в основном от параметров режима резания.

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

Режимы резания определяются следующими параметрами: скоростью резания, подачей и глубиной резания (рис. 2.7).

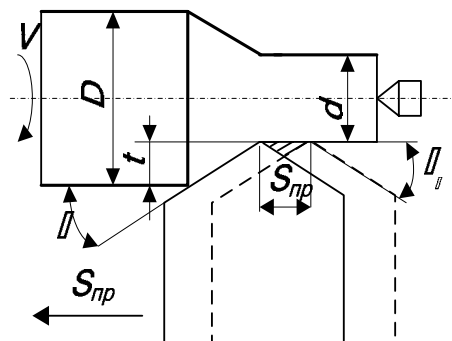


Рис. 2.7. Элементы резания и геометрия срезаемого слоя

Скоростью главного движения резания V называют расстояние, пройденное точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении главного движения в единицу времени. Скорость резания имеет размерность м/мин.

Скорость резания для станков с главным вращательным движением (токарных, сверлильных, фрезерных) определяется по формуле:

$$V = \pi * D * n / 1000 \approx D * n / 320, \quad (1)$$

где D – наибольший диаметр заготовки, n – частота вращения заготовки или инструмента, об/мин.

Режим резания, который обеспечивает наиболее полное использование режущих свойств инструмента и возможностей станка при условии получения необходимого качества обработки, называется рациональным. Для повышения производительности труда рекомендуется работать с возможно большим режимом резания. Однако его увеличение ограничивается стойкостью инструмента, жесткостью и прочностью обрабатываемой детали, узлов станка и его мощностью. T – стойкость инструмента, при одноинструментальной обработке принимают в пределах 30÷60 мин.

Зная скорость резания, определяют частоту вращения n (об/мин) из формулы:

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

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

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

Подачей S называют путь точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот.

Различают продольную $S_{пр}$ и поперечную $S_{п}$ подачи (рис. 2.3). Подача при точении имеет размерность мм/об.

Подачу выбирают *из нормативных таблиц в зависимости от марки обрабатываемого материала, размеров заготовки и выбранной глубины резания (табл. 2.4, 2.5, 2.6)*. Рекомендуется для данных условий обработки выбирать максимально возможную величину подачи. При черновой обработке ее значение ограничивается жесткостью детали,

инструмента и допустимым усилием предохранительного механизма подачи станка. Подача для чистовой обработки определяется главным образом шероховатостью обрабатываемой поверхности. Для уменьшения шероховатости подачу следует принимать меньшей. *Окончательно подачу корректируют исходя из данных станка и принимают ближайшую из имеющихся на станке (табл.2.9).*

Глубиной резания t называют расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное перпендикулярно к последней. Глубину резания относят к одному рабочему ходу инструмента относительно обрабатываемой поверхности (к одному проходу). При точении цилиндрической поверхности глубину резания определяют как полуразность диаметров до и после обработки.

$$t = \frac{D_{\text{зад}} - d}{2}, \quad (2)$$

где d – диаметр обработанной цилиндрической поверхности заготовки, мм.

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

При сверлении глубина резания определяется по формуле:

$$t = \frac{d}{2}, \quad (3)$$

где d – диаметр отверстия после рассверливания, зенкерования и развертывания или диаметр сверления в сплошном материале, мм.

При растачивании отверстия:

$$t = \frac{d - D}{2}, \quad (4)$$

где d – диаметр втулки после растачивания, мм;

D – диаметр втулки до растачивания, мм.

При подрезке вала или втулки глубина резания определяется по формуле:

$$t = l - l_1, \quad (5)$$

где l – длина вала (втулки) до подрезки, мм;

l_1 – длина вала после подрезки, мм.

При отрезке (разрезке) вала или втулки глубина резания t равна ширине главной режущей кромки отрезного резца.

Основное технологическое время T_0 , затрачиваемое на резание определяется при наружном точении по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot h}{n \cdot S_{np} \cdot t}, \text{ мин} \quad (6)$$

где L – расчетная длина хода резца относительно заготовки, мм (рис. 2.8);

h – припуск на обработку, мм. (h/t – число проходов инструмента);

S_{np} – продольная подача, мм.

$$T_0 = \frac{L_{заг} \cdot h}{n \cdot S_n \cdot t}, \text{ мин} \quad (7)$$

где S_n – поперечная подача, мм.

Путь при точении – это длина обработки, скорость – это скорость подачи в м/мин, равная произведению $n \cdot S$. Следовательно при токарной обработке основное

технологическое время T_0 (мин) определяется по формуле (6) и (7). Для продольной подачи можно использовать и эту формулу:

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

где L – расчётная длина пути режущего инструмента в направлении подачи, мм (рис. 2.8); i – число проходов (h/t); n – частота вращения заготовки, об/мин; S – подача, мм/об.

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

где l – расчётная длина обрабатываемой поверхности, мм;

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

t – глубина резания, мм;

φ – главный угол в плане резца;

$l_2 = 1 \div 3$ мм – выход (перебег) резца.

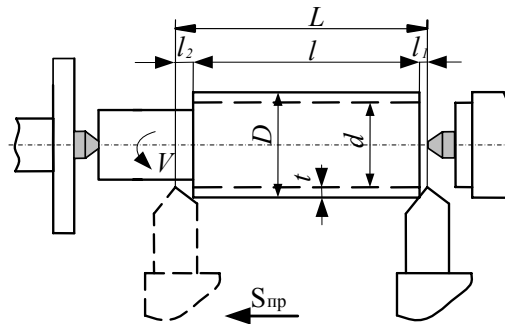


Рис. 2.8. Расчётная длина пути режущего инструмента

Мощность, необходимая для резания:

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

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

Вертикальная составляющая силы резания (рис. 2.9) P_z (Н) – сила сопротивления резанию, действующая в вертикальном направлении касательно к поверхности резания. Определяется по формуле:

$$P_z = K * t * S,$$

где K – коэффициент резания, равный силе резания, приходящейся на 1 мм^2 площади поперечного сечения срезаемой стружки, МПа (табл. 2.8).

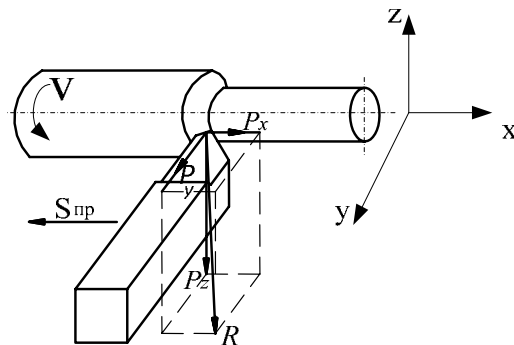


Рис. 2.9. Пояснение к действию силы сопротивления резанию

Полученное значение мощности резания $N_{рез}$ нужно сравнить с мощностью электродвигателя выбранного станка N . С учетом коэффициента полезного действия электродвигателя η :

$$N_{рез} \leq N_{дв} * \eta$$

В случае, если не выполняется это условие, необходимо перейти к меньшему значению частоты вращения шпинделя n и повторно выполнить расчеты.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ТОКАРНО – ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

Основанием для проектирования технологического процесса обработки является рабочий чертеж детали. При проектировании следует придерживаться следующей последовательности:

1. выбор вида заготовки и метода ее получения;
2. разработка маршрутного технологического процесса обработки детали;
3. определение режимов резания.

Основными видами заготовок, в зависимости от назначения деталей, являются: прокатный сортамент, штамповки, поковки и отливки.

Маршрутный технологический процесс обработки определяет последовательность выполнения и содержание операции, способы закрепления заготовки и средства оснащения технологического процесса (оборудование и инструмент).

Технологический процесс обработки заготовки на токарно-винторезном станке делится на 2 этапа: черновой и чистовой. Черновые переходы по возможности должны обеспечивать приближение форм и размеров ее к заданным по техническим условиям при наименьшем числе переходов.

Чистовая обработка должна обеспечить точность и качество поверхности детали.

При установлении общей последовательности обработки детали следует выполнять следующие рекомендации:

- установить способ закрепления заготовки (рис. 2.1); в случае перемены способа закрепления сделать об этом запись в маршрутном технологическом процессе.
- в первую очередь подрезать торец заготовки и сверлить центровочные отверстия (центровать), если заготовка закрепляется с использованием центра;
- поверхности детали обрабатывать в последовательности, обратной точности, чистовую обработку вести после черновой обработки всех поверхностей;
- при одной установке обрабатывать возможно большее количество поверхностей;

- предусматривать припуск под операцию шлифования при определении глубины резания чистого точения поверхностей, точность изготовления которых и шероховатость выше достижимой при точении.

Режимы резания при точении определяются в следующей последовательности:

1. Выбирается значение глубины резания t . При черновой обработке глубина резания обычно равна всему припуску на обработку. Глубина резания при наличии напуска устанавливается так, чтобы удалить его за два перехода: 60 – 70% на первом и 40 – 30% на втором. При чистовой обработке глубина резания назначается в зависимости от шероховатости обработанной поверхности. Поверхность с шероховатостью R_z 40 мкм обрабатывается при глубине резания 0,5...2 мм, при R_a 2,0 мкм 0,1 – 0,4 мм.

2. Выбирается величина технологически допустимой подачи S . При черновой обработке подача выбирается по табл. 2.4. При чистовой обработке подача ограничивается заданной точностью и качеством поверхности. В табл. 2.4 приведены подачи и для чистовой обработки заготовок. Подача при прорезании пазов и отрезании также определяется из справочной литературы и приведены в табл. 2.11 и 2.12. Выбранную подачу корректируют по паспорту станка.

3. Припуск под круглое шлифование составляет 0,02 – 0,03 мм на сторону.

4. Для выбранных значений t и S по табл. 2.7 определяется скорость резания.

5. Исходя из величины скорости резания, определяется число оборотов шпинделя. Полученное расчетное число оборотов нужно сравнить с паспортом станка и принять ближайшее (в пределах 5%) число оборотов, допускаемое шпинделем станка.

6. Определяется действительная скорость резания V_d , соответствующая выбранному числу оборотов из паспорта станка.

7. Последним этапом расчета является определение технологического времени T_o по формуле 6 для продольной подачи или по формуле 7 для поперечной подачи.

Пример определения режимов резания

Выбрать режимы резания для обтачивания вала из стали 45 ($\sigma_b = 650$ МПа) при следующих данных: диаметр заготовки $D = 45$ мм, диаметр детали $d = 40-0,05$ мм, длина обрабатываемой поверхности $L = 200$ мм, шероховатость $Ra = 2,5$ мкм, установка в патроне и заднем центре. Резец – проходной упорный с пластижкой из твёрдого сплава Т15К6. Геометрия резца: $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\phi = 90^\circ$, $r = 1$ мм; форма передней поверхности – плоская с положительным передним углом.

Решение. Учитывая высокую точность и малую шероховатость поверхности детали, обтачивание следует выполнять за два перехода. На чистовое точение оставлен припуск 1,5 мм на диаметр (табл. 2.2).

Назначаем режим резания для чернового перехода.

1. Глубина резания $t = (D - d) / 2 = (45 - 41) / 2 = 2$ мм.

2. Из табл. 2.4 выбираем подачу равную $S = 0,5$ мм/об.

3. По табл. 2.7 выбираем скорость резания $V = 166$ м/мин.

По табл. 2.8 устанавливаем поправочные коэффициенты для заданных условий работы: $K_1 = 1$; $K_2 = 1,15$; $K_3 = 1$; $K_4 = 1$; $K_5 = 0,88$. Умножаем табличную скорость на поправочные коэффициенты:

$$V = 166 * 1,15 * 0,88 = 168 \text{ м/мин.}$$

4. Определяем необходимую частоту вращения заготовки:

$$n = 320 * V / D = 320 * 168 / 45 = 1195 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка 1К62 (табл. 2.11) принимаем ближайшую меньшую частоту вращения: $n = 1000$ об/мин.

Универсальный токарно-винторезный станок 1К62 предназначен для выполнения чистовых и получистовых разнообразных токарных работ в мелкосерийном и индивидуальном производствах. На станке 1К62 могут

нарезаться резьбы: метрическая, дюймовая, модульная, питчевая и архимедова спираль. Основные достоинства станков серии 1К62 – высокая мощность главного привода, большая жесткость и прочность всех звеньев кинематической цепи, надежность и виброустойчивость конструкции, широкий диапазон частот вращения шпинделя, рассчитанных на скоростное и силовое резание.

5. Уточняем действительную скорость резания:

$$V_d = D \cdot n / 320 = 45 \cdot 1000 / 320 = 141 \text{ м/мин.}$$

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

Из табл. 2.10 коэффициент резания $K = 1780 \text{ МПа}$, тогда

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

Мощность, необходимая на резание:

$$N_{\text{рез}} = P_z \cdot V / 60 \cdot 1020 = 1780 \cdot 141 / 60 \cdot 1020 = 4,1 \text{ кВт.}$$

Из табл. 2.9 Мощность двигателя станка $N_{\text{дв}} = 4,1 \text{ кВт}$ (16К20). КПД станка принимаем $\eta = 0,75$. Тогда мощность на шпинделе составит:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 4,1 \cdot 0,75 = 3,07 \text{ кВт.}$$

Этого вполне достаточно для осуществления выбранного режима резания.

Назначаем режим резания для чистового перехода.

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

2. Подача (табл. 2.9) $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

3. Скорость резания (табл. 2.5) составляет 235 м/мин .

Уточняем скорость резания соответственно изменённым условиям работы:

$$V = 235 \cdot 1,15 \cdot 0,88 = 238 \text{ м/мин.}$$

4. Определяем частоту вращения заготовки:

$$n = 320 \cdot V / D = 320 \cdot 238 / 41 = 1858 \text{ об/мин.}$$

Исходя из данных станка (табл. 2.10) принимаем

$$n = 2000 \text{ об/мин.}$$

Действительная скорость резания:

$$V_d = D \cdot n / 320 = 41 \cdot 2000 / 320 = 256 \text{ м/мин.}$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание выдается преподавателем.

1. В соответствии с номером варианта взять эскиз детали и выписать исходные данные.
2. Составить перечень переходов, необходимых для полного изготовления детали.
3. Сгруппировать переходы в операции и наметить последовательность операций и переходов.
4. Выбрать для каждого перехода режущий и измерительный инструмент. Указать материал режущего инструмента.
5. Определить припуски на обработку и размеры заготовки.
6. Подсчитать глубину резания.
7. Определить необходимую подачу.
8. Определить скорость резания и уточнить ее с помощью поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные условия обработки.
9. Подсчитать частоту вращения шпинделя, которая потребуется для достижения необходимой скорости резания и выбрать ближайшую меньшую имеющуюся на станке.
10. Рассчитать основное технологическое (машинное) время T_0 на каждый переход и всю обработку детали в целом.
11. Составить технологический маршрут обработки детали, занеся все данные в таблицу:

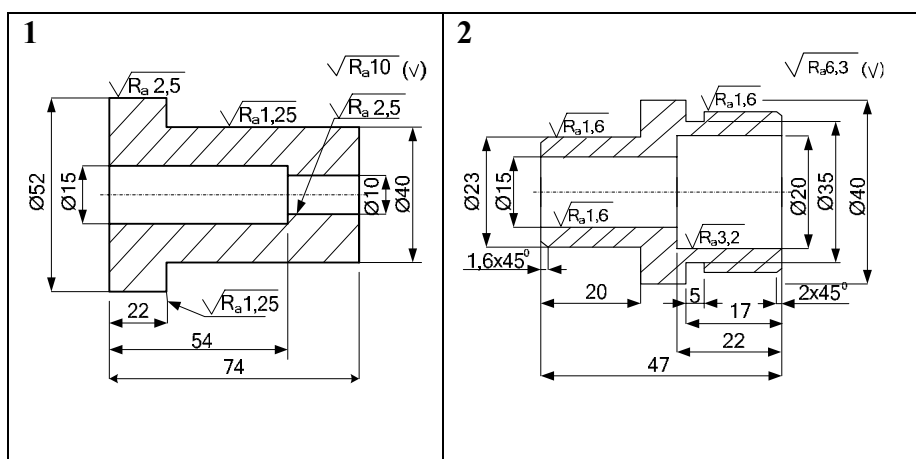
Установочный переход	Содержание установочного перехода	Инструмент	Режимы резания				
			t , мм	S , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	T_0 , мин
1	2	3	4	5	6	7	8

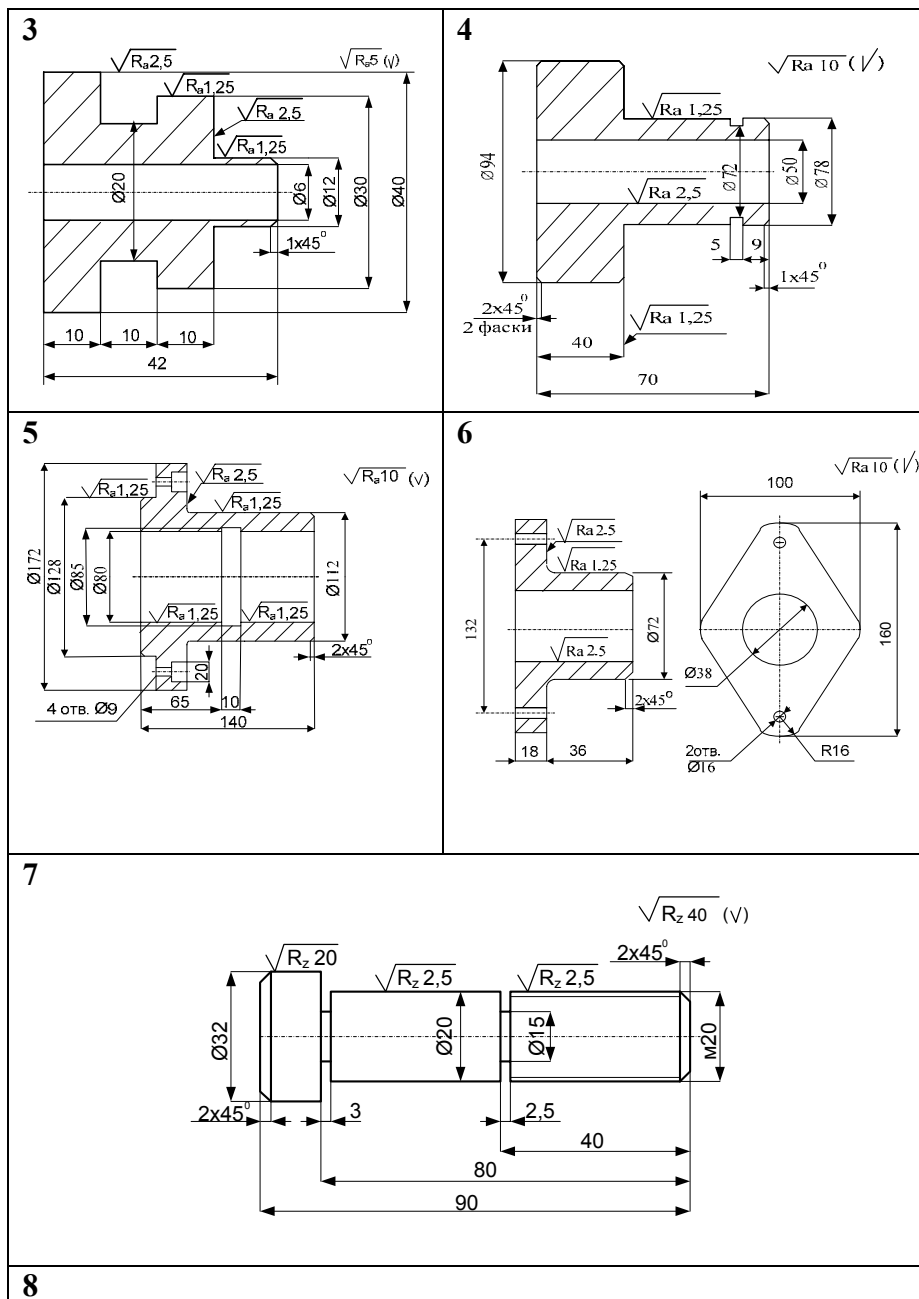
В приложении 2 показан пример выполнения задания (1, 2, 3 пункты таблицы). Выше рассмотрен пример расчета режимов резания (4, 5, 6, 7, 8 пункты).

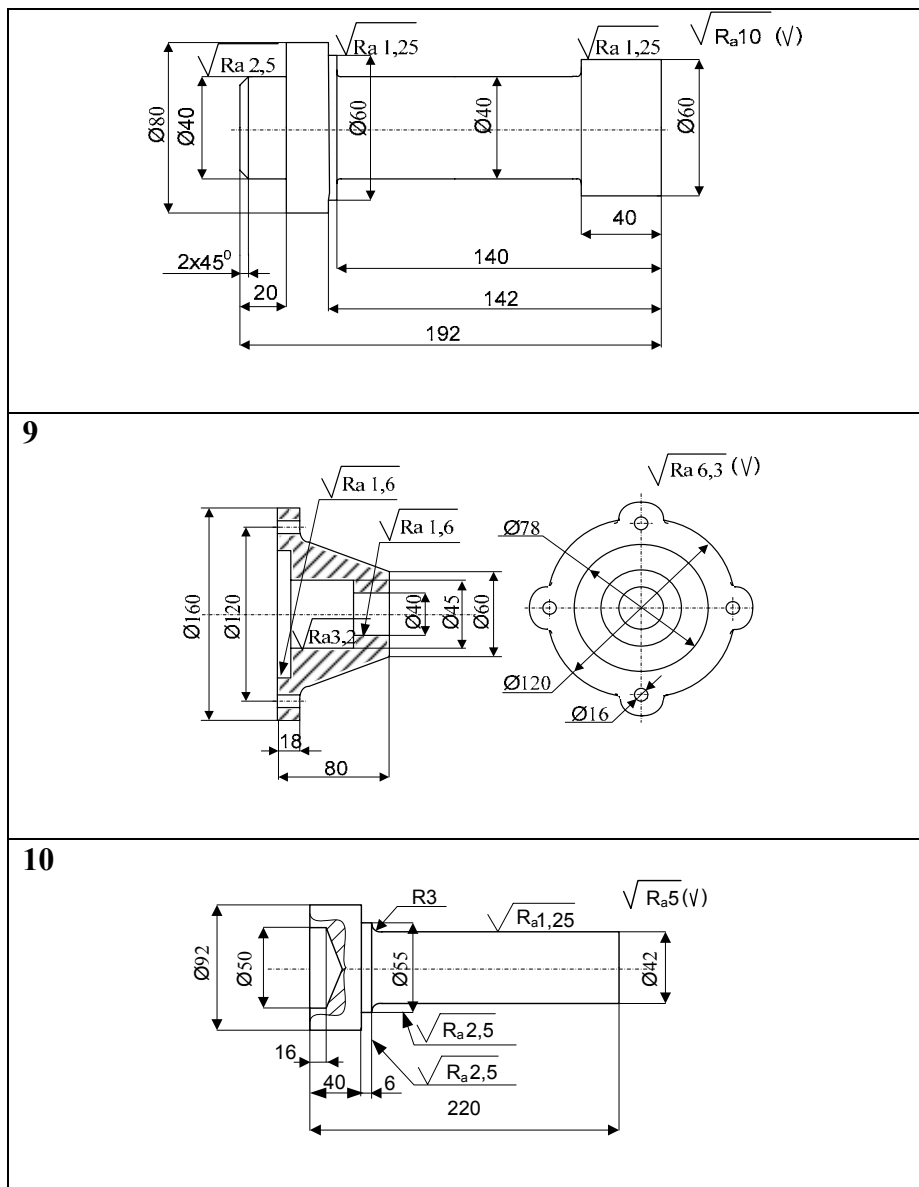
СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Титульный лист.
2. Цель работы, исходное задание.
3. Подбор заготовки.
4. Расчет режимов резания. Подбор оборудования.
5. Таблица с разработанным маршрутом и занесенными расчетными данными.
6. Эскизы схем обработки.

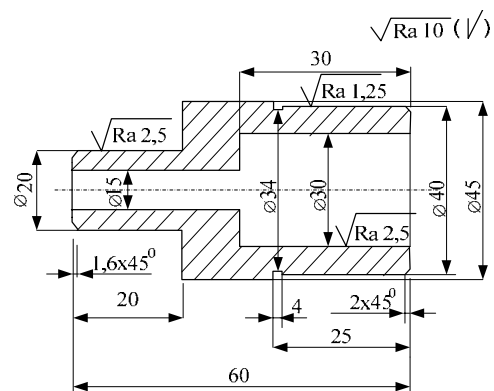
Эскизы заданий



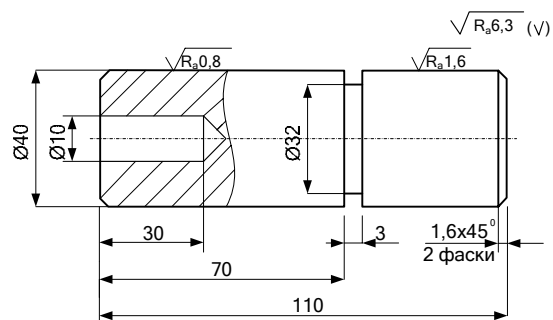




11



12



√ - знаки, показывающие шероховатость поверхности.

Таблица исходных данных

№ варианта	№ задания	Материал заготовки: чугун—HB, сталь— σ_B , МПа	Материал режущей части резца	ϕ_1 , град
1	2	3	4	5
1	6	$\sigma_B = 450$	T15K6	30
2	7	$\sigma_B = 550$	T15K6	45
3	8	$\sigma_B = 600$	T15K6	60
4	10	$\sigma_B = 650$	T15K6	30
5	11	$\sigma_B = 750$	T15K6	45

6	3	HB=150	BK8	60
7	2	HB=150	BK8	30
8	8	HB=190	BK6	45
9	3	HB=190	BK6	60
10	1	HB=190	BK6	30
11	2	$\sigma_B = 750$	T15K6	45
12	12	$\sigma_B = 650$	T15K6	60
13	4	$\sigma_B = 600$	T15K6	30
14	5	$\sigma_B = 550$	T15K6	45
15	1	$\sigma_B = 450$	T15K6	60
16	2	HB=150	BK8	30
17	3	HB=150	BK8	45
18	4	HB=150	BK8	60
1	2	3	4	5
19	5	HB=150	BK8	30
20	6	HB=190	BK6	45
21	7	$\sigma_B = 550$	T15K6	60
22	11	$\sigma_B = 600$	T15K6	30
23	9	$\sigma_B = 650$	T15K6	45
24	10	$\sigma_B = 700$	T15K6	60
25	7	$\sigma_B = 750$	T15K6	30
26	8	HB=190	BK6	45
27	2	HB=190	BK6	60
28	9	$\sigma_B = 750$	T15K6	30
29	10	$\sigma_B = 650$	T15K6	45
30	12	$\sigma_B = 550$	T15K6	60

Примечание. Для заданий 3 и 4 используется и обработка на фрезерном станке. Эти записи включать в маршрут не нужно.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Обозначение металлорежущих станков.
2. Способы закрепления заготовок на токарном станке.
3. Приспособления, используемые для установки деталей типа втулки.
4. Основные типы токарных резцов.
5. Инструменты подрезания торцов и уступов.
6. Назначение центровки заготовок.
7. Схемы обработки ступенчатых валов.

8. Способы обработки отверстий на токарных станках.
9. Растачивание ступенчатых и глухих отверстий.
10. Выбор режимов резания.
11. Выбор материала режущей кромки резца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов/ А. М. Дальский, Т.М. Барсуков, Л.Н. Бухаркин и др.; Под общей ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., исправленное. М.: Машиностроение, 2003.–512 с.: ил.
2. Допуски и посадки. Учебное пособие. 3-е изд./В.И. Анухин. – СПб.: Питер, 2004. – 207 с.
3. Metallорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / В.Э. Пуш, В.Г. Беляев, А.А. Гарюшин и др.; под общ. Ред. В.Э. Пуша. М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
4. Справочник молодого токаря / Зайцев Б.Г., Шевченко А.С. – М.: Высш.школа, 1979. –367с.

Лабораторная работа № 3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Цель работы: ознакомиться с методикой разработки технологии ручной дуговой сварки.

При разработке технологического процесса сварки необходимо в зависимости от марки, механических свойств, размеров и типа соединения свариваемых деталей выбрать тип и марку электрода, определить форму разделки кромок, диаметр электрода, род и силу сварочного тока.

Вводная информация

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений с помощью межатомных или межмолекулярных связей в пограничном слое изделий. Ее преимущества перед другими видами соединений привели к широкому применению в промышленности и на транспорте, обеспечили ведущее место среди технологических процессов обработки металлов.

Сварка является одним из ведущих технологических процессов производства в современном машиностроении. Она позволяет получать конструкции и заготовки, которые другими способами получить невозможно или затруднительно. При этом обеспечиваются низкая себестоимость изделий, малый расход материала при высокой прочности и надежности соединяемых изделий.

Развитие сварочного производства, кроме совершенствования процессов сварки, сопровождается внедрением автоматического и полуавтоматического оборудования, позволяющего уменьшить трудоемкость изготовления изделий.

Для успешного применения сварки инженер-конструктор должен знать основы технологии сварки, ее основные виды и технологические возможности, уметь правильно выбирать материалы свариваемых изделий, тип сварного соединения, сварочные материалы, иметь четкое представление о процессе сварки проектируемого изделия, определить тип и форму исходных заготовок и технически грамотно оформить чертежи сварных конструкций. Только при выполнении всех перечисленных требований можно спроектировать и затем изготовить работоспособные и технологичные агрегаты, машины, приборы и другие изделия.

В производстве сварных металлоконструкций чаще других способов используется ручная дуговая сварка, что обусловлено следующими ее преимуществами: высокими прочностными свойствами сварных соединений, возможностью

применения в труднодоступных местах, простотой и надежностью оборудования, широким выбором типов сварочных электродов и, следовательно, большим диапазоном технологических возможностей.

Теоретическая часть

Электродуговой сваркой называется сварка плавлением, при которой нагрев свариваемых кромок осуществляется теплотой электрической дуги.

При ручной сварке дуга горит между заготовкой и электродом, закрепленным в электрододержателе, который держит в руке сварщик. Все операции по зажиганию дуги, перемещению дуги относительно изделия и подаче электрода в зону дуги выполняются вручную.

Ручная дуговая сварка производится двумя способами: неплавящимся и плавящимся электродом. Второй способ, выполняемый плавящимся электродом, является основным при ручной дуговой сварке (рис. 3.1).

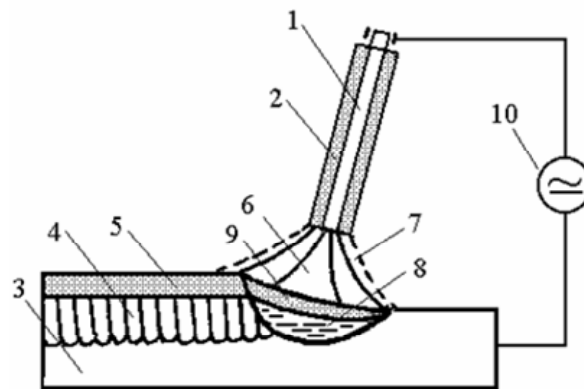


Рис. 3.1. Схема ручной дуговой сварки плавящимся электродом с покрытием: 1 – стержень электрода, 6 – электрическая дуга, 2 – покрытие электрода, 7 – газовая защитная атмосфера, 3 – основной металл 8 – жидкая

металлическая ванна, 4 – сварной шов, 9 – жидкая шлаковая ванна, 5 – твердая шлаковая корка 10 – источник тока

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

Ручную дуговую сварку производят на сварочном посту, состоящем из источника сварочного тока (переменного или постоянного), сварочных проводов, держателя для закрепления электрода и стола, на котором располагаются свариваемые детали. Схема сварочного поста показана на рисунке 3.2.

Для ручной дуговой сварки в зависимости от рода тока в сварочной цепи используют источники переменного тока – сварочные трансформаторы и источники постоянного тока – сварочные выпрямители и генераторы.

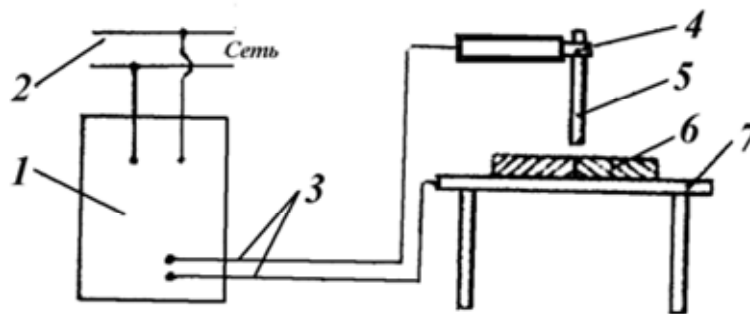


Рис. 3.2. Схема сварочного поста для ручной дуговой сварки: 1 - источник сварочного тока; 2 — сеть переменного тока; сварочные провода (сварочная цепь); 4 - держатель; 5 - электрод; 6 - свариваемые детали; 7- стол

Источники переменного тока более распространены, так как обладают рядом технико-экономических преимуществ: сварочные трансформаторы проще в эксплуатации, значительно долговечнее и обладают более высоким КПД, чем выпрямители и генераторы.

При использовании постоянного тока различают *сварку на прямой и обратной полярностях*. В первом случае электрод подключается к отрицательному полюсу и служит катодом, во втором – к положительному и служит анодом.

Для образования сварного шва применяют сварочные электроды. Электрод для ручной дуговой сварки (см. рис. 3.1) представляет собой металлический стержень 1 диаметром от 1 до 8 мм длиной 300–450 мм, на поверхность которого нанесено покрытие 2. Покрытие обеспечивает устойчивое без перерывов горение дуги, защиту расплавленного металла шва от кислорода и азота воздуха, раскисление жидкого металла сварного шва и легирование металла шва.

Типы и требования, предъявляемые к металлическим электродам для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей, регламентированы ГОСТ 9467-75.

Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей предусмотрено девять типов электродов (Э 38, Э 42, Э 42А, Э 46, Э 46А, Э 50, Э 50А, Э 55, Э 60); для сварки легированных и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности пять типов (Э 70, Э 85, Э 100, Э 125, Э 150).

Тип электрода обозначается буквой Э (электрод) и цифрой, показывающей гарантируемый предел прочности металла шва (временное сопротивление) $\sigma_b = (10^{-1})$ МПа. Например, Э 38 предел прочности $\sigma_b = 380$ МПа.

Буква А в обозначении указывает, что металл шва, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства. Такие электроды применяют при сварке наиболее ответственных швов.

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

Стержни электродов изготовлены из сварочной проволоки. Стандартом предусмотрено 77 марок стальной проволоки диаметром 0,2–12 мм, которые делятся на три группы: низкоуглеродистую (Св-08А и др.), легированную (Св-10Х5М и др.) и высоколегированную (Св-06Х19Н10МЗТ и др.). В марках проволоки «Св» означает «сварочная», первые две цифры – содержание углерода в сотых долях процента, последующие буквы и цифры – содержание легирующих элементов в соответствии с маркировкой легированных сталей; последняя буква «А» – пониженное содержание серы и фосфора.

По назначению электроды подразделяются на следующие группы: для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей - У; для сварки теплоустойчивых легированных сталей - Т; для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами - В; для наплавки слоев с особыми свойствами - Н.

Покрытие сварочных электродов представляет собой смесь порошкообразных материалов, нанесенных на металлический стержень. Оно выполняет множество функций, которые направлены на достижение двух основных целей, преследуемых в процессе сварки - обеспечение стабильности горения дуги и придание металлу сварного шва необходимых свойств.

Стабильность сварочной дуги достигается введением в покрытие электродов веществ, обладающих малой величиной потенциала ионизации, благодаря чему происходит насыщение дугового пространства ионами, необходимыми для устойчивого

горения дуги. В качестве таких веществ применяются мел, поташ, титановый концентрат, калиевое и натриевое жидкое стекло, углекислый барий и др. Только стабилизирующие (тонкообмазанные) покрытия называют иногда ионизирующими.

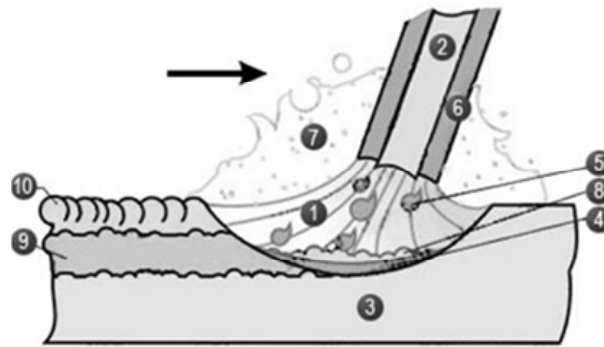


Рис. 3.3. Покрытие электрода в действии: 1 – дуга, 2 – электрод, 3 – свариваемый металл, 4 – сварочная ванна, 5 – капли расплавленного электрода, 6 – покрытие, 7 – газовое облако, 8 – шлаковая ванна, 9 – сварочный шов, 10 – шлаковая корка

Чтобы сварной шов получился требуемого качества, в состав покрытия вводится большое количество компонентов, служащих для выполнения самых различных задач. Основные из них следующие:

- *Защита зоны сварки* от азота, кислорода и водорода (водорода в составе паров воды), содержащихся в воздухе. Защитные компоненты покрытия создают на пути атмосферных газов два барьера - газовое облако, состоящее из углекислого газа, окиси углерода и прочих газов, и шлаковый слой сложного состава, плавающий на поверхности расплавленного металла. К газообразующим компонентам относятся крахмал, древесная зола, хлопчатобумажная пряжа,

пищевая мука, декстрин, целлюлоза. К шлакообразующим - титановый концентрат, каолин, марганцевая руда, мел, мрамор, кварцевый песок. Шлак не только защищает сварочную ванну от вредных газов, но и снижает скорость охлаждения и кристаллизации металла, способствуя тем самым более полному выходу из него газов и вредных включений.

- *Раскисление расплавленного металла*, т.е. удаление из него кислорода путем его связывания. В качестве раскислителей выступают вещества, которые легко (легче, чем железо) вступают в реакцию с кислородом. Это такие металлы, как молибден, титан, хром, алюминий, входящие в состав покрытия в форме ферросплавов.

- *Легирование металла шва* с целью улучшения его физических, механических и химических свойств. Эту функцию выполняют в основном хром, молибден, марганец, кремний, ниобий, титан - в виде чистых металлов или ферросплавов. Легирование шва может выполняться также с помощью присадочной проволоки.

- *Связывание всех компонентов*, входящих в покрытие, друг с другом, а всего покрытия в целом - со стержнем электрода. Основным связующим веществом является натриевое (силикат натрия) или калиевое жидкое стекло, которое выполняет одновременно и функцию стабилизации дуги. Жидкое стекло (силикатный клей), кстати сказать, является веществом, которое входит в покрытие электродов всех типов - настолько удачным оказалось соединение в нем связующих и стабилизирующих качеств.

Важно не только химический состав, но и физические свойства покрытия, в частности, температура его плавления. Она не имеет строго определенного значения, поскольку покрытие является многокомпонентным. Обычно её значение варьируется в пределах 1100-1200°C.

В соответствии с ГОСТ 9466-75, по толщине, определяемой отношением наружного диаметра электрода (D) к

диаметру его стержня (d), покрытия подразделяются на следующие типы в зависимости от отношения D/d :

- тонкие - $D/d < 1,2$ - (обозначается буквой "М");
- средние - $1,2 < D/d < 1,45$ - ("С");
- толстые - $1,45 < D/d < 1,8$ - ("Д");
- особо толстые - $D/d > 1,8$ - ("Г").

В зависимости от химического состава различают следующие виды покрытий электродов:

- кислое - обозначается А (А);
- основное - Б (В);
- целлюлозное - Ц (С);
- рутиловое - Р (R);
- смешанного типа - (RB, RA, RC и пр.);
- прочие виды покрытий - П.

В скобках приведены обозначения по европейскому стандарту DIN EN 499 (С - cellulose, А - acid, R - rutile, В - basic). Встречающееся иногда обозначение RR означает "рутиловое толстое".

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

В рутиловых покрытиях основным компонентом является рутил (TiO_2). Благодаря высоким сварочно-технологическим свойствам, механическим свойствам металла шва и благоприятным санитарно-гигиеническим характеристикам электроды с рутиловым покрытием очень

широко применяются, в том числе и взамен электродов с руднокислым покрытием. К рутиловым относятся покрытия: ЦМ-9, МР-3, АНО-3, АНО-5, ОЗС-3 и др.

Целлюлозные покрытия содержат большое количество органических составляющих, разлагающихся в процессе плавления и обеспечивающих газовую защиту расплавленного металла. Эти покрытия дают хорошее качество сварному шву при соблюдении теплового режима. Их недостаток - большие потери от разбрызгивания. К этой группе покрытий относятся: ОМА-2, ЦЦ-1, ВСЦ-4 и др.

Основные покрытия составлены на основе плавленого шпата (CaF_2) и мрамора. Эти электродные покрытия дают высокое качество металла шва и применяются для сварки ответственных швов. Однако, так как основные электродные покрытия адсорбируют влагу при хранении, перед применением их нужно прокалывать. Кромки свариваемых изделий необходимо тщательно очищать от ржавчины и загрязнений, иначе в сварном шве будут поры. Широко используются электроды марок: УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, СМ-11, АНО-7, АНО-8 и др.

Перед сваркой необходима проковка электродов: с рутиловой обмазкой при $t = 80 \div 120^\circ\text{C}$, с карбонато-рутиловым покрытием при $t = 200 \div 250^\circ\text{C}$ и с основным - при $t = 300 \div 350^\circ\text{C}$. Время прокалывания $2 \div 2,5$ часа.

Сварочная дуга представляет собой мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка начинается в момент зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. Процесс зажигания дуги обычно включает три этапа:

1) короткое замыкание электрода на заготовку, при этом в точках касания происходит разогрев металла (рис. 3.4 а);

2) отвод электрода на расстояние 3–6 мм (рис. 3.4 б). На этом этапе под действием электрического поля начинается эмиссия электронов с поверхности разогретых пятен. Столкновение быстро движущихся электронов с молекулами

газов и паров металла приводит к ионизации воздушного зазора, дуговой промежуток становится электропроводным;

3) возникновение устойчивого дугового разряда (рис. 3.4 в).

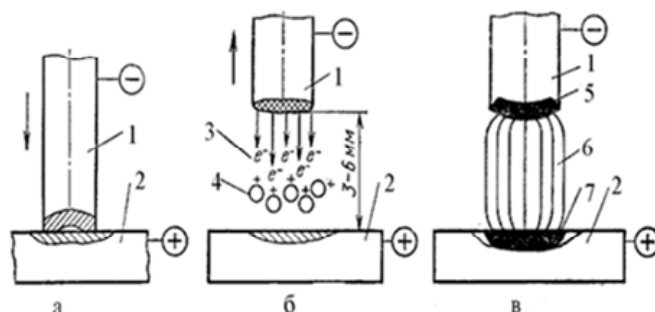


Рис. 3.4. Схема процесса зажигания дуги

Электрические свойства дуги выражаются статической вольтамперной характеристикой, которая представляет собой зависимость между напряжением U на дуге и током дуги I (рис. 3.5 а). Характеристика состоит из трех участков: I, II, III, каждому из которых присущи свои особенности.

Объяснение им можно дать, если рассматривать дуговой промежуток как цилиндрический газовый проводник, проводимость которого зависит от количества находящихся в нем ионов и электронов. Так при увеличении тока до 100 А (участок I) соответственно возрастает количество ионов и электронов в дуговом промежутке, при этом его проводимость увеличивается, а, следовательно, напряжение на дуге уменьшается (падающая характеристика). При токе в 100 А наступает полная ионизация дугового промежутка. Если же продолжать увеличивать ток до 1000 А, то происходит увеличение площади поперечного сечения дуги (пропорционально увеличению тока) и поэтому напряжение на дуге практически постоянно (участок II, жесткая характеристика). При дальнейшем увеличении тока (участок III)

площадь поперечного сечения дуги изменяется мало, дуговой промежуток ионизирован полностью и его проводимость остается постоянной, следовательно, напряжение на дуге увеличивается (возрастающая характеристика).

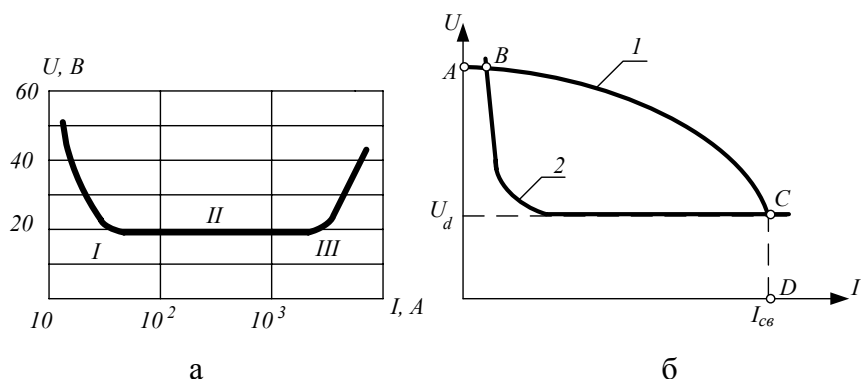


Рис.3.5. Вольтамперная характеристика дуги (а) и совмещенная вольтамперная характеристика дуги и источника тока (б)

Источники сварочного тока для дуговой электрической сварки должны иметь падающую (или пологую) внешнюю характеристику (рис. 3.5 б). Внешней характеристикой источника электрического тока называют зависимость напряжения на его выходных клеммах от тока цепи при нагрузке. Режим горения сварочной дуги определяют точкой пересечения характеристики дуги (кривая 1) и источника тока (кривая 2).

На рис. 3.5 б точка А соответствует режиму холостого хода источника тока (величина сварочного тока $I=0$; напряжение холостого хода $U_{xx}=60-80$ В). Дуга отсутствует. Точка D соответствует режиму короткого замыкания (напряжение короткого замыкания $U_{к.з}=0$; $I_{к.з}=I_{max}$). Точка В соответствует моменту зажигания и неустойчивому горению дуги. Точка С соответствует рабочему сварочному режиму с устойчивым горением дуги и величиной сварочного тока $I_{св}$.

Нормальное горение дуги обеспечивает источник сварочного тока с крутопадающей характеристикой (рис. 3.5 б, кривая 2), которая необходима для облегчения зажигания дуги (за счет повышенного $U_{X.X}$); для ограничения тока короткого замыкания ($I_{K.з}/I_{CB} < 1,5$); для сохранения стабильной проплавляющей способности дуги (изменения U_d вследствие колебания длины дуги приводят к незначительному изменению I_{CB}).

Типы сварных соединений показаны на рисунке 3.6. Стыковое соединение сваривается стыковыми швами, без предварительной разделки кромок деталей, с V – образной, и X – образной разделкой (рис. 3.6 а, б, в).

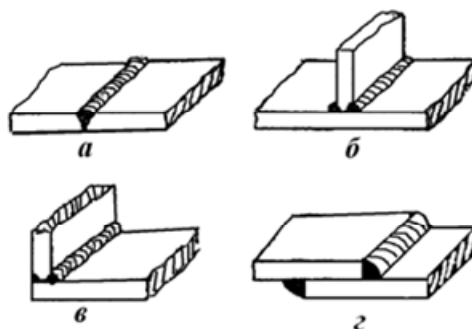


Рис. 3.6. Типы сварных соединений: а - стыковое; б - тавровое; в - угловое; г – нахлесточное

Тавровые, угловые и нахлесточные соединения свариваются угловыми швами (рис. 3.6 г, д, е). При разделке кромок деталей сварные швы выполняют, как правило, многослойными.

Ручную электродугую сварку применяют для соединения металлов толщиной от 1 до 60 мм при выполнении коротких швов в различных пространственных положениях (рис. 3.7) и в труднодоступных местах.

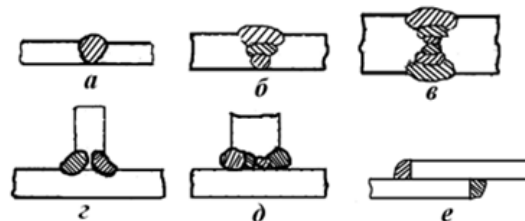


Рис. 3.7. Виды сварных швов: а - стыковой без разделки; б - стыковой с V -образной разделкой; в - стыковой с X -образной разделкой; г - угловой без разделки; д - угловой с разделкой; е - угловой (в нахлесточных соединениях)

Выбор типа соединения и способа подготовки кромок зависит от условий его работы, толщины соединяемых деталей, конфигурации изделия и условий сварки. Так, наиболее дешевые соединения без подготовки кромок, но их сквозное проплавление ограничено толщиной детали. Скосы двух кромок, особенно криволинейные, наиболее трудоемки, но позволяют сократить массу наплавляемого металла и время сварки (рис. 3.8).

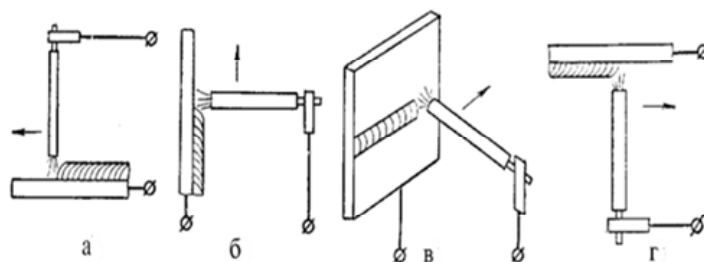


Рис. 3.8. Возможные пространственные положения шва при ручной электродуговой сварке: а - нижнее; б - вертикальное; в - горизонтальное; г – потолочное

Основные виды подготовки кромок и обозначение их конструктивных элементов изображены на рис. 3.9.

Отбортовку кромок (рис. 3.9 а) применяют для деталей малой толщины S и обычно для сварки неплавящимся электродом без присадочного материала. Формирование шва происходит за счет оплавления кромок.

При толщине деталей более 3 мм применяют прямолинейные односторонние скосы одной в или двух (рис. 3.9 г) кромок, двухсторонние - одной или двух (рис. 3.9 д) кромок, а также криволинейные скосы (рис. 3.9 е).

Скосы выполняют механической обработкой (точением, фрезерованием, строганием), скалыванием под углом на специальных ножницах, кислородной, плазменной резкой и другими способами.

При малой толщине деталей (до 4...12 мм в зависимости от типа соединения и вида сварки) ее можно осуществить без скоса кромок (рис. 3.9 б).

Чертежи деталей проектируют так, чтобы обеспечить требуемые зазоры b между деталями, величину притупления и угол скоса α . Зазор b составляет $0+0,5$, 0 ± 1 и $0\div 3$ мм при толщине деталей s соответственно до 2; 4 и более мм.

Притупление t кромок назначают от 1 ± 1 до $0\div 3$ мм (большее притупление соответствует большей толщине s).

Угол α скоса кромок зависит от способа сварки, вида скоса кромок и типа сварного соединения: для ручной электродуговой сварки при прямолинейном скосе одной кромки, $\alpha = 45^\circ \pm 2^\circ$, двух - $25^\circ \pm 2^\circ$, а при криволинейном скосе - $20^\circ \pm 2^\circ$ и $12^\circ \pm 2^\circ$;

Детали при стыковом соединении должны иметь одинаковую толщину. Допустимая разность толщины при сварке составляет не более 1, 2, 3 и 4 мм при толщине деталей соответственно до 4, 20, 30 и более мм. Если разность толщины больше, то на детали с большей толщиной делают скос под углом 15° с одной или двух сторон (рис. 3.9 л).

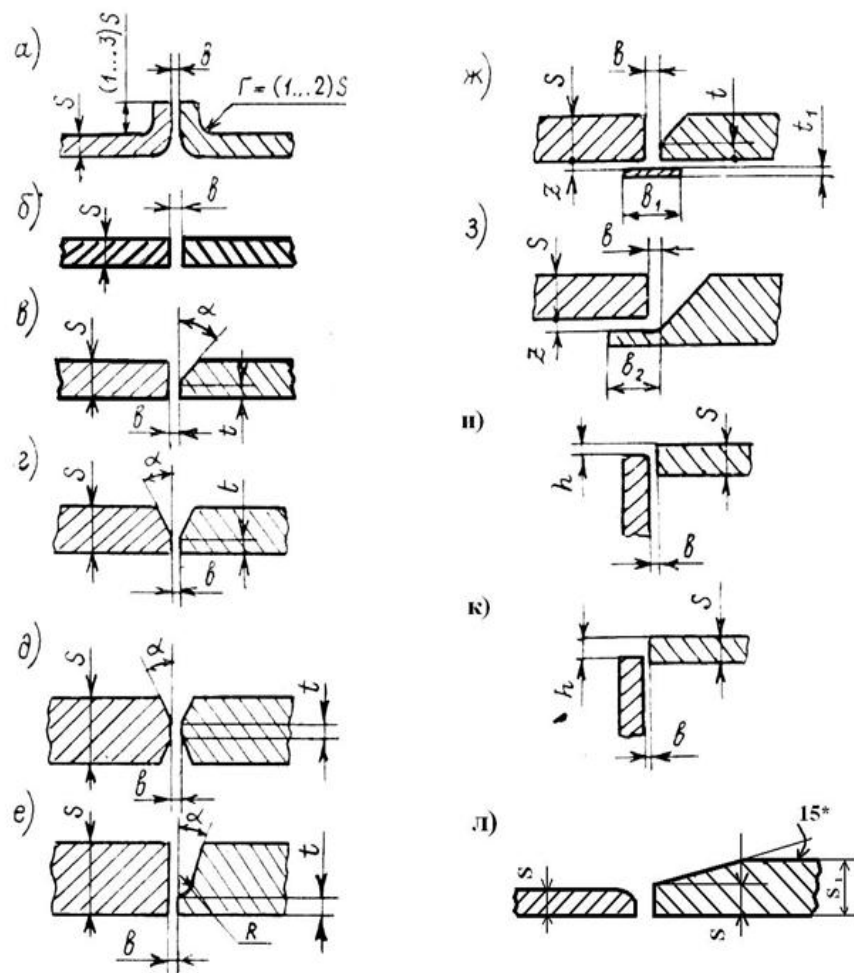


Рис. 3.9. Виды подготовки кромок под сварку: а - с отбортовкой кромок; б, и, к - без скоса кромок; в - со скосом одной кромки; г - со скосом двух кромок; д - с двухсторонним скосом двух кромок; е - с криволинейным скосом кромок; ж - с использованием остающейся или съёмной подкладки; з - с замковым расположением деталей; л - дополнительным скосом для устранения влияния разной толщины

При угловом соединении допускается не делать скос кромок, а формирование шва производить за счет смещения деталей на величину h (рис. 3.9 и, к). Смещение может быть менее $0,5 \times S$ или более $0,5 \times S$ при толщине деталей до 6 и 30 мм соответственно.

Зазоры между соединяемыми деталями обычно невелики, в противном случае возможны вытекание расплавленного металла и прожог кромок. Это обстоятельство особенно может проявиться при автоматической сварке.

Для защиты обратной стороны шва от вытекания металла могут быть использованы ниже перечисленные приемы.

Замок, т. е. перекрытие одной детали другой (рис. 3.9 з). Перекрытие деталей b_2 составляет 8...20 мм, а зазор в замке $z=0^{+0,5}$ мм. Способ эффективен, но дорогой.

Остающаяся стальная подкладка (рис. 3.9 ж), толщина которой t_1 достигает 0,5 толщины детали, но не менее 3 мм, ширина $b_1=10...30$ мм, а зазор между подкладкой и деталями z не должен быть более 0,5...1 мм. Этот способ применяют, в частности, при сварке шаровых резервуаров, сосудов малого диаметра. Такие подкладки соответствуют соединениям С10, С19.

Съемная технологическая подкладка из меди для стали, из графита для меди и т. п., которая не приваривается и ее удаляют после сварки (С9, С18).

Предварительная ручная подварка корня шва (С12, С13, С21, С23, У5, У10, Т2) является трудоемкой, ее применяют, когда свариваемое изделие невозможно кантовать или точно собрать перед сваркой.

Заделка зазора асбестовой набивкой или флюсовой подушкой.

Стыковое соединение может быть сварено одним швом (однослойная сварка) или несколькими швами (многослойная сварка). Однослойная сварка соединений со скосом кромок показана на рис. 3.10 а. Сварку начинают в точке А, затем электрод перемещают вниз (проваривают корень шва) и выводят

на другую кромку. С обратной стороны рекомендуется накладывать подварочный шов (рис. 3.10 б).

Многослойную сварку соединения со скосом кромок (рис. 3.10 в) начинают с провара корня шва (шов 1), используя для этой цели электрод меньшего диаметра, чем необходимо, а затем уширенными валиками наплавливают последующие слои (2, 3, 4, 5 и т. д.).

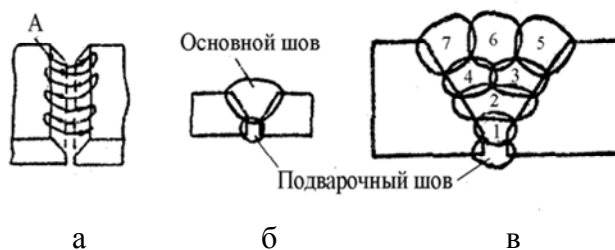


Рис. 3.10. Однослойная и многослойная сварка

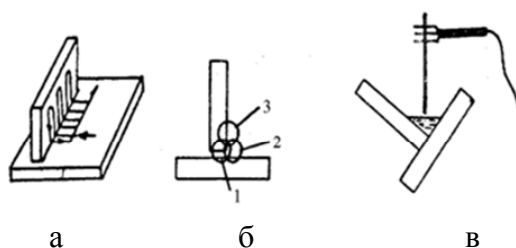


Рис. 3.11. Порядок сварки соединений

Сварка угловых и тавровых соединений может производиться однослойным и многослойными швами.

Однослойную сварку применяют для соединений с катетом шва до 8 мм (рис. 3.11 а). При однослойной сварке вначале накладывают ниточный (узкий) шов, проваривая корень шва, а затем уширенные (рис. 3.11 б).

Сварку угловых и тавровых соединений для предупреждения образования дефектов шва лучше производить в «лодочку» (рис. 3.11 в.)

Методика ручной дуговой сварки

При разработке технологии ручной дуговой сварки определяют: марку электрода, диаметр электрода, сварочный ток, форму разделки кромок деталей, напряжение дуги, вид тока и скорость сварки.

При выборе электродов для ручной электродуговой сварки необходимо определить:

- материал сварочной проволоки (марку материала проволоки выбирают в соответствии с химическим составом свариваемого металла);
- тип покрытия стержня электрода;
- тип и марку электрода в зависимости от марки свариваемой стали и требований к механическим свойствам (прочности, пластичности) наплавленного металла (табл. 3.1 приложения 3);
- длину электрода (табл. 3.3 приложения 3).

Учитывая заданную марку стали и временное сопротивление при растяжении этой стали, выбирается тип электрода (табл. 3.1 приложения 3). Если сварное соединение должно работать при ударных нагрузках, выбирайте электрод с повышенными пластическими свойствами.

Одним из основных параметров режима ручной дуговой сварки является диаметр электрода d_e (мм). Для стыковых соединений диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемых кромок (табл. 3.3 приложения 3). В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом 3-4 мм, последующие слои выполняют электродами большего диаметра.

В табл. 3.1 приложения 3 представлены наиболее часто применяемые электроды. Каждому типу электрода соответствует несколько марок. В табл. 3.2 приложения 3

указаны диаметры и коэффициенты наплавки электродов. Коэффициент наплавки оценивает массу электродного металла, перешедшую в сварной шов в течение часа горения дуги, отнесенную к одному амперу сварочного тока. Учитывая, что производительность сварки прямо пропорциональна коэффициенту наплавки, а тип электрода и его диаметр уже выбран, подберите марку электрода из табл. 3.2 в приложении 3.

Сила сварочного тока, А, рассчитывается по формуле:

$$I_{св} = K \times d_э,$$

где К - коэффициент, равный 25-60 А/мм; $d_э$ - диаметр электрода, мм.

Коэффициент К в зависимости от диаметра электрода $d_э$ принимается равным:

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

Силу сварочного тока, рассчитанную по этой формуле, следует откорректировать с учетом толщины свариваемых элементов, типа соединения и положения шва в пространстве.

Если толщина металла $S \geq 3 \times d_э$, то значение $I_{св}$ следует увеличить на 10-15%. Если же $S \leq 1,5 \times d_э$, то сварочный ток уменьшают на 10-15%. При сварке угловых швов, значение тока должно быть повышено на 10-15%. При сварке в вертикальном или потолочном положении значение сварочного тока должно быть уменьшено на 10-15%.

Длина дуги L_d (мм) значительно влияет на качество сварки. Короткая дуга горит устойчиво и спокойно. Она обеспечивает получение высококачественного шва, так как расплавленный металл электрода быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. Но слишком короткая дуга вызывает “примерзание” электрода, дуга прерывается, нарушается процесс сварки. Длинная дуга горит неустойчиво и с характерным шипением. Глубина проплавления недостаточная, расплавленный металл электрода

разбрызгивается и больше окисляется и азотируется. Шов получается бесформенным, а металл шва содержит большое количество оксидов.

Длину дуги (L_d , мм) выбирают по диаметру электрода:

$$L_d = 0,5 \times (d_e + 2).$$

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

Напряжение горения дуги (U_d , В) пропорционально длине дуги:

$$U_d = \alpha + \beta \times L_d,$$

где α , β – опытные коэффициенты.

Для стальных электродов α (В) коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах (при использовании стальных электродов $\alpha = 10-12$ В), β (В/мм) – коэффициент характеризующий падение напряжения на 1 мм длины дуги ($\beta = 2,0-2,5$ В/мм).

Расчет массы наплавленного металла, г, при ручной дуговой наплавке производится по формуле:

$$Q_n = 10^{-3} \times l \times F \times \gamma,$$

где l – длина свариваемого шва (мм), F – площадь поперечного сечения шва (мм²), γ – плотность электродного металла, для стали $\gamma = 7,8$ г/см³.

Для одностороннего стыкового шва без скоса кромок площадь поперечного сечения F можно определить по формуле:

$$F = S \times b,$$

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

Для одностороннего шва с V – образным скосом двух кромок площадь поперечного сечения F можно определить по формуле:

$$F = S * (b - 1) + 0,5 * ((S * 2) + 1),$$

где S и b – указанные выше конструктивные элементы сварного шва.

Величину зазора между свариваемыми деталями берём из табл. 3.8 в приложении 3.

Время горения дуги, час, (основное время) определяется по формуле:

где Q_n – масса наплавленного металла (г), $I_{св}$ – сила сварочного тока (А), α_n – коэффициент наплавки (г/А×ч), (табл. 3.3 приложения 3).

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

$$Q_p = 10^{-3} \times \gamma \times \pi \times d_э \times 2 \times (l_э - l_{ог}) \times n / 4,$$

где γ – плотность электродного металла (для стали $\gamma = 7,8$ г/см³), $d_э$ – диаметр электрода (мм), $l_э$ – длина электрода (мм), $l_{ог}$ – длина огарка (мм), (принимают $l_{ог} = 50$ мм), n – число слоёв (проходов) (табл. 3.5 приложения 3).

Потери металла на угар и разбрызгивание характеризуются коэффициентом потерь ψ (%), который определяется по формуле:

$$\psi = 10^2 \times (Q_p - Q_n) / Q_p$$

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

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

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

$$V_{св} = 10^{-3} \times l / t_0,$$

где l – длина сварного шва (мм), t_0 – основное время горения дуги (час).

Процесс сварки включает не только время горения дуги, но и вспомогательные операции (установку электрода, поворот детали и т. д.). Это дополнительное время зависит от организации рабочего места, квалификации сварщика и учитывается коэффициентом производительности K_n .

Полное время сварки T_n (час) определяется по формуле:

$$T_n = t_0 / K_n,$$

где t_0 - основное время горения дуги (ч), K_{Π} - коэффициент производительности ($K_{\Pi} = 0,6 \div 0,8$).

Полный расход электроэнергии на сварку A (кВт·ч) определяется по формуле:

$$A = I_{CB} \times U_{\text{д}} \times t_0,$$

где I_{CB} - сила сварочного тока (А), $U_{\text{д}}$ - напряжение дуги (В), t_0 - основное время горения дуги (час).

Свариваемость стали оценивается примерно по формуле углеродного эквивалента:

$$C_{\text{экв.}} = C + Mn / 20 + Si / 24 + Ni / 15 + Cr / 10 + Mo / 10 + V / 10 + Cu / 13,$$

где C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, V, Cu - содержание элементов в стали в процентах. Если $C_{\text{экв.}} \leq 0,3\%$, то сталь хорошо сваривается в обычных условиях. Если $C_{\text{экв.}} > 0,3\%$, то при сварке следует предварительный подогрев. При $C_{\text{экв.}} > 0,45\%$ - обязательный подогрев, предварительная и последующая после сварки при $t = 600-700^{\circ}\text{C}$.

Температуру предварительного подогрева определяют по формуле:

где S - толщина металла, мм.

Ниже приведена классификация сталей по свариваемости в соответствии с величиной $C_{\text{экв}}$ и меры по предотвращению или уменьшению вероятности появления трещин. Свариваемость - это способность металла при выбранном виде и режимах сварки давать сварной шов равнопрочный основному металлу.

При анализе свариваемости не следует упускать из виду тот факт, что от воздействия значительных температур происходит разупрочнение термически упрочненных сталей.

Таким образом, перед разработкой технологии сварки или наплавки следует определить свариваемость основного,

присадочного металла и металла шва; вероятность появления трещин; разупрочнение сплава и назначить необходимые мероприятия для уменьшения или исключения нежелательных явлений.

Классификация сталей по свариваемости

Группа сталей	Свариваемость	Эквивалент $C_{экв}, \%$	Технологические меры			
			подогрев		термообработка	
			перед сваркой	во время сварки	перед сваркой	после сварки
1	Хорошая	$< 0,2$	-	-	-	Желательна
2	Удовлетв.	$0,2 - 0,35$	Необходимо	-	Желательна	Необходима
3	Ограниченная	$0,35 - 0,45$	Необходимо	Желателен	Необходима	Необходима
4	Плохая	$> 0,45$	Необходимо	Необходимо	Необходима	Необходима

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с номером Вашего варианта выписать исходные данные для выполнения задания.
2. Ознакомиться с основными теоретическими сведениями, где подробно описано, как разработать технологический процесс ручной электродуговой сварки.
3. Руководствуясь табл. 3.2 приложения 3 с расчетом основных параметров режима электродуговой сварки, сделать расчет для своего варианта, пользуясь основным теоретическими сведениями. Отчет по расчетно-графическому заданию выполняется по установленной форме.

Таблица исходных данных

№ варианта	Марка стали	Временное сопротивление при растяжении σ_b , МПа	Толщина Свариваемой детали s , мм	Длина шва ℓ , мм
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
0	09Г2С	460	11,0	460
1	ВСтЗсп	400	4,0	400

2	10	340	6,0	300
3	20Г	460	2,5	550
4	20	420	3,0	260
5	15*	400	3,5	230
1	2	3	4	5
6	Ст3	400	4,0	200
7	16ГС	530	5,0	170
8	08ГДНФ	500	5,0	150
9	09Г2С*	500	5,5	260
10	12Г2СМФ*	700	6,0	240
11	14ГХНМ	700	6,5	200
12	15ХСН	600	8,0	180
13	16ГС*	500	7,5	340
14	12ГН2МФАЮ	850	8,0	260
15	14Х2ГМР*	800	8,5	375
16	20Х	800	9,0	330
17	12ХГН2МФБАЮ	900	9,5	300
18	18ХГТ*	1000	10,0	270
19	16Г2АФ	600	10,5	500
20	15Г2СФ	560	11,0	460
21	16Г2АФД	580	11,5	440
22	09Г2*	450	12,0	400
23	20Г	460	12,5	373
24	10ХСНД	540	13,0	347
25	17Г1С	520	13,5	330
26	Ст4	440	14,0	280
27	10Г2*	450	14,5	325
28	25*	460	15,0	310
29	14Г2	460	15,5	290
30	10Г2С1Д*	520	16,0	280

* Требования к пластичности металла шва повышенные

Контрольные вопросы

1. Каково назначение покрытия сварочного электрода?
2. Какие виды покрытий электродов вы знаете?
3. Назовите особенности сварки плавящимся и неплавящимся электродом.
4. Какие источники питания применяются для ручной дуговой сварки?
5. Назовите типы сварных соединений.
6. От чего зависит тип разделки кромок?
7. Назовите типы разделки кромок.

8. Как выбирается диаметр электрода?
9. От каких параметров зависит величина сварочного тока?
10. Каковы основные параметры режима сварки?
11. Что оценивает коэффициент наплавки?
12. Что называется длиной дуги?
13. Каково влияние длины дуги на качество сварного шва?
14. Какова оптимальная величина длины дуги?
15. Что характеризует коэффициент потерь?
16. Какие дуги называются «короткими», «нормальными» и «длинными»?
17. Что называют вольтамперной характеристикой электрической дуги и сварочного трансформатора?
18. Почему газы в обычных условиях не проводят электрический ток?
19. Что называют сварочной дугой?
20. Чем переносятся электрические заряды в сварочной дуге?
21. Какие положения сварочного шва в пространстве Вы знаете?
22. Что такое свариваемость металла?
23. Какие виды дефектов сварочных швов Вам известны?

Литература

1. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. / Под общ. ред. Б. Е. Патона – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
2. Китаев А. М., Китаев Я. А. Справочная книга сварщика. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
3. Сварка и свариваемые материалы : В 3-х т. Т. I. Свариваемость материалов. Справ. изд. / под общ. ред. Э. Л. Макарова – М. : Металлургия, 1991. – 528 с.
4. ГОСТ 5264 – 80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М. : Изд – во Стандартов, 1980. – 63 с.
5. ГОСТ 9467 – 75. Electrodes покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и

теплоустойчивых сталей. Типы. – М. : Изд – во стандартов, 1975. – 9 с.

6. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов/ А. М. Дальский, Т.М. Барсуков, Л.Н. Бухаркин и др.; Под общей ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., исправленное. М.: Машиностроение, 2003.–512 с.: ил.

Приложение 1

Пример разработки технологического процесса производства отливки

Исходные данные: деталь – втулка, материал – серый чугун, производство единичное.

1. Выбор способа формовки, положения формы при заливке и плоскости разъёма формы. Втулка имеет равномерную толщину стенок и несложную конфигурацию. Для получения отверстия можно использовать стержень переходного диаметра.

При выборе линии разъёма формы, те положения отливки в форме учитываем следующее:

- отливку выгоднее разместить горизонтально, по длине;
- обрабатываемые поверхности торцевые (боковые);
- формовочные уклоны на обрабатываемой поверхности;
- горизонтальный стержень обеспечивает более надёжное закрепление;
- расположение отливки в двух опоках позволяет применять машинную формовку при необходимости массового производства.

2. Составление эскизов отливки, модели, стержня.

2.1 Эскиз отливки.

Из таблицы выбираем припуски на механическую обработку, учитывая материал, из которого сделана отливка, максимальный размер детали и способ производства. На эскизе отливки показываем линию разъёма формы, припуски на механическую обработку, общие размеры отливки.

2.2 Эскиз модели.

Модель в нашем случае симметричная, по линии разъёма формы. По таблице подбираем размеры стержневых знаков с учетом диаметра и длины отверстия, которые берём из предыдущего эскиза. Для извлечения модели без обрушения по вертикали предусмотрены формовочные уклоны по высоте. Размер уклона устанавливается из размера высоты, на которую

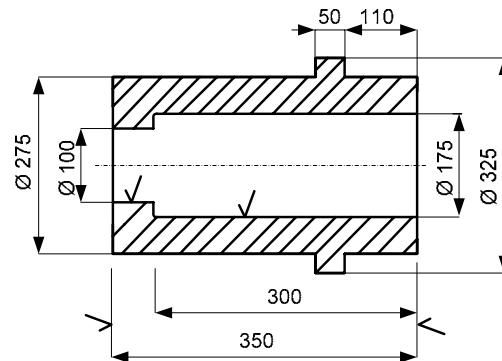
он берётся. Учитывая, что производство единичное – модель деревянная, те одноразовая. Кроме того, все размеры берём с учётом усадки чугуна, те увеличиваем на 1%.

На эскизе модели указывается линия разъема, формовочные и знаковые уклоны, стержневые знаки, размеры.

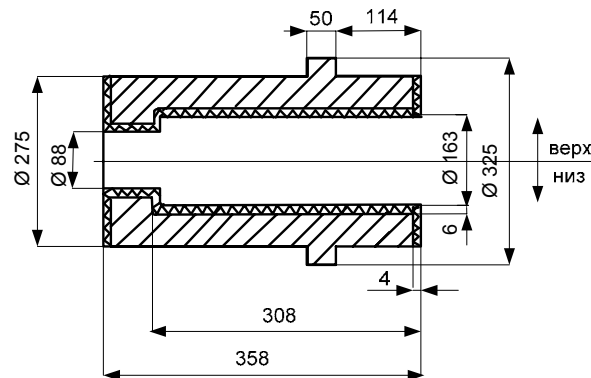
2.3 Эскиз стержня.

Для получения полости достаточного одного стержня. Стержень изготавливается в разъёмном стержневом ящике. Размеры стержня должны соответствовать размерам отверстия с учетом припусков и усадки. На эскизе указываются размеры и уклоны.

1. Эскиз детали



2. Эскиз детали



Продолжительность заливки при средней толщине стенки:

$$\delta = \frac{93,5 + 56}{2} = 74,75 \text{ и } S = 1,7$$

$$t = 1,115\sqrt{Q} = 1,11 \cdot 1,7\sqrt{101,7} = 19,6 \text{ сек.}$$

Удельная скорость заливки k зависит от коэффициента k_v :

$$V_z = 3,58 \cdot 3,25 \cdot 3,25 = 37,8 \text{ дм}^3$$

$$k_v = Q/V_z = 107,9 / 37,8 = 2,85$$

$$k = 0,65, L = 1.$$

Площади поперечных сечений шлакоуловителя и питателя соответственно равны:

$$F_{num} = \frac{Q}{k \cdot t \cdot L} = \frac{107,9}{0,65 \cdot 19,6 \cdot 1} = 8,45 \text{ см}^2;$$

$$F_{cm} = 1,4 \cdot F_{num} = 11,86 \text{ см}^2;$$

$$F_{ул} = 1,2 \cdot F_{num} = 10,16 \text{ см}^2.$$

Диаметры литниковой системы:

$$d_{num} = \sqrt{\frac{4F_{num}}{\pi}} = 3,3 \text{ см}$$

$$d_{ул} = \sqrt{\frac{4F_{ул}}{\pi}} = 3,6 \text{ см}$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4F_{cm}}{\pi}} = 3,4 \text{ см}$$

5. Определим габаритные размеры опоки.

По таблице 1.8 определяем данные для размеров опоки по длине, ширине и высоте:

$$a = 60; b = 60; c = 70; h_1 = 100; h_2 = 100;$$

Длина опоки $L = a + 511,58 + a = 613,58$ мм
 Ширина $B = b + c + 328,25 = 458,25$ мм
 Высота верхней опоки $H_1 = h_1 + 328,25/2 = 264,13$ мм
 Высота нижней опоки $H_2 = h_2 + 328,25/2 = 264,13$ мм
 Подберём размеры опок согласно ГОСТу (по длине и ширине кратно 50, по высоте кратно 25):
 $L \times B \times H_1 (H_2) = 650 \times 500 \times 275(275)$

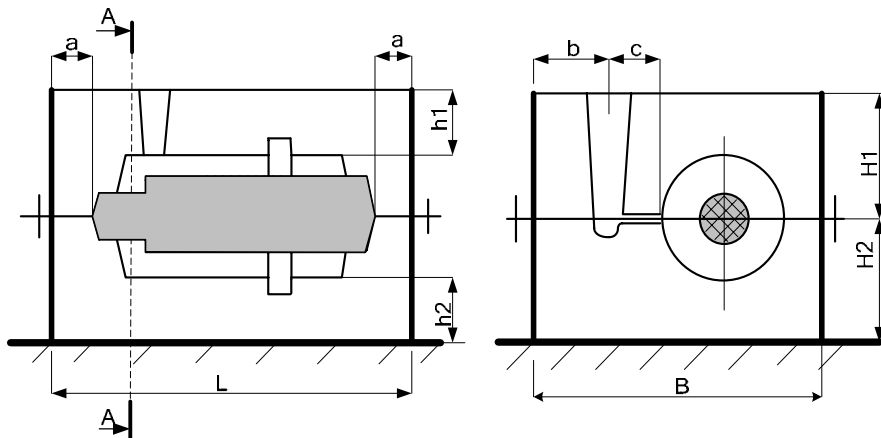
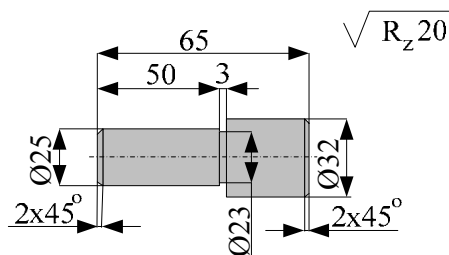


Рис. 4. Пояснения к расчёту размеров опок

Приложение 2

Пример выполнения задания по проектированию маршрута обработки на токарно-винторезном станке

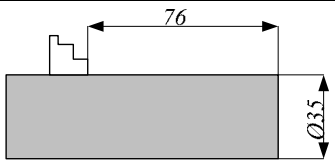
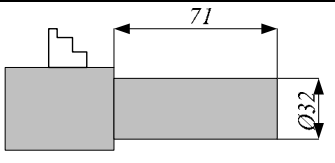
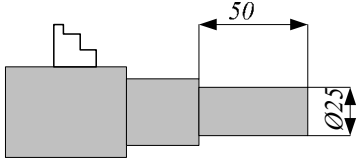
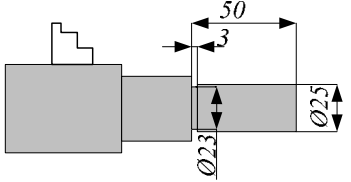
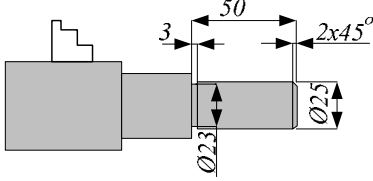
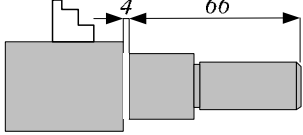
1. Эскиз задания



2. Определим размеры заготовки. Размеры устанавливаем из таблицы и прибавляем к общему размеру. Прибавляем на захват.

3. Составляем маршрут.

Установочный переход/ эскиз	Содержание установочного перехода	Инструмент
1	2	3
А Установить заготовку с вылетом 76 мм		

	Обработать торец	проходной резец с отогнутой головкой, T15K6
	Точить Ø32 L= 71мм	проходной упорный резец, T15K6
1	2	3
	Точить Ø25 L= 50мм	проходной упорный резец, T15K6
	Выточить канавку шириной 3 мм, глубиной 1 мм	канавочный резец, T15K6
	Снять фаску 2×45°	проходной резец, T15K6
	Отрезать заготовку L= 66мм	отрезной резец, T15K6
Б Перевернуть заготовку, установить, закрепить.		

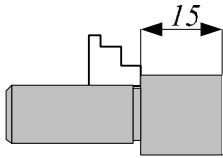
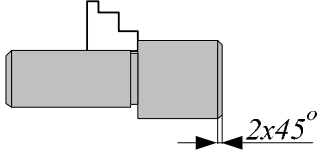
	Обработать торец	проходной резец с отогнутой головкой, T15K6
	Снять фаску $2 \times 45^\circ$	проходной резец с отогнутой головкой, T15K6

Таблица 2.1

Припуски на черновое обтачивание заготовок

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

Таблица 2.2

Припуски на чистовое обтачивание заготовок

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

Таблица 2.3

Припуски на подрезание торцов и отступов

Диаметр детали, мм	Припуски (мм) на диаметр при длине детали, мм					
	До 100	100-400	400-800	800-1200	1200-1600	1600-1800
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
30-50	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
50-120	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3
120-260	0,7	0,8	1,0	1,0	1,2	1,4
Св. 260	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5

Таблица 2.4

Подачи при продольном и поперечном точении и растачивании
Черновая обработка

Диаметр детали, мм	Резцы, оснащенные твердым сплавом T5K10				
	Глубина резания t, мм				
	3-5	5-8	8-10	10-12	12-15
	Подача S в мм/об				
До 30	0,50-0,45	0,20-0,40	-	-	-
30-50	0,35-0,60	0,30-0,45	0,25-0,35	-	-
50-100	0,75-1,05	0,60-0,85	0,45-0,70	-	-
100-150	1,10-1,40	0,90-1,15	0,70-0,95	0,55-0,70	0,45-0,60
150-200	1,50-1,70	1,15-1,75	0,90-1,15	0,70-0,90	0,65-0,80
200-300	-	1,50-1,75	1,15-1,45	0,30-1,15	0,80-1,00
Диаметр детали, мм	Резцы, оснащенные твердым сплавом T15K6				
	Глубина резания t, мм				
	До 3	3-5	5-8	8-10	
	Подача S, мм/об				
До 30	0,20-0,40	0,20-0,35	-	-	
30-50	0,45-0,55	0,30-0,40	0,25-0,30	-	
50-100	0,65-0,75	0,50-0,60	0,40-0,50	-	
100-150	0,80-0,90	0,70-0,80	0,60-0,70	0,45-1,60	
150-200	0,90-1,00	0,80-0,90	0,75-0,85	0,65-0,80	
200-300	-	0,90-1,00	0,85-0,95	0,80-0,90	
Диаметр	Резцы, оснащенные твердым сплавом BK8 или BK6				

детали, мм	Глубина резания t в мм					
	3-5	5-8	8-12	12-16	16-20	20-30
	Подача S , мм/об					
До 30	0,35-0,65	0,30-0,50	-	-	-	-
30-50	0,70-0,90	0,50-0,70	0,40-0,50	-	-	-
50-100	1,05-1,40	0,85-1,20	0,65-1,00	-	-	-
100-150	1,55-1,90	1,25-1,60	1,00-1,30	0,75-1,00	0,65-0,85	0,5-0,65
150-200	1,30-2,30	1,60-1,95	1,25-1,80	1,05-1,30	0,90-1,10	0,65-0,9
200-300	-	2,10-2,45	1,70-2,05	1,40-1,70	1,15-1,45	0,90-1,1

Таблица 2.5

Подачи при чистовом обтачивании твердосплавными и быстрорежущими резцами

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

Таблица 2.6

Подачи при чистовом подрезании торцов и отступов

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

Таблица 2.7

Скорость резания при обтачивании, подрезании и растачивании

Глубина резания, мм	Обрабатываемый материал													
	сталь							чугун						
	Скорость резания V, м/мин при подаче S, мм/об (<i>черновая обработка</i>)													
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
3	198	166	157	140	127	-	-	138	121	111	100	91	-	-
4	190	160	150	134	122	117	-	132	151	107	95	87	80	-
6	178	150	141	126	113	112	98	124	109	100	89	82	76	82
8	-	144	131	121	110	105	94	-	104	96	86	78	73	78
10	-	-	127	117	106	100	90	-	-	93	83	76	70	76
12	-	-	-	113	103	98	88	-	-	-	80	74	68	73
Глубина резания, мм	Скорость резания V, м/мин при подаче S, мм/об (<i>чистовая обработка</i>)													
	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60		
0,1	270	235	222	-	-	-	187	176	162	-	-	-		
1,5	253	220	208	199	-	-	175	165	152	144	-	-		
2,0	244	211	199	191	176	166	168	158	145	138	127	118		

Таблица 2.8

Поправочные коэффициенты к таблицам скорости резания твердосплавными резцами

Стойкость резца	Обработка стали и чугуна резцом φ ₁ >0	Т, мин	30	45	60	90	120	180
		К₁	1,15	1,06	1,00	0,92	0,87	0,80
	Обработка стали резцами φ ₁ =0	Т, мин	20	30	45	60	75	90
		К₁	1,16	1,08	1,00	0,95	0,91	0,88
Обрабатыв аемый материал	Сталь	σ _в , Мпа	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
		К₂	1,65	1,35	1,15	1,00	0,88	0,75
	Чугун	HB, Мпа	1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2500
		К₂	1,60	1,34	1,15	1,00	0,88	0,77
Обрабатываемая поверхность		Состояние	Без корки		С коркой		С загрязненной поверхностью	
		К₃	1		0,80-0,85		0,50-0,60	
Материал резца	Обработка стали	Марка	T30K4	T15K6T	T15K6		T14K8	T5K10
		К₄	1,40	1,15	1,00		0,80	0,65
	Обработка чугуна	Марка	BK2	BK3	BK6		BK8	
		К₄	1,20	1,15	1,00		0,83	
Главный угол в плане резца	Обработка стали	φ, град	30	45	60		75	90
		К₅	1,13	1,00	0,92		0,86	0,81
	Обработка чугуна	φ, град	30	45	60		75	90
		К₅	1,20	1,00	0,88		0,83	0,79

Таблица 2.9

Технические характеристики токарных станков, выпущенных промышленностью СССР

Мо дель станка	Расстоя ние между центрами, мм	Наибольший диаметр, мм		Диаметр прутка, проходяще го через отверстие в шпинделе, мм	Пределы чисел шпинделя об/мин	Пределы подач, мм\об		Мощность главного электродвига теля, кВт
		над стани ной	над суппор том			продольных	поперечных	
1	2	3	4	6	5	6	7	8
1612П	500	260	140	33,5-1520	18	0,008-0,2	0,003-0,0075	1,5
ТС135	500	270	140	33,5-2000	18	0,008-0,2	0,003-0,0075	2,8
1615М	750	320	150	44-1000	18	0,006-2,72	0,025-1,1	2,8
1Б61	750	320	170	16-2000	32	0,041-1,082	0,013-0,35	4,5
1А61	500	320	170	10-1250	32	0,041-1,082	0,013-0,35	2,8
1161	750	320	175	16,5-1180	24	0,05-1,6	0,025-0,8	4,5
ТВ320	500	320	170	36-2000	24	0,03-0,49	0,012-0,184	2,8
1А62	750	400	210	11,5-1200	36	0,082-1,59	0,27-0,52	7
1616	750	320	175	44-1980	34	0,06-3,6	0,044-2,47	4,5
1Д62М	750	410	210	11,5-1200	37	0,082-1,59	0,027-0,52	4,3
1М620	710, 1000, 1400	400	220	2-3000	48	0,075-4,46	0,037-4,46	14
16К20	710, 1000, 1400, 2000	400	220	18-3000	45	0,08-1,52	0,08-1,52	14
1624	1000	500	290	10-1400	56	0,07-4,16	0,035-1	7
1К62Б	710	400	290	12,5-2000	48	0,075-4,16	0,035-2,08	10
16Б20Г	710, 1000	400	220	16-1600	50	0,05-2,8	0,025-1,4	4,1

Окончание табл. 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1Д63А	1500	615	345	14-750	68	0,15-2,65	0,05-0,9	10
1А64	2800	800	450	7,1-750	80	0,2-3,05	0,07-1,04	20
165	2800	260	140	33,5-1520	18	0,008-0,2	0,003-0,0075	1,5
1Д64	3000	270	140	33,5-2000	18	0,008-0,2	0,003-0,0075	2,8
1658	8000	320	150	44-1000	18	0,006-2,72	0,025-1,1	2,8

Таблица 2.10

Среднее значение коэффициента резания К при точении

Обрабатываемый материал	Предел прочности σ_B , МПа	К, МПа	Обрабатываемый материал	Твердость по Бринеллю HB, МПа	К, МПа
Углеродистые и легированные конструкционные стали	400-500	1500	Чугун серый	1400-1600 1600-1800 1800-2000 2000-2200	1000 1080 1140 1200
	500-600	1600			
	600-700	1780			
	700-800	2000			
	800-900	2200			
	900-1000	2350			
	1000-1100	2550			

Примечания: коэффициент резания определяется при следующих условиях: $t = 5$ мм, $S = 1$ мм/об, $\varphi = 45$ град, $\lambda = 0$ град, режущая кромка прямолинейна, работа без охлаждения.

Таблица 2.11

Токарно-винторезный станок 1К62

		1К62/1000	1К62/1500
		1	2
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	над станиной	435	435
	над суппортом	224	224
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм		1000	1500
Размер внутреннего конуса в шпинделе		Морзе 6	Морзе 6
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе		55	55
Число ступеней частот вращения шпинделя		23	23
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹		12,5...2000	12,5...2000
Число ступеней рабочих подач	продольных	42	42
	поперечных	42	42
Рабочие подачи, мм/об	продольные	0,70...4,16	0,70...4,16
	поперечные	0,035...2,08	0,035...2,08
Число нарезаемых резьб	метрических	45	45
	дюймовых	28	28
	модульных	38	38
	питчевых	37	37
	архимедовой спирали	5	5
Шаг нарезаемой резьбы	метрической, мм	0,5...192	0,5...192
	модульной, модулей	0,5...48	0,5...48
	дюймовой, ниток на дюйм	24...1 ⁵ / ₈	24...1 ⁵ / ₈
	питчевой, питч	96...1	96...1
	архимедовой спирали, мм	3/8", 7/16", 8; 10 и 12	3/8", 7/16", 8; 10 и 12

Окончание табл. 2.11

Быстрые установочные перемещения суппорта, м/мин		1	2
	продольного	4,5	4,5
	поперечного	2,25	2,25
Размер внутреннего конуса в задней бабке		Морзе 5	Морзе 5
Наибольшее перемещение пиноли задней бабки, мм		200	200
Поперечное смещение корпуса задней бабки, мм		±15	±15
Наибольшее сечение резца		25	25
Давление воздуха, МПа		0,4...0,6	0,4...0,6
Питание от электросети напряжением		220/380 В (50Гц)	220/380 В (50Гц)
Мощность электродвигателя главного привода, кВт		11	11

Число оборотов шпинделя по ступеням

№ ступеней	Число оборотов в минуту шпинделя		№ ступеней	Число оборотов в минуту шпинделя	
	Прямое вращение	Обратное вращение		Прямое вращение	Обратное вращение
1	12,5	-	13	200	320
2	16	19	14	250	-
3	20	30	15	315	-
4	25	-	16	400	475
5	31,5	48	17	500	-
6	40	-	18	630	755
7	50	75	19	630	950
8	63	-	20	800	-
9	80	121	21	1000	1510
10	100	-	22	1250	-
11	125	-	23	1600	2420
12	160	190	-	-	-

Таблица 2.12

Выбор ширины резца и подачи при работе отрезными резцами

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

Таблица 2.13

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

Диаметр сверла	Обрабатываемый материал			
	сталь		чугун	
	Подачи (мм/об)	Скорость резания, м/мин	Подачи (мм/об)	Скорость резания, м/мин
5-10	0,05-0,15	50-30	0,10-0,20	45-30
10-15	0,10-0,20	40-25	0,15-0,35	35-25
15-20	0,15-0,30	35-23	0,30-0,60	27-21
20-25	0,20-0,35	30-20	0,40-0,80	24-20
25-30	0,25-0,50	25-18	0,50-1,00	23-18

Таблица 2.14

Подачи (ручные) и скорости резания при рассверливании отверстий быстрорежущими сверлами

Диаметр сверла	Обрабатываемый материал									
	сталь					чугун				
	Подачи (мм/об)	Скорость резания, м/мин при диаметре предварительно просверленного отверстия, мм				Подачи (мм/об)	Скорость резания, м/мин при диаметре предварительно просверленного отверстия, мм			
		10	15	20	30		10	15	20	30
25	0,2	35	40	-	-	0,2	38	40	-	-
	0,3	30	32	-	-	0,3	32	35	-	-
	0,4	26	28	-	-	0,5	27	28	-	-
30	0,3	30	32	34	-	0,3	34	35	37	-
	0,4	25	27	29	-	0,4	30	31	32	-
	0,6	21	22	24	-	0,6	25	26	27	-
40	0,3	-	27	28	32	0,3	-	31	32	31
	0,4	-	24	25	28	0,5	-	28	29	20
	0,6	-	19	20	23	0,7	-	23	24	26
50	0,3	-	-	26	29	0,3	-	-	30	31
	0,4	-	-	23	25	0,5	-	-	25	26
	0,6	-	-	19	20	0,7	-	-	21	22

Таблица 2.15

Скорость резания при отрезании стали и чугуна твердосплавными резцами

Обрабатываемый материал		Скорость резания, м/мин при подаче мм/мин					
		0,08	0,12	0,16	0,20	0,30	0,40
Сталь конструкционная углеродистая легированная	<i>Предел прочности σ_B, МПа</i>						
	440-490	245	193	153	120	95	75
	500-550	218	172	136	107	85	67
	560-620	193	153	120	95	75	59
	630-700	172	136	107	85	67	53
	710-790	153	120	95	75	59	47
	800-890	136	107	85	67	53	42
	900-950	120	95	75	59	47	37
Чугун серый	<i>Твердость HB, МПа</i>						
	150-156	105	95	84	75	66	59
	157-164	100	89	79	70	62	55
	165-172	95	84	75	66	59	52
	137-181	89	79	70	62	55	49
	182-790	84	75	66	59	52	46

Таблица 2.16

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

Характер и условия обработки	Рекомендуемые марки инструментальных материалов для обработки					
	углеродистый и легированный стали	специальной и трудно обрабатываемой стали	закаленной стали	чугуна	цветных металлов и сплавов	неметаллических материалов
1	2	3	4	5	6	7
<i>Обточка наружных и торцевых поверхностей и расточка отверстий</i>						
Черновое точение поковки и литья по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании (с ударом)	T5K10, BKB	TT7K12B TT5KB		BK6 BK8	BK6, BK8M BK8 P18	
Черновое точение при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	T15K6 T14K8	T5K10 BK8		BK6 BK8	BK6 BK6M P18	BK2 BK3 BK6
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6 T14K8	T5K10 BK8	T14KB T5K10	BK8 BK6	BK6	BK3 BK6
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T30K4 T14K8	T15K6 T14K8	T15K6 T14K8	BK2 BK6	BK2 BK3	BK2 BK3

Окончание табл. 2.16

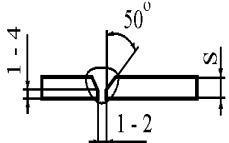
1	2	3	4	5	6	7
Тонкое точение (типа алмазной обработки)	T15K6 T60K6 T30K4	T5K10	T5K10 T30K4 T15K6	BK2 BK3 BK6	BK2 BK3 BK6	BK2 BK3 BK6
<i>Сверление отверстий</i>						
Сплошное сверление	T14K8 T5K10 BK8 P18	BK8 P18	BK6 BK8	BK6 BK8 P18	P18	BK2 BK6 BK8 P18
Рассверливание	T15K6 T14K6 P18	T5K10 BK6 P18	BK3 BK6 BK8	BK3 BK8 P18	P18	BK2 BK6 P18

Приложение 3

Пример выполнения задания к лаб.работе №3

Вариант 0

1. Исходные данные (табл. 1)

Эскиз сварного соединения	Свариваемый материал			
	Марка	Прочность σ_B , МПа	Требования к пластичности	Толщина S, мм
	сталь 09Г2С	460	Обычные	11

2. Выбор типа и марки электрода

Тип электрода	Тип покрытия	Область применения	Марка электрода	Род, полярность тока	Пространственное положение шва
Э46	Р	Сварка малоуглеродистых и низколегированных сталей ($\sigma_B \leq 460$ МПа)	ОЗС-6	Переменный, постоянный любой полярности	Любое

3. Расчет режима сварки

Определяемая величина	Обозначение, размерность	Расчетная формула	Полученный результат
Диаметр электрода	d_3 , мм	По табл.4	6
Длина электрода	l_3 , мм	По табл.4	450
Число слоев	n	По табл.6	4
Сварочный ток	$I_{св}$, А	$I_{св} = K \cdot d_3$	300
Длина дуги	L_d , мм.	$L_d = 0,5 \times (d_3 + 2)$	4
Напряжение горения дуги	U_d , В	$U_d = \alpha + (\beta \times L_d) = 18$ В,	18
Масса	Q_H , г	$Q_H = 10^{-3} \times l \times F \times \gamma$	337,27

наплавленного металла			
Масса расплавленного металла	$Q_p, \text{ г}$	$Q_p = 10^{-3} \times \gamma \times \pi \times d_s^2 \times (l_s - l_{ог}) \times n / 4$	352,68
Основное время горения дуги	$t_o, \text{ час}$	$t_o = Q_H / I_{св} \times \alpha_H$	0,11
Полное время сварки	$T_n, \text{ ч}$	$T_n = t_o / K_n$	0,22
Коэффициент потерь	$\psi, (\%)$	$\psi = 10^2 \times (Q_p - Q_H) / Q_p$	4,4
Скорость сварки	$V_{св}, \text{ м/ч}$	$V_{св} = 10^{-3} \times l / t_o$	4,09
Полное время сварки	$T_n, \text{ ч}$	$T_n = t_o / K_n$	0,22
Расход электроэнергии	$A, \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	$A = I_{св} \times U_d \times t_o$	594
Свариваемость		$C_{экв} = C + Mn/20 + Si/24 + Ni/15 + Cr/10 + Mo/10 + V/10 + Cu/13$	0,3

4. Основные характеристики металла шва и наплавленного металла.

Механические свойства металла шва, не менее

Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Температура испытаний, °С	Тип образца	Ударная вязкость, Дж/см ²	Работа удара КВ, Дж (среднее значение для трех образцов)
не менее							
450	370	22	45	20 -40 -20	KCU KCU KCV	80 40 50	- 47 -

Химический состав наплавленного металла, %

Массовая доля элементов, %				
углерод	марганец	кремний	сера	фосфор
			не более	
≤ 0,12	0,35-0,70	0,15-0,30	0,035	0,035

Силу сварочного тока, А, рассчитываем по формуле:

$$I_{CB} = K \times d_3,$$

где K - коэффициент, равный 50 А/мм; $d_3=6$ мм.

$$I_{CB}=300, \text{ А}$$

Длину дуги (L_d , мм) выбираем по диаметру электрода:

$$L_d = 0,5 \times (d_3 + 2) = 4 \text{ мм}$$

Напряжение горения дуги (U_d , В) пропорционально длине дуги:

$$U_d = \alpha + \beta \times L_d = 18 \text{ В},$$

где $\alpha=10$, $\beta=2$.

Расчет массы наплавленного металла, г, при ручной дуговой наплавке производим по формуле:

$$Q_H = 10^{-3} \times l \times S \times \gamma = 337,27$$

где l – длина свариваемого шва (мм), F – площадь поперечного сечения шва (мм^2), γ – плотность электродного металла, для стали $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$.

Время горения дуги, час, (основное время) определяем по формуле:

$$t_o = Q_H / I_{CB} \times \alpha_H = 0,11,$$

где Q_H – масса наплавленного металла (г), I_{CB} – сила сварочного тока (А), α_H – коэффициент наплавки ($\text{г/А} \times \text{ч}$), (табл. 3 приложения 3).

Полное время сварки T_n (ч) определяем:

$$T_n = t_o / K_n = 0,22,$$

где t_o – основное время горения дуги (ч), K_n – коэффициент производительности ($K_n = 0,5 \div 0,7$).

Массу расплавленного металла Q_p (г) определяем, подчитав массу расплавленных электродов:

$$Q_p = 10 - 3 \times \gamma \times \pi \times d_3^2 \times (l_3 - l_{ог}) \times \frac{n}{4} = 352,68.$$

где γ – плотность электродного металла (для стали $\gamma = 7,8$ г/см³), d_3 – диаметр электрода (мм), l_3 – длина электрода (мм), $l_{ог}$ – длина огарка (мм), (принимают $l_{ог} = 50$ мм), $n=4$ (число слоёв, проходов).

Потери металла на угар и разбрызгивание характеризуются коэффициентом потерь ψ (%), который определяем по формуле:

$$\psi = 10^2 \times (Q_p - Q_n) / Q_p = 4,4,$$

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

Скорость сварки $V_{св}$ (м/ч) определяем по формуле:

$$V_{св} = 10^{-3} \times l / t_o = 4,09,$$

где l – длина сварного шва (мм), t_o – основное время горения дуги (ч).

Полный расход электроэнергии на сварку A (кВт·ч) определяем по формуле:

$$A = I_{св} \times U_d \times t_o = 594,$$

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

Свариваемость стали оцениваем примерно по формуле углеродного эквивалента:

$$C_{экв.} = C + Mn / 20 + Si / 24 + Ni / 15 + Cr / 10 + Mo / 10 + V / 10 + Cu / 13 = 0,3,$$

где C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, V, Cu – содержание элементов в стали в процентах.

Химический состав стали 09Г2С ГОСТ 19281-89

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0.12	0.5 - 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08

Если $C_{экв.} \leq 0,3\%$, то сталь хорошо сваривается в обычных условиях. Предварительный подогрев не требуется.

Таблица 3.1

Выбор типа электродов

Тип электрода	Область применения
Э34	Сварка малоуглеродистых и низколегированных сталей ($\sigma_s \leq 460$ МПа)
Э42	
Э46	
Э50	Сварка среднеуглеродистых и низколегированных сталей ($\sigma_s \leq 550$ МПа)
Э55	
Э42А	К металлу шва предъявляют повышенные требования пластичности
Э46А	
Э50А	
Э60А	
Э70	Сварка низколегированных сталей повышенной прочности ($\sigma_s \leq 600$ МПа)
Э85	
Э100	
Э145	
Э-М	Сварка теплоустойчивых сталей
Э-МХ	
Э-ХМ	
Э-ХМФ	
Э-ХМФБ	
Э-Х5МФ	
ЭФ-Х13	Сварка нержавеющей хромистых сталей (ферритного класса)
ЭФ-Х17	
ЭФ-Х25	
ЭФ-Х28	
ЭА-1а	Сварка нержавеющей хромоникелевых сталей (аустенитного класса), работающих в слабой агрессивной среде
ЭА-1Б	Сварка нержавеющей хромоникелевых сталей (аустенитного класса), работающих в сильной агрессивной среде

Таблица 3.2

Марка электрода

Тип электрода	Марка электрода	Диаметр электрода $d_{\text{э}}$, мм	Коэффициент наплавки $\alpha_{\text{н}}$, г/А×ч
Э 42	ОЗС-23 ВСЦ-4 ОМА-2 АНО-6	2; 3	8,5
		3; 4	9,5
		2; 2,5; 3	8
		4; 5	10
Э 42А	УОНИ-13/45 СМ-11	2; 2,5; 3; 4; 5 3; 4;	8,5
		5	10
Э 46	АНО-4 ОЗС-6 МР-3 ОЗС-21	3; 4; 5	8,5
		3; 4; 5; 6	10
		3; 4; 5; 6	7,5
		3; 4; 5	8,5
Э 46А	ВН-48 ОЗС-22Р УОНИ-13/55К	2,5; 3; 4; 5; 6 3; 4;	11
		5; 6	10
		3; 4; 5	9,5
Э 50	ВСЦ-4А	3; 4	9,5
Э 50А	УОНИ-13/55 АНО-11 ДК-50	2; 2,5; 3; 4; 5 3; 4;	9
		5	9,5
		4; 5	10
Э 55	УОНИ-13/55У	4; 5; 6	10
Э 60	ВСЦ-60 УОНИ-13/65 ОЗС-24	5; 6	10
		2; 2,5; 3; 4; 5 3; 4	9,5
			9,5
Э 70	ВСФ-75У	4	9
Э 85	УОНИ-13/85 НИАТ-3М 2; ВСФ-85	2; 2,5; 3; 4; 5 2,5;	10
		3; 4; 5	9,5
		3; 4	9,5
Э 100	ОЗШ-1 2;	2,5; 3; 4; 5	8,5

Таблица 3.3

Выбор диаметра и длины электрода

Толщина свариваемого металла s , мм	1,5–2,0	2,5–4,0	4,5–7,0	7,5–10,0	более 10,0
Диаметр электрода $d_{\text{э}}$, мм	2	3	4	5	6
Коэффициент пропорциональности K , А/мм	30	35	40	45	50

Длина электрода $l_э$, мм	250	300	350	450	450
----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица 3.4

Тип электрода

Тип электрода	Механические свойства металла сварного шва		
	Временное сопротивление при растяжении $\sigma_{в}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость КСУ, МДж/м ²
Э 38	380	14	0,3
Э 42	420	18	0,8
Э 42А	420	22	1,5
Э 46	460	18	0,8
Э 46А	460	22	1,4
Э 50	500	16	0,7
Э 50А	500	20	1,3
Э 55	550	20	1,2
Э 60	600	18	1,0
Э 70	700	14	0,6
Э 85	850	12	0,5
Э 100	1000	10	0,5
Э 125	1250	8	0,4
Э 150	1500	6	0,4

Таблица 3.5

Число слоев

Толщина свариваемой стали s , мм	1,0–5,0	5,5–8,0	8,5–10,0	10,5–14,0	14,5–16,0
Число слоев	1	2	3	4	5

Таблица 3.6

Характеристика электродов для сварки различных типов стали

<i>Тип электрода</i>	<i>Марка электрода</i>	<i>Тип покрытия</i>	<i>Род и полярность тока</i>	<i>Пространственное положение шва</i>	<i>Предел прочности шва σ_b, МПа</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Э34	АН-1	Р	Переменный, постоянный любой полярности	Любое	380
Э42	ОММ-5	Р	Переменный, постоянный любой полярности	Любое	480
	ОМА-2	Б	Переменный, постоянный любой полярности	Любое	460
	АНО-3	Р	Переменный, постоянный любой полярности	Любое	480
Э42А	УОНИ-13/45	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	460
	УП-1/45	Б	То же и переменный	Любое	480
Э46	ОЗС-6	Р	Переменный и постоянный любой полярности	Любое	480
Э46А	Э-138/45Н	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	470
Э50	ВСЦ-3	Б	Постоянный любой полярности	Любое	510
Э50А	УОНИ-13/55	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	520

	УП-1/55	Б	То же и переменный	Любое	540
1	2	3	4	5	6
Э55	УОНИ- 13/55У	Б	Постоянный обратной полярности	Нижнее, вертикальное	570
Э60А	УОНИ-13/65	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	620
Э70	ЛКЗ-70	Б	Постоянный обратной полярности	Нижнее	800
Э85	УОНИ-13/85	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	900
Э100	ЦЛ-19-63	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	1060
Э145	НИАТ1	Р-О	Постоянный обратной полярности	Любое	640
Э-ХМФБ	ЦЛ-27А	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	550
Э-Х5МФ	ЦЛ-17-63	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	650
ЭФ-Х13	УОНИ10Х13	Б	Постоянный обратной полярности	Нижнее, вертикальное	650
ЭФ-Х17	УОНИ10Х17	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	600
ЭА-1Б	ОЗЛ-17	Б	Постоянный обратной полярности	Любое	650

Таблица 3.7

Химический состав наплавленного металла

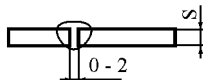
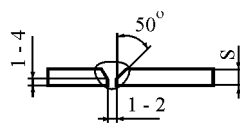
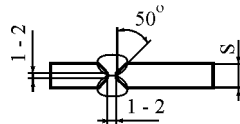
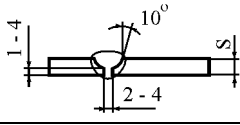
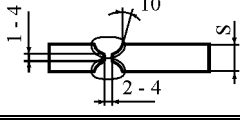
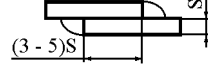
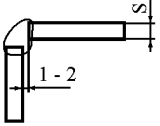
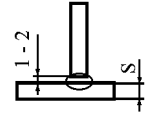
Марка сварочных электродов	Химический состав наплавленного металла, %														
	C	Mn	Si	S	P	Cr	B	V	Ni	Nb	Cu	W	Mo	Fe	Ферритная фаза
ОЗС-4	≤0,11	0,50-0,85	0,10-0,20	≤0,040	≤0,045									Ост	
МР-3	0,08-0,11	0,50-0,80	0,07-0,12	≤0,040	≤0,045									Ост	
УОНИ-13/45	0,08-0,11	0,45-0,80	0,20-0,30	≤0,030	≤0,035									Ост	
УОНИ 13/55	0,08-0,11	0,60-1,20	0,20-0,50	≤0,030	≤0,035									Ост	
Т-590	2,9-3,5	1,0-1,5	2,0-2,5	≤0,035	≤0,040	22,0-27,0	0,5-1,5							Ост	
ЦЧ-4	≤0,25	≤2,5	≤0,8	≤0,040	≤0,040			8,5-10,5						Ост	
ОЗЛ-8	≤0,09	1,0-2,0	0,3-1,2	≤0,020	≤0,030	18,0-21,5			7,5-10,0					Ост	2-8

Марка сварочных электродов	Химический состав наплавленного металла, %														
	C	Mn	Si	S	P	Cr	B	V	Ni	Nb	Cu	W	Mo	Fe	Ферритная фаза
ТМУ 21У	0,07-0,12	0,70-1,00	0,20-0,43	≤0,030	≤0,035									Осм	
ОЗЛ 6	≤0,12	1,00-2,50	≤1,0	≤0,020	≤0,030	22,5-27,0			11,5-14,0					Осм	2-10
ЦТ-15	0,05-0,12	1,00-2,50	≤1,3	≤0,020	≤0,030	18,0-20,5			8,5-10,5	0,7-1,3 НО ≥8С				Осм	2,0-5,5
ОЗИ-3	0,6-1,2	≤0,7	≤0,8	≤0,030	≤0,035	12,8-4,4		0,6-1,3				0,9-1,7	2,4-4,6	Осм	
МНЧ-2		1,8-2,6							64-68		Осм			2,2-3,5	
МЛ-1У	0,06-0,12	0,5-0,9	0,15-0,40	≤0,025	≤0,035	0,8-1,2							0,4-0,7	Осм	
НИАТ-5	0,08-0,14	1,00-2,30	≤0,70	≤0,020	≤0,030	13,50-1700			23,00-27,0 0	АЗОТ≤0,20			4,50-7,00	Осм	
ОЗЛ-36	≤0,06	1,00-2,00	0,30-1,20	≤0,018	≤0,030	18,00-22,50			7,50-10,00					Осм	4-10

[illegible]

Таблица 3.7

Типы и виды сварных соединений

Тип соединения	Толщина деталей S , мм	Вид соединения
Стыковые	≤ 2	
	2 – 6	
	6 – 15	
	15 – 20	
	20 – 30	
	≥ 30	
Нахлесточные	1 – 20	
Угловые	5 – 60	
Тавровые	2 – 12	

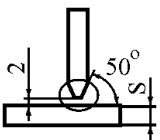
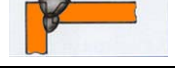
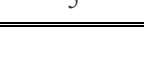
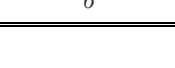
Тип соединения	Толщина деталей S, мм	Вид соединения
	12 – 60	

Таблица 3.8

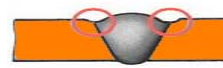
Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений

Тип соединения	Форма подготовленных кромок	Толщина свариваемых деталей, мм	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения	
				подготовленных кромок	сварочного шва
1	2	3	4	5	6
Стыковое	С отбортовкой	1 - 4	Односторонний		
	Без скоса	1 - 6			
	Без скоса	3 - 8	Двусторонний		
	С V-образным скосом	3 - 60	Односторонний		
	С X-образным скосом	8-120	Двусторонний		
	С K-образным скосом	8 - 100			
	С криволинейным скосом	15 - 100			
Угловое	Без скоса	2 - 30	Двусторонний		
	Со скосом одной кромки	3 - 60			
1	2	3	4	5	6

Тавро вое	Без скоса	2 - 40	Двусторонн ий		
	С двумя скосами одной кромки	8 - 100			
Нахлест точ ное	Без скоса	2 - 60	Двусторонн ий		

Таблица 3.9

Дефекты сварочных швов и соединений

Наименование	Причина возникновения	Эскиз
1	2	3
Кратеры	Обрыв дуги, неправильное выполнение конечного участка шва.	
Подрезы	Большой сварочный ток, длинная дуга. При сварке угловых швов – смещение электрода в сторону вертикальной стенки.	
Поры	Быстрое охлаждение шва, загрязнение кромки маслом, ржавчиной и т.д. Непросушенные электроды, высокая скорость сварки.	
Непровар	Малый угол скоса вертикальных кромки, малый зазор между вертикальными кромками, загрязнение кромки. Недостаточный сварочный ток, высокая скорость сварки.	
1	2	3

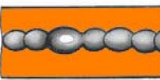
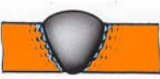
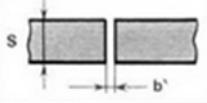
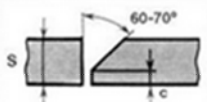
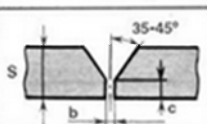
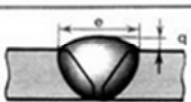
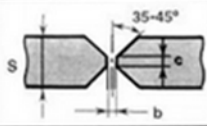
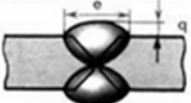
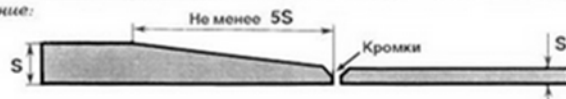
<i>Включение шлака</i>	<i>Загрязнение кромок, малый сварочный ток, высокая скорость сварки.</i>	
<i>Прожог</i>	<i>Большой ток при малой скорости сварки, большой зазор между кромками. Под свариваемый шов плохо поджата флюсовая подушка или медная подкладка.</i>	
<i>Несплавления</i>	<i>Плохая зачистка кромок, большая длина дуги, недостаточный сварочный ток. высокая скорость сварки.</i>	
<i>Неравномерная форма шва</i>	<i>Неустойчивый режим сварки, неточное направление электрода.</i>	
<i>Наплыв</i>	<i>Большой сварочный ток, неправильный наклон, излишняя длина дуги.</i>	
<i>Трещины</i>	<i>Быстрое охлаждение конструкции. Повышенное содержание примесей (сера, фосфор и т.д.)</i>	
<i>Свищи</i>	<i>Низкая пластичность металла шва. Образование закалочных структур. Напряжение от неравномерного нагрева.</i>	
<i>Перегрев (пережог) металла</i>	<i>Чрезмерный нагрев околошовной зоны, неправильный выбор тепловой мощности, завышенные значения мощности пламени или сварочного тока.</i>	

Таблица 3.10

Конструктивные элементы подготовки кромок и швов
стыковых соединений

Характер шва и форма кромок	Конструктивный элемент		Размеры, мм				
	кромки	шва	S Толщина металла	c Пригибание	b Зазор	e Ширина шва	a Выпуклость
Односторонний с отбортовкой двух кромок			0,5 - 1	1	0 - 1	1 - 2	1
Односторонний без скоса кромок			1 - 3	1	0,5 - 2	5 - 7	1 - 1,5
Двусторонний без скоса кромок			3 - 6	1	1 - 2	6 - 8	1 - 2
Односторонний со скосом одной кромки			5 - 10	1 - 2	1,5 - 3	8 - 12	1 - 2,5
Односторонний со скосом двух кромок			6 - 15	1,5 - 3	2 - 4	12 - 20	1,5 - 2
Двусторонний с двумя скосами двух кромок			12 - 25	2 - 4	2 - 4	20 - 34	2 - 2,5

Примечание:



При сварке металла разной толщины на более толстом листе на участке длиной не менее 5S делают скос с одной или с двух сторон до толщины более тонкого листа, после чего подготавливают кромки

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Введение	3
2.	Лабораторная работа №1	
3.	Разработка технологического процесса получения отливки в разовой песчаной форме.....	3
4.	Лабораторная работа №2	
5.	Проектирование технологического процесса обработки заготовок на токарно-винторезных станках.....	29
6.	Лабораторная работа №3	
7.	Проектирование технологического процесса электродуговой сварки.....	61
8.	Приложение 1	
9.	Пример разработки технологического процесса получения отливки.....	88
10.	Приложение 2	
11.	Пример выполнения задания по проектированию маршрута обработки на токарно- винторезном станке.....	93
12.	Таблицы.....	95
13.	Приложение 3	
14.	Пример расчета основных параметров режима электродуговой сварки	109
15.	Таблицы и иллюстрации.....	113

Учебное издание

Алмакаева Флорида Минулловна
старший преподаватель

Шарафутдинова Венера Гарафеевна
старший преподаватель

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ТЕХНОЛОГИИ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
для студентов заочной формы обучения

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 17.04.2013
Подписано в печать 3.07.2013.
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 7,9. Тираж 100.
Заказ №31.

НХТИ (филиал) ФГОУ ВПО «КНИТУ»,
г. Нижнекамск, 423570, ул.30 лет Победы, д.5а.

