

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

# ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Методические рекомендации для самостоятельной работы  
студентов технических специальностей  
заочной формы обучения*



Могилев 2020

УДК 621.7, 621.9  
ББК 32.9  
Т38

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «07» марта 2020 г.,  
протокол № 6

Составители: канд. техн. наук, доц. Д. И. Якубович;  
канд. техн. наук, доц. И. А. Лозиков;  
канд. техн. наук, доц. В. П. Груша;  
канд. техн. наук, доц. А. С. Федосенко

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Изложены цель и задачи, учебная литература по изучению тематики курса «Технология конструкционных металлов». Приведены перечень типовых вопросов к экзамену по курсу «Технология конструкционных металлов», пример выполнения аудиторной контрольной работы, контрольные задания, требования и рекомендации по выполнению и оформлению аудиторной контрольной работы.

Учебно-методическое издание

## ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84 /16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч. -изд. л. . Тираж 66 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2020

## Содержание

Введение.....	4
1 Основные разделы курса «Технология конструкционных материалов».....	5
2 Методические указания к выполнению и оформлению аудиторной контрольной работы.....	7
3 Задания к аудиторной контрольной работе .....	7
3.1 Обработка металлов резанием .....	7
3.2 Обработка металлов давлением .....	10
3.3 Сварка .....	11
3.4 Литье .....	16
4 Перечень типовых вопросов к экзамену по курсу «Технология конструкционных материалов».....	18
5 Пример выполнения аудиторной контрольной работы .....	21
5.1 Обработка металлов резанием .....	21
5.2 Обработка металлов давлением .....	22
5.3 Сварка .....	22
5.4 Литье .....	23
Список литературы.....	24

## Введение

Задачи дисциплины «Технология конструкционных материалов» – изучение физической сущности технологических методов получения заготовок литьем, обработкой давлением, сваркой, механической обработкой резанием и другими методами.

В результате освоения учебной дисциплины студент:

– будет знать:

а) сущность способов базовых технологических методов получения заготовок литьем, обработкой давлением, порошковой металлургией, сваркой, механической обработкой резанием и другими методами;

б) технологические возможности методов, их назначение, достоинства и недостатки, область применения;

в) экономическую целесообразность применения различных технологических способов и методов формообразования и обработки деталей, заготовок;

г) принципиальные схемы работы технологического оборудования (станков, машин, автоматов и т. д.), инструментов, приспособлений и оснастки, их назначения и применения;

– будет уметь:

а) выбирать и обосновывать рациональную совокупность методов формообразования и обработки заготовок и деталей машин;

б) разрабатывать исходя из материала и формы детали технологическую форму заготовки;

в) составлять технологический процесс обработки полученного материала с целью получения заготовки или готовой детали с обеспечением необходимых технологических и эксплуатационных свойств материала или изделия;

г) оценивать технико-экономическую эффективность выбранного технологического процесса;

– будет владеть:

а) методами выбора заготовки детали с учетом ее назначения, формы, материала;

б) информацией о возможностях различных методов механической обработки деталей машин;

в) информацией о схемах работы различного вида технологического оборудования в машиностроении.

# **1 Основные разделы курса «Технология конструкционных материалов»**

## **Введение.**

Содержание курса и его значение в подготовке инженеров. Взаимосвязь курса с другими дисциплинами.

Роль конструкционных материалов в современной технике.

## **Основные конструкционные материалы и их свойства.**

Физические, химические и механические свойства конструкционных материалов.

Технологические и эксплуатационные свойства конструкционных материалов. Классификация и маркировка сталей и чугунов.

Классификация и маркировка сплавов цветных металлов.

Понятие о композиционных порошковых материалах, классификация и состав. Классификация, состав и свойства пластмасс.

Производство изделий из пластмасс в вязкотекучем состоянии. Свойства и состав резины. Производство изделий из резины.

## **Основы металлургического производства.**

Краткие сведения о развитии металлургии. Исходные материалы для доменной плавки. Подготовка руд к плавке.

Устройство и работа доменной печи. Основные физико-химические процессы получения чугуна в доменных печах. Продукция доменного производства.

Основные физико-химические процессы получения стали. Производство стали в кислородных конверторах и в электропечах. Методы повышения качества стали.

## **Основы производства заготовок способами литья.**

Классификация способов получения отливок. Строение слитка. Изготовление отливок в песчано-глинистых формах. Состав модельного комплекта. Требования, предъявляемые к формовочным смесям.

Изготовление отливок в оболочковых формах. Преимущества и недостатки литья в оболочковые формы.

Изготовление отливок по выплавляемым моделям. Преимущества и недостатки этого способа литья.

Изготовление отливок в кокилях, литьем под давлением, центробежным литьем. Область применения, преимущества и недостатки этих способов литья. Выбор способа получения отливки.

## **Основы обработки металлов давлением (ОМД).**

Физико-механические основы ОМД. Схема скольжения в металлах. Факторы, влияющие на пластичность. Явления наклепа, возврата и рекристаллизации. Холодная и горячая деформация. Нагрев металлов перед ОМД.

Процесс прокатки. Оснастка и оборудование. Понятие профиля и сортамента. Процессы прессования и волочения. Оснастка и оборудование.

Сущность, назначение и область примененияковки и горячей объемной штамповки. Основные операции, оснастка и оборудование. Отделка поковок.

Основные виды холодной штамповки, области применения. Основные операции холодной объемной штамповки. Сущность и основные операции листовой штамповки. Разделительные операции листовой штамповки. Оснастка и оборудование.

Формоизменяющие операции листовой штамповки. Оснастка и оборудование. Особые способы листовой штамповки.

### **Основы сварочного производства.**

Классификация видов сварки. Физическая сущность процесса сварки. Сварка плавлением. Способы дуговой сварки. Строение и свойства сварочной дуги. Источники питания сварочной дуги. Устройство и работа сварочного трансформатора, его внешняя характеристика.

Ручная дуговая сварка (РДС). Схема процесса, преимущества и недостатки. Область применения. Электроды для РДС, вещества, входящие в состав покрытий, их назначение.

Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса, схема и сущность процесса, преимущества, область применения.

Сварка в атмосфере защитных газов. Сварка в среде углекислого газа, схема и состав установки, назначение и принцип действия основных узлов. Особенности сварки в среде углекислого газа.

Газовая сварка, схема и сущность процесса, схема получения ацетилена. Плазменная сварка дугой прямого и косвенного действия, схемы и сущность процессов. Электронно-лучевая сварка, схема и сущность процесса, преимущества и недостатки. Области их применения.

Сварка лазером, схема и сущность процесса, преимущества и недостатки. Сварка давлением. Стыковая сварка сопротивлением и оплавлением, циклограммы процессов.

Точечная и роликовая сварка, циклограммы процессов. Области их применения.

Диффузионная сварка, схема и сущность процесса, преимущества и недостатки. Сварка взрывом, сварка трением, схема и сущность процессов, преимущества и недостатки. Области их применения. Виды брака при сварке и их причины.

### **Основы обработки металлов резанием.**

Сущность процесса обработки резанием. Виды стружки, возникающей при обработке резанием. Виды движений в металлорежущих станках. Основные схемы обработки резанием.

Элементы режима резания при точении. Механизмы износа режущего инструмента. Виды износа режущего инструмента. Критерий затупления резца.

Факторы, влияющие на стойкость резца. Требования, предъявляемые к инструментальным материалам.

Обработка заготовок на станках токарной и сверлильно-расточной групп. Устройство и работа токарно-винторезного станка. Классификация токарных резцов по назначению.

Устройство и работа вертикально-фрезерного станка.

Устройство и работа зубофрезерного станка. Сущность шлифования.

Основные схемы шлифования. Хонингование, суперфиниширование, притирка, полирование.

## **2 Методические указания к выполнению и оформлению аудиторной контрольной работы**

Студенты заочной формы обучения выполняют одну аудиторную контрольную работу. Задание и выбор вариантов приведены в разделе 3 настоящих методических рекомендаций.

Задание заключается в решении задач по курсам «Сварка», «Обработка металлов резанием», «Обработка металлов давлением», «Литье».

При выполнении контрольной работы студенты осваивают методику выбора и назначения режимов сварки, резания металлов, обработки металлов давлением, литья для изготовления металлических конструкций, деталей машин и различного вида инструментов. Одновременно студент должен научиться пользоваться рекомендуемыми справочными материалами, чтобы в дальнейшем правильно выбирать режимы резания, режимы сварки, материал и инструмент при курсовом и дипломном проектировании.

Аудиторная контрольная работа выполняется на бланке, выдаваемом деканатом инженерного факультета заочного образования. Ответы должны быть краткими, аргументированными и точными. В конце работы указывается дата ее выполнения и ставится подпись.

После рецензирования работы, при необходимости, выполняется работа над ошибками.

## **3 Задания к аудиторной контрольной работе**

### ***3.1 Обработка металлов резанием***

#### **Задание**

Определить режимы резания заготовок при фрезеровании.

Вариант задания определяется по последней цифре зачетной книжки студента согласно таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диаметр фрезы, мм	45	10	30	55	25	60	40	16	28	70
Число зубьев фрезы	10	4	12	20	8	24	14	4	10	18
Припуск на механическую обработку, мм	7	6	9	8	4	10	5	2	3	10
Марка материала	Серый чугун									

Режимы резания включают в себя глубину резания, подачу, скорость резания и назначаются в зависимости от условий обработки в следующей последовательности.

1 На первом этапе задается глубина резания  $t$  исходя из припуска на механическую обработку (выбираем из таблицы 3.2).

2 Назначается подача на зуб фрезы  $S_z$  (см. таблицу 3.2).

Таблица 3.2 – Подача на зуб фрезы при обработке серого чугуна концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Глубина резания $t$ , мм	$S_z$ при диаметре фрезы $D$ , мм			
	10...20	20...40	40...60	Более 60
До 5	0,02...0,04	0,05...0,08	0,09...0,13	0,13...0,17
10	0,01...0,03	0,04...0,07	0,07...0,11	0,11...0,17

3 По глубине резания и подаче на зуб выбирается скорость резания  $V$ , м/мин, по таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Скорость резания при обработке серого чугуна концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Глубина резания $t$ , мм	$V$ , м/мин, при подаче $S_z$ , мм/зуб				
	0,02...0,04	0,04...0,06	0,06...0,1	0,1...0,15	0,15...0,20
До 5	34...30	30...27	27...25	25...22	22...18
10	27...24	24...22	22...20	20...18	18...15

4 По скорости  $V$  рассчитывается число оборотов фрезы  $n$ , об/мин (шпинделя) по формуле

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

где  $D$  – диаметр фрезы, мм;

$V$  – табличная скорость резания, м/мин.

5 По найденному (расчетному) числу оборотов принимается число оборотов, имеющееся на станке, которое называется действительным, или фактиче-

ским (таблицу 3.4). Принято выбирать ближайшее меньшее к расчетному числу оборотов  $n$  или ближайшее большее, если расчетное число оборотов  $n$  отличается от него не более чем на 10 %.

Таблица 3.4 – Действительные значения оборотов шпинделя фрезерного станка мод. 676

Число оборотов шпинделя, об/мин	50	63	80	100	120	130	160	165	205	250	255	315	325	410
---------------------------------	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Продолжение таблицы 3.4

Число оборотов шпинделя, об/мин	515	630	640	790	840	1050	1060	1320	1330	1630	1655	2040
---------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------

6 По действительному числу оборотов  $n_d$  определяется действительная скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}.$$

7 Определяется минутная подача  $S_m$ , мм/мин, по формуле

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n,$$

где  $z$  – число зубьев фрезы;

$S_z$  – подача на зуб, мм;

$n$  – число оборотов фрезы.

8 По рассчитанной минутной подаче  $S_m$  выбирается действительная минутная подача  $S_{mд}$  (таблица 3.5) так, как и число оборотов.

Таблица 3.5 – Действительная минутная подача фрезерного станка мод. 676

Подача, мм/мин	13	17	21	26	33	42	52	64	82	104	130	160	200	255	320	395
----------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

9 Определяется машинное время

$$T_M = \frac{L \cdot i}{S_{ia}},$$

где  $L$  – длина перемещения заготовки с учетом врезания и перебега, мм;

$i$  – число проходов (в данном случае  $i = 1$ ).

Длина перемещения заготовки определяется по формуле

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

где  $l$  – длина обрабатываемой плоскости (таблица 3.6), мм;

$l_1$  – длина врезания, принимают равной половине диаметра фрезы, мм;

$l_2$  – длина перебега (выхода) фрезы,  $l_2 = 2 \dots 3$  мм.

Таблица 3.6 – Длина обрабатываемой поверхности

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина поверхности, мм	120	170	190	220	250	280	320	350	380	400

### Последовательность выполнения задания.

- 1 Описать сущность процесса обработки материалов резанием.
- 2 Выполнить расчет параметров режимов резания при фрезеровании.
- 3 Привести список использованной литературы.

## 3.2 Обработка металлов давлением

### Задание

Определить возможность изготовления заданного изделия с применением данного оборудования.

Вариант задания определяется по последней цифре зачетной книги студента согласно таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Варианты заданий

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конфигурация пробивного пуансона	■	▲	■	■	●	▲	┃	■	—	▲
Размер	0,5×2	4×2×3	2×2	0,9×3	∅3	0,8×0,8×0,8	2×3	2×2	0,5×1,2	1×1×1
Конфигурация вырубного пуансона	┃	■	■	┃	▲	—	●	●	■	—
Размер	3×5	8×6	3×3	2×6	6×6×6	4×6	∅7	∅9	2×4	3×6
Толщина заготовки, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Для выполнения работы имеется кривошипный пресс К100А, номинальное усилие 24516 Н и последовательный двухрядный штамп, установленный на прессе. Штамп имеет две вырубные и две пробивные пары. Каждую пару составляют пуансон и матрица (рисунок 3.1). Для получения изделия штамповкой необходимо выполнить две операции: пробивку отверстия по внутреннему контуру диаметром  $d$  и вырубку детали по наружному контуру  $D$ .

Одним из основных элементов, определяющим пригодность данного оборудования для выполнения работы является величина расчетного усилия пробивки и вырубки.

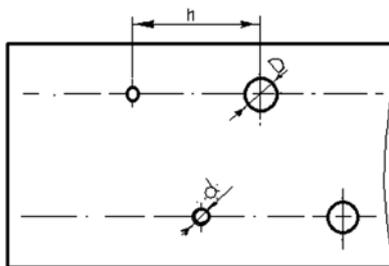


Рисунок 3.1 – Схема раскроя листа заготовки

Расчетное усилие пробивки и вырубки определяется по формуле

$$P = 1,25 \sum_{i=1}^n L_i S \tau_{cp},$$

где  $\sum_{i=1}^n L_i$  – сумма периметров всех вырубаемых и пробиваемых отверстий за

один ход ползуна;

$n$  – количество пуансонов,  $n = 4$ ;

$S$  – толщина заготовки, мм;

$\tau_{cp}$  – предел прочности на срез,  $\tau_{cp} = 14 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup>;

1,25 – коэффициент, учитывающий затупление режущих кромок пуансона и матрицы.

### Порядок выполнения работы.

1 Согласно последней цифре зачетной книжки из таблицы 3.7 выбрать конфигурацию пробивного и вырубного пуансона, а также толщину заготовки.

2 Рассчитать сумму параметров всех вырубаемых и пробиваемых отверстий за один ход ползуна,  $n = 4$ .

3 Рассчитать суммарное усилие пробивки и вырубки  $P$ .

4 Сравнить рассчитанное  $P$  с номинальным усилием прессы и дать заключение о его пригодности для изготовления заданной детали.

### 3.3 Сварка

#### Задание

Определить режимы сварки. Подобрать сварочное оборудование и сварочные материалы для выполнения сварного соединения.

Вариант задания определяется по последней цифре зачетной книжки студента согласно таблице 3.8.

Во всех вариантах сварка выполняется за один проход без разделки кромок.

Таблица 3.8 – Варианты заданий.

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Способ сварки	Ручная дуговая сварка покрытыми электродами					Механизированная сварки в углекислом газе				
Тип соединения	С2		Т1			С2		Т1		
Толщина свариваемого металла, мм	2	4	3	5	8	3	5	3	5	8
Марка материала	Сталь 10			Сталь ВСт0пс			Сталь 10ХСНД			

### Методические указания к выполнению задания

К основным параметрам режима относятся: диаметр электродной проволоки или электрода –  $d_{эл}$ , сила сварочного тока –  $I_{св}$ , напряжение на дуге –  $U_d$ , скорость сварки –  $V_{св}$ .

Сила сварочного тока является одним из основных параметров режимов сварки. Расчет производится в зависимости от способа сварки. По условию задания такими способами являются ручная дуговая сварка покрытыми электродами (РДС) и механизированная сварка плавящимся электродом в защитном газе ( $CO_2$ ).

Типы сварных соединений представлены в таблице 3.9.

Первоначально необходимо выбрать диаметр электрода или электродной проволоки  $d_{эл}$ . Выбор осуществляется по данным, приведенным в таблице 3.10.

Значение диаметра электрода зависит от требуемой глубины проплавления металла  $h_{пр}$ . Глубина проплавления определяется толщиной металла  $\delta$  и типом сварного шва.

Для стыковых односторонних швов глубина проплавления равна толщине свариваемого металла  $h_{пр} = \delta$ , для угловых швов  $h_{пр} = 0,6\delta$ .

Тип сварного шва зависит от типа сварного соединения. В стыковых соединениях – стыковые швы. В тавровых соединениях – угловые швы.

Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами сила сварочного тока  $I_{св}$ , А, зависит от диаметра электрода и вычисляется по формуле

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} \cdot j,$$

где  $j$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Средние значения плотностей тока в зависимости от диаметров электрода приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.9 – Условные обозначения и конструктивные элементы сварных соединений

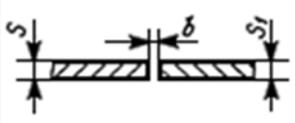
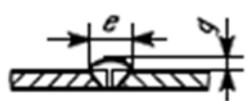
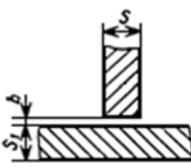
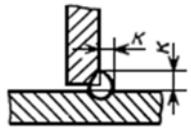
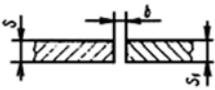
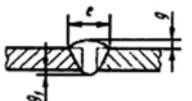
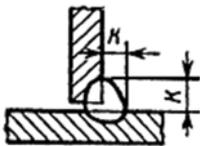
ГОСТ 5264–80									
Условное обозначение сварного соединения	Конструктивный элемент		$s = s_1$ , мм	$b$ , мм		$e$ , мм, не более	$g$ , мм		
	подготавливаемых кромок свариваемых деталей	сварного шва		Пред. откл.	Пред. откл.				
С2			От 1,0 до 1,5	0 + 0,5	6	1,0 ± 0,5			
			Св. 1,5 до 3,0	1 ± 1,0	7	1,5 ± 1,0			
			Св. 3,0 до 4,0	2 <sup>+1,0</sup> <sub>-0,5</sub>	8	2,0 ± 1,0			
Т1			От 2 до 3	0 + 1	–	–			
			Св. 3 до 15	0 + 2	–	–			
			Св. 15 до 40	0 + 3	–	–			
ГОСТ 14771–76									
Условное обозначение сварного соединения	Конструктивный элемент		Способ сварки	$s = s_1$ , мм	$b$ , мм		$e$ , мм, не более	$g$ , мм	$g_1$ , мм
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Пред. откл.	Пред. откл.			
С2			ИНП ИП, УП	0,8...1,2 1,4...2,0	0 + 1,0	7,0	1,0 ± 0,5	1,0 <sup>+1,0</sup> <sub>-0,5</sub>	
				2,2...4,0	0 + 1,5	8,0	1,5 ± 0,5	1,5 ± 1,0	
				4,5...6,0	0 + 2,0	12,0			
Т1	–		ИНП ИП, УП	0,8...3,0	0 + 0,5	–	–	–	
				3,2...5,5	0 + 1,0				
				6,0...20,0	0 + 1,5				

Таблица 3.10 – Выбор диаметра электрода и электродной проволоки

Способ сварки	Глубина проплавления $h_{np}$ , мм		
	до 2	3	5
Диаметр электрода или электродной проволоки, мм			
РДС	2,5	3	4
Механизированная в CO <sub>2</sub>	1,0	1,2	1,6

Таблица 3.11 – Средние значения плотностей тока при ручной дуговой сварке

Диаметр электрода, мм	2,5	3	4
Плотность тока, А/мм <sup>2</sup>	18	16	13

Для механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов сила сварочного тока  $I_{св}$ , А, определяется по формуле

$$I_{св} = \frac{h_{np}}{K_n} \cdot 100,$$

где  $K_n$  – коэффициент пропорциональности. Данный коэффициент зависит от условий сварки и определяется по значениям, приведенным в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Значения коэффициента  $K_n$  для сварки в среде углекислого газа на постоянном токе обратной полярности

Диаметр электродной проволоки, мм	Коэффициент пропорциональности
1,0	1,95
1,2	1,75
1,6	1,55

После вычисления силы сварочного тока уточняется диаметр проволоки  $d_{эл}$ , мм, по формуле

$$d_{эл} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{j}},$$

где  $j$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Средние значения допустимой плотности тока при механизированной сварке выбираются по таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Средние значения допустимой плотности тока при механизированной сварке

Диаметр проволоки, мм	1,0	1,2	1,6
$j$ , А/мм <sup>2</sup>	100	140	180

При совпадении рассчитанного диаметра проволоки с ранее выбранным дальнейший расчет не производится. При значительном отличии, расчет повторяется с новым диаметром электродной проволоки.

Напряжение на дуге ориентировочно устанавливают 20...35 В в зависимости от способа сварки.

Скорость сварки  $V_{св}$ , м/ч, вычисляется по формуле

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{\gamma \cdot F_n \cdot 100},$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/(А·ч);

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$\gamma$  – плотность металла, для стали  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см<sup>2</sup>.

$\alpha_n$  выбирают в зависимости от способа сварки: для РДС –  $\alpha_n = 13 \dots 16$  г/(А·ч); в СО<sub>2</sub> –  $\alpha_n = 8 \dots 10$  г/(А·ч).

Площадь поперечного сечения наплавленного металла определяют по размерам шва (разбив предварительно шов на простые геометрические фигуры):

– для угловых швов

$$F_n = 1,3 \frac{K^2}{2};$$

– для стыковых швов

$$F_n = b \cdot h_{np} + \frac{3}{4}eq,$$

где  $K$  – катет шва;

$b$  – зазор между деталями;

$e$  – ширина шва;

$q$  – высота валика.

Значения  $b$ ,  $e$ ,  $q$  выбираются из соответствующего ГОСТа (ГОСТ 5264, ГОСТ 14771). Более подробное пояснение по определению площади наплавленного металла  $F_n$  можно найти в [1, с.76].

Сварочное оборудование необходимо выбирать в зависимости от способа сварки и рассчитанных режимов сварки, основным из которых является сила сварочного тока. Подбирая источник питания, необходимо стремиться к выбору аппарата с диапазоном сварочного тока, наиболее близким к расчетному.

Сварочные материалы выбирают в зависимости от структурного класса свариваемого материала, который определяется по химическому составу основного металла. Затем в зависимости от заданного способа сварки, пользуясь литературой [1–4], подбирают необходимые электроды или сварочную проволоку. Выбрав сварочные электроды, необходимо показать обоснование данного выбора. Для сварочных электродов должны быть указаны тип электрода, тип покрытия, марка электрода. Для сварочных проволок должна быть указана марка и химический состав.

### **Последовательность выполнения задания.**

- 1 Описать сущность процесса сварки.
- 2 Выполнить расчет параметров режимов сварки.
- 3 Выбрать сварочные материалы и сварочное оборудование.
- 4 Привести список использованной литературы.

### 3.4 Литье

#### Задание

Определить параметры литниковой системы для отливки «Куб»:

- оптимальную продолжительность заливки  $\tau_{opt}$ ;
- площади поперечного сечения элементов литниковой системы (питателя –  $\Sigma F_{пит}$ ; шлакоуловителя –  $\Sigma F_{шл}$ ; стояка –  $F_{ст}$ ).

Вариант задания определяется по последней цифре зачетной книжки студента согласно таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Варианты заданий

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Материал отливки	Сталь $\rho = 7,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$					Чугун $\rho = 7,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$				
Количество отливок в форме $N$ , шт.	1									
Высота отливки $C$ , м	0,3		0,4			0,3		0,4		
Высота отливки над питателями $P$ , м	0,15	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3
Высота верхней опоки $H_o$ , м	0,5			0,4			0,5			

Методика расчета литниковой системы основана на определении оптимальной продолжительности заливки формы расплавом и площади самого узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей требуемое время заполнения формы металлом.

Расчет литниковой системы начинается с определения продолжительности заполнения формы. При этом необходимо учитывать уровень металла в месте подвода сплава. При подводе снизу при прочих равных условиях продолжительность заливки должна быть меньше, чем при подводе сверху. При подводе в тонкие части большая продолжительность заливки будет способствовать меньшим внутренним напряжениям в отливке.

На рисунке 3.2 представлена схема заливки формы из поворотного ковша с обозначением основных геометрических параметров формы, используемых при расчете литниковой системы.

Для оптимальной продолжительности заливки форм должно выполняться неравенство

$$\tau_{\min} < \tau_{opt} < \tau_{\max},$$

где  $\tau_{opt}$  – оптимальная продолжительность заливки форм, с;

$\tau_{\min}$  – минимально допустимая продолжительность заливки форм, с;

$\tau_{\max}$  – максимально допустимая продолжительность заливки форм, с.

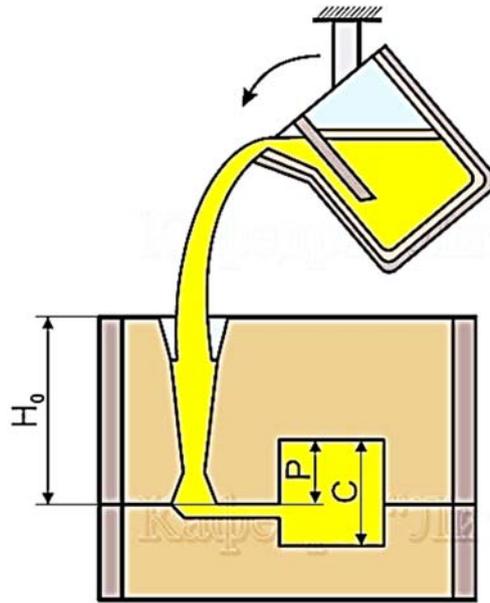


Рисунок 3.2 – Схема заливки литейной формы

Время заполнения полости формы расплавом определяется по формуле

$$\tau_{\text{онт}} = S_1 \sqrt[3]{\delta G},$$

где  $\tau_{\text{онт}}$  – продолжительность заливки, с;

$S_1$  – коэффициент продолжительности заливки формы,  $S_1 = 1,2 \dots 2,5$ ;

$\delta$  – средняя толщина стенки, мм;

$G$  – масса заливаемого в форму расплава, кг;

$$G = N \cdot G_{\text{отл}} + G_{\text{литн.с.}},$$

где  $N$  – количество отливок в форме, шт;

$G_{\text{отл}}$  – масса отливки, кг;

$G_{\text{литн.с.}}$  – масса литниковой системы,  $G_{\text{литн.с.}} = 1,3 \dots 1,4 G_{\text{отл}}$ .

Расчет площади сечения самого узкого сечения литниковой системы (питателя)  $F_{\text{пит}}$ , обеспечивающей заданное время заполнения расплавом формы, производится по формуле

$$F_{\text{пит}} = \frac{G}{\tau_{\text{онт}} \cdot \rho \mu \sqrt{2qH_{\text{ср}}}},$$

где  $G$  – высота отливки по положению в форме, м;

$\rho$  – плотность расплава, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода литниковой системы,  $\mu = 0,35 \dots 0,7$ ;

$q$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

$$H_{cp} = H_o - \frac{P^2}{2C},$$

где  $H_o$  – высота верхней опоки, м.

Расчет площадей и размеров сечения элементов литниковой системы (стояка  $F_{ст}$  и шлакоуловителя  $F_{шл}$ ) производится через оптимальные соотношения:

- для чугунного литья  $\Sigma F_{лит} : \Sigma F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,2 : 1,4$ ;
- для стального литья  $\Sigma F_{лит} : \Sigma F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,15 : 1,3$ .

#### **Порядок выполнения работы.**

- 1 Описать сущность процесса получения отливки.
- 2 Выполнить расчет параметров литниковой системы.
- 3 Привести список использованной литературы.

## **4 Перечень типовых вопросов к экзамену по курсу «Технология конструкционных материалов»**

### *Раздел «Основные конструкционные материалы и их свойства»*

- 1 Механические свойства конструкционных материалов.
- 2 Технологические свойства конструкционных материалов.
- 3 Эксплуатационные свойства конструкционных материалов.
- 4 Классификация сталей по химическому составу.
- 5 Классификация сталей по качеству.
- 6 Классификация сталей по назначению.
- 7 Маркировка углеродистых и легированных сталей.
- 8 Классификация и маркировка чугунов. Область применения.
- 9 Классификация и маркировка медных сплавов. Область применения.
- 10 Классификация и маркировка алюминиевых сплавов, область применения.
- 11 Понятия о композиционных материалах, их классификация.
- 12 Свойства пластмасс.
- 13 Классификация пластмасс. Компоненты, входящие в состав пластмасс, их назначение.
- 14 Производство изделий из пластмасс в вязкотекучем состоянии (методами горячего прессования и литья под давлением).
- 15 Производство изделий из пластмасс в высокоэластичном состоянии (методами пневматической и вакуумной формовки).
- 16 Производство изделий из резины.

***Раздел «Основы металлургического производства и производство заготовок способом литья»***

- 1 Подготовка железных руд к плавке.
- 2 Компонеты для производства чугуна.
- 3 Устройство и работа доменной печи.
- 4 Продукция доменного производства.
- 5 Производство стали в кислородном конверторе.
- 6 Производство стали в электропечах.
- 7 Способы повышения качества стали.
- 8 Литейные свойства сплавов.
- 9 Строение слитка.
- 10 Изготовление отливок в песчано-глинистых формах.
- 11 Требования, предъявляемые к формовочным и стержневым песчано-глинистым смесям.
- 12 Основные виды брака при литье и их причины.
- 13 Литье в оболочковые формы (сущность и схема процесса, преимущества и недостатки).
- 14 Литье по выплавляемым моделям (сущность и схема процесса, преимущества и недостатки).
- 15 Литье в кокиль (сущность и схема процесса, преимущества и недостатки).
- 16 Центробежное литье (сущность и схема процесса, преимущества и недостатки).
- 17 Литье под давлением (сущность и схема процесса, преимущества и недостатки).

***Раздел «Обработка металлов давлением»***

- 1 Понятие об обработке металлов давлением (ОМД).
- 2 Факторы, влияющие на пластичность металлов.
- 3 Явление наклепа, возврата и рекристаллизации в металлах.
- 4 Понятие о холодной и горячей деформации. Температурный интервал горячей обработки металлов давлением.
- 5 Отрицательные явления, возникающие при нагреве металлов перед ОМД.
- 6 Основные типы нагревательных устройств.
- 7 Сущность прокатки. Основные схемы прокатки.
- 8 Сортамент проката.
- 9 Сущность прессования. Схемы прямого и обратного прессования. Прессование полых профилей.
- 10 Сущность волочения. Схема волочильной матрицы.
- 11 Сущность и основные операции ковки.
- 12 Сущность горячей объемной штамповки (ГОШ). Ее преимущества и недостатки по сравнению с ковкой. Открытые и закрытые штампы.
- 13 Отделка поковок.
- 14 Холодная объемная штамповка.

15 Сущность и основные операции листовой штамповки.

16 Разделительные операции листовой штамповки.

17 Особые способы листовой штамповки (штамповка взрывом, электрогидравлическая штамповка, магнитоимпульсная штамповка, ротационное выдавливание).

### ***Раздел «Сварка»***

1 Физическая сущность процесса сварки. Способы дуговой сварки.

2 Источники питания сварочной дуги.

3 Устройство и работа сварочного трансформатора СТШ-500, принцип регулирования величины сварочного тока.

4 Ручная дуговая сварка (РДС) (схема и сущность процесса, область применения).

5 Виды покрытий электродов для РДС. Вещества, входящие в состав покрытий электродов для РДС, их назначение.

6 Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса (схема и сущность процесса, область применения).

7 Сварка в атмосфере защитных газов.

8 Сварка в среде углекислого газа (схема и состав установки, назначение основных узлов).

9 Газовая сварка (схема и сущность процесса, область применения).

10 Плазменная сварка дугой прямого и косвенного действия (схема и сущность процесса, область применения).

11 Стыковая сварка сопротивлением и оплавлением (схема и сущность процессов, область применения).

12 Точечная и шовная (роликовая) сварка (схемы и сущность процессов, область применения).

13 Диффузионная сварка (схема и сущность процесса, область применения).

14 Электронно-лучевая сварка (схема и сущность процесса, область применения).

15 Лазерная сварка (схема и сущность процесса, область применения).

16 Сварка трением (схемы и сущность процесса, область применения).

17 Сварка взрывом (схема и сущность процесса, область применения).

### ***Раздел «Обработка металлов резанием»***

1 Сущность процесса обработки резанием. Виды стружки, возникающей при обработке резанием.

2 Виды движений в металлорежущих станках.

3 Основные схемы обработки резанием.

4 Элементы режима резания при точении.

5 Механизмы износа режущего инструмента.

6 Виды износа режущего инструмента.

7 Критерий затупления режущего инструмента. Факторы, влияющие на стойкость режущего инструмента.

8 Устройство и работа универсального токарно-винторезного станка мод.16К20.

9 Устройство и работа универсального фрезерного станка мод. 646.

10 Устройство и работа зубофрезерного станка мод. 5310.

11 Сущность шлифования.

12 Основные схемы шлифования.

13 Хонингование, суперфиниширование, притирка, полирование.

## 5 Пример выполнения аудиторной контрольной работы

### 5.1 Обработка металлов резанием

По последней цифре зачетной книжки выбирается вариант задания. Предположим, что в выбранном варианте исходные данные имеют следующие значения: диаметр фрезы – 21 мм; число зубьев – 7; припуск на механическую обработку – 1 мм; материал заготовки – серый чугун.

1 Задаем глубину резания  $t$  исходя из припуска на механическую обработку (см. таблицу 3.2). В нашем случае припуск на механическую обработку составляет 1 мм, что соответствует глубине резания до 5 мм.

2 Назначаем подачу на зуб фрезы  $S_z$ . Исходя из глубины резания  $t = 1$  мм и диаметра фрезы  $D = 21$  мм, подача на зуб в нашем случае будет составлять 0,05...0,08 (см. таблицу 3.2). Принимаем  $S_z = 0,07$ .

3 По глубине резания и подаче на зуб выбираем скорость резания  $V$  (см. таблицу 3.3). В нашем случае при  $t = 1$  мм и  $S_z = 0,07$  скорость резания будет составлять 27...25 м/мин. Принимаем  $V = 26$  м/мин.

4 Исходя из скорости  $V$  рассчитываем число оборотов фрезы  $n$ , об/мин, по формуле

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D} = (26 \cdot 1000) / (3,14 \cdot 21) = 394 \text{ об/мин.}$$

5 По рассчитанному числу оборотов выбираем число оборотов, имеющееся на станке (см. таблицу 3.4). В нашем случае  $n_d = 410$  об/мин.

6 По действительному числу оборотов  $n_d$  определяем действительную скорость резания:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = (3,14 \cdot 21 \cdot 410) / 1000 = 27 \text{ м/мин.}$$

7 Определяем минутную подачу  $S_m$ , мм/мин, следующим образом:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n = 0,07 \cdot 7 \cdot 410 = 201 \text{ мм/мин.}$$

8 По рассчитанной минутной подаче выбираем действительную минутную подачу  $S_{мд}$  (см. таблицу 3.5). В нашем случае  $S_{мд} = 200$  мм/мин.

9 Определяем машинное время  $T_m$ , мин, при длине обрабатываемой поверхности  $l = 680$  мм.

Длина перемещения заготовки

$$L = l + l_1 + l_2 = 680 + 10,5 + 3 = 693,5 \text{ мм.}$$

При данных условиях машинное время будет иметь следующее значение:

$$T_m = \frac{L \cdot i}{S_{ia}} = \frac{693,5 \cdot 1}{200} = 3,47 \text{ мин.}$$

## 5.2 Обработка металлов давлением

По последней цифре зачетной книжки выбираем конфигурацию пробивного и вырубного пуансона, а также их размеры. Предположим, что пробивной –  $5 \times 5$ , вырубной –  $9 \times 8$ . Толщина заготовки – 4,0.

1 Рассчитываем сумму параметров всех вырубаемых и пробиваемых отверстий за один ход ползуна:

$$((9 + 8) \cdot 2) + ((5 + 5) \cdot 2) = 52 \text{ мм}^2.$$

2 Вычисляем суммарное усилие пробивки и вырубки  $P$ :

$$P = 1,25 \cdot 0,054 \cdot 0,004 \cdot 14 \cdot 10^7 = 37 \text{ 800 Н.}$$

3 Сравниваем рассчитанное усилие  $P$  с номинальным усилием прессы.

4 Даем заключение о его пригодности для изготовления заданной детали.

## 5.3 Сварка

### 5.3.1 Пример расчета.

Вариант задания: способ сварки – РДС; тип соединения – тавровое, Т1; толщина свариваемого металла  $\delta = 7$  мм.

#### Решение

В тавровых соединениях выполняются угловые швы, их глубина проплавления равна  $0,6\delta$ . Следовательно, в данном случае глубина проплавления будет равняться  $0,6 \cdot 7 = 4,2$  мм. По таблице 3.10 наиболее близкое значение глубины проплавления 5 мм, следовательно, выбираем диаметр электрода 4 мм.

Плотность тока выбираем по таблице 3.11. Для электрода диаметром 4 мм она равна 13 А/мм<sup>2</sup>.

Сила сварочного тока

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 13 = 163,3 \text{ А.}$$

Скорость сварки

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{\gamma \cdot F_n \cdot 100} = \frac{14 \cdot 163,3}{7,8 \cdot 0,234 \cdot 100} = 12,5 \text{ м/с.}$$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла определяем с учетом катета сварного шва:

$$F_n = 1,3 \frac{K^2}{2} = 1,3 \frac{6^2}{2} = 23,4 \text{ мм}^2.$$

Катет сварного шва выбираем 6 мм, напряжение на дуге устанавливаем 25...28 В, источник питания сварочной дуги – ВД-306 согласно рекомендациям в литературе.

*Ответ.* Сила сварочного тока для сварки таврового соединения толщиной 7 мм составляет 160...165 А, скорость сварки – 12,5 м/ч.

#### 5.4 Литье

Определение параметров литниковой системы для отливки «Куб» начинаем с расчета массы отливки, выбрав задание согласно таблице 3.14.

*Исходные данные:*

- средняя толщина стенки отливки равна стороне куба,  $\delta = 200 \text{ мм}$ ;
- коэффициент продолжительности заливки формы  $S_1 = 2$ ;
- количество отливок в форме,  $N = 2 \text{ шт.}$ ;
- плотность чугуна,  $\rho = 7,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .
- масса отливки

$$G_{отл} = C^3 \rho = 56,7 \text{ кг.}$$

Масса литниковой системы

$$G_{литн.с.} = 1,4 G_{отл} = 1,4 \cdot 56,7 = 79,4 \text{ кг.}$$

Масса заливаемого в форму расплава

$$G = NG_{отл} + G_{литн.с.} = 2 \cdot 56,7 + 79,4 = 192,8 \text{ кг.}$$

Время заполнения полости формы расплавом

$$\tau_{онт} = S_1 \sqrt[3]{\delta G} = 2 \sqrt[3]{200 \cdot 192,8} = 67,6 \text{ с.}$$

Расчет площади сечения питателя выполняем следующим образом:

$$H_{cp} = H_o - \frac{P^2}{2C} = 0,5 - \frac{0,1^2}{2 \cdot 0,2} = 0,475 \text{ м;}$$

$$F_{nut} = \frac{G}{\tau_{онт} \rho \mu \sqrt{2qH_{cp}}} = \frac{192,8}{67,6 \cdot 7,2 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,475}} = 2,59 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Расчет площадей сечения элементов литниковой системы для чугунного литья производится через оптимальное соотношение:

$$\Sigma F_{nut} : \Sigma F_{шл} : F_{ст} = 1 : 1,2 : 1,4 = (2,59 : 3,10 : 3,62) \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

## Список литературы

- 1 **Куликов, В. П.** Технология сварки плавлением и термической резки: учебник / В. П. Куликов. – Минск: Новое знание; ИНФРА-М, 2016. – 463 с.: ил.
- 2 **Акулов, А. И.** Технология и оборудование сварки плавлением / А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – Москва: Машиностроение, 1997. – 362 с.
- 3 **Кугультинов, С. Д.** Технология обработки конструкционных материалов: учебник для вузов / С. Д. Кугультинов, А. К. Ковальчук, И. И. Портнов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 678 с.
- 4 **Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов /** Под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепихина. – Москва: Академия, 2007. – 448 с.
- 5 **Технология конструкционных материалов /** Под ред. А. М. Дальского [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1990. – 352 с.
- 6 **Технология конструкционных материалов /** Под ред. Г. А. Прейса. – Киев: Вища школа, 1991. – 391 с.
- 7 **Технология конструкционных материалов /** Под ред. О. С. Комарова. – Минск: Новое знание, 2005. – 560 с.

8 Технология металлов и материаловедение / Под ред. Л. Ф. Усовой. – Москва: Металлургия, 1987. – 800 с.

9 **Могилев, В. К.** Справочник литейщика / В. К. Могилев, О. И. Лев. – Москва: Машиностроение, 1988. – 272 с.