

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Соловьев Андрей Борисович
Должность: Директор
Дата подписания: 24.10.2023 12:24:22
Уникальный программный ключ:
c83cc511feb01f5417b9362d2700339df14aa123



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
В Г. ТАГАНРОГЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ПИ (филиал) ДГТУ в г. Таганроге**

ЦМК «Технология машиностроения и сварочного производства»

Методические указания

По выполнению практических работ
по дисциплине «Материаловедение»

Таганрог

2023

Составители: Золотухина И.А.

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине
«Материаловедение». ПИ (филиал) ДГТУ в г.Таганроге, 2023 г.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки:

15.02.16 Технология машиностроения

Ответственный за выпуск:

Председатель ЦМК: Новоселова Т.В.

Содержание

Пояснительная записка.....	
Практическая работа №1 «Определение твердости методом Бринелля»...	
Практическая работа №2 «Построение кривой охлаждения сплава системы железо-углерод по заданным параметрам процентного содержания и температуры».....	
Практическая работа №3 «Анализ свойств, назначения и расшифровка марок углеродистых сталей».....	
Практическая работа №4 «Анализ свойств, назначения и расшифровка марок чугунов».....	
Практическая работа №5 «Анализ свойств, назначения и расшифровка марок легированных сталей».....	
Практическая работа №6 «Анализ свойств, назначения и расшифровка марок цветных сплавов».....	
Практическая работа №7 «Влияние режимов термообработки на структуру и свойства стали».....	
Практическая работа №8 «Коррозия металлов».....	
Практическая работа №9 «Распознавание пластмасс и химических волокон».....	
Практическая работа №10 «Литье под давлением».....	
Практическая работа №11 «Отливка в песчано-глинистой форме».....	
Практическая работа №12 «Листовая штамповка».....	
Практическая работа №13 «Технология получения сварного соединения»	
Практическая работа №14 «Технология токарной обработки».....	

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению заданий практических занятий составлены в соответствии с содержанием рабочей программы по дисциплине ОП.03 - «Материаловедение» для студентов, специальностей технического профиля.

Практические занятия проводятся после изучения соответствующих разделов и тем учебной дисциплины. Для успешного выполнения заданий, студенты могут воспользоваться учебными материалами из списка рекомендуемой литературы.

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение практических умений и навыков.

Требования к оформлению отчета

Каждый обучающийся после выполнения заданий практических занятий должен представить отчет о проделанной работе, который является формой контроля знаний и умений обучающегося.

Если обучающийся не выполнил практическую работу или часть работы, то он может выполнить работу или оставшуюся часть во внеурочное время, согласованное с преподавателем.

Работа выполняется на листах формата - А4, машинописным текстом с обязательной нумерацией страниц. Титульный лист считается первым, но он не нумеруется.

Требования к машинописному тексту:

- шрифт - Times New Roman;
- размер шрифта - 12 или 14мм;
- интервал между строк – 1,5 мм
- выравнивание – по ширине страницы;
- абзацный отступ – 1,25 см.
- размер полей: верхнее поле– 2 см, нижнее – 2 см,
- левое поле – 3 см, правое – 2 см.

Титульный лист считается первым, но он не нумеруется (используется особый

колонтитул для первого листа),

Нумерация страниц - внизу, в правом углу.

Отчет по каждому практическому занятию должен содержать:

- номер практического занятия (например, Практическое занятие № 1);
 - тему занятия;
 - цель занятия;
 - номер выполняемого задания и ответ на него.

Если задание подразумевает отработку практических навыков или сдачу нормативов, то в ответе необходимо указать полученные результаты

Каждый следующий отчет оформляется на новой странице

Лабораторная работа №1

«Определение твердости методом Бринелля»

Цель работы: ознакомление и приобретение опыта работы по методу определения твердости материалов, предусмотренным ГОСТ 9012-59.

Приборы и материалы

Для проведения лабораторной работы используют приборы для определения твердости по методу Бринелля, измерительная лупа, а также образцы для испытаний.

Техника безопасности

1. Все студенты, приступая к лабораторным работам, должны ознакомиться с правилами работы в лаборатории и расписаться в журнале по технике безопасности.
2. Работы проводятся только с разрешения преподавателя.
3. Все электроприборы должны быть заземлены.
4. Студенты обязаны осторожно обращаться с приборами и оборудованием.
5. По окончании работы приборы должны быть отключены от сети.

Теоретические сведения

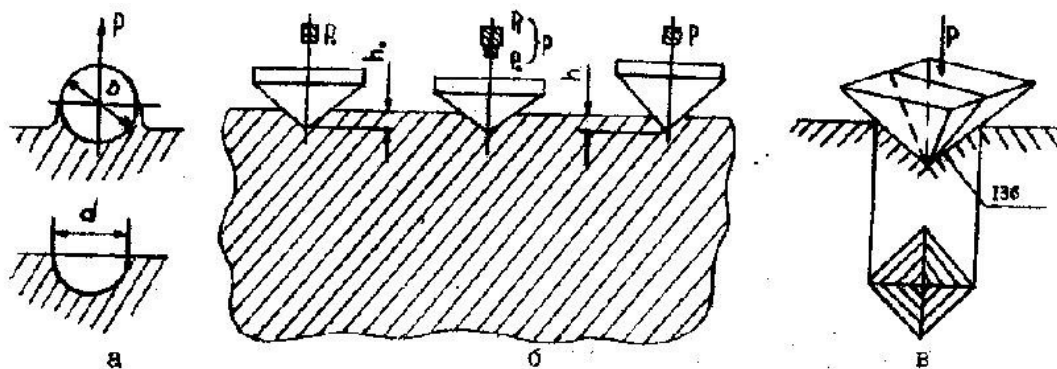


Рисунок 1. Схема определения твердости по Бринеллю (а); Роквеллу (б); Виккерсу (в)

Твердостью называется свойство материала оказывать сопротивление местной пластической деформации при контактном воздействии в поверхностном

слое. Измерение твердости вследствие быстроты и простоты осуществления, а также возможности без разрушения изделия суждения о его свойствах, получило широкое применение для контроля качества металлических изделий.

Существует несколько методов определения твердости.

Определение твердости по Бринеллю НВ (ГОСТ 9012-59).

Прибор Бринелля приведен на рисунке 2.

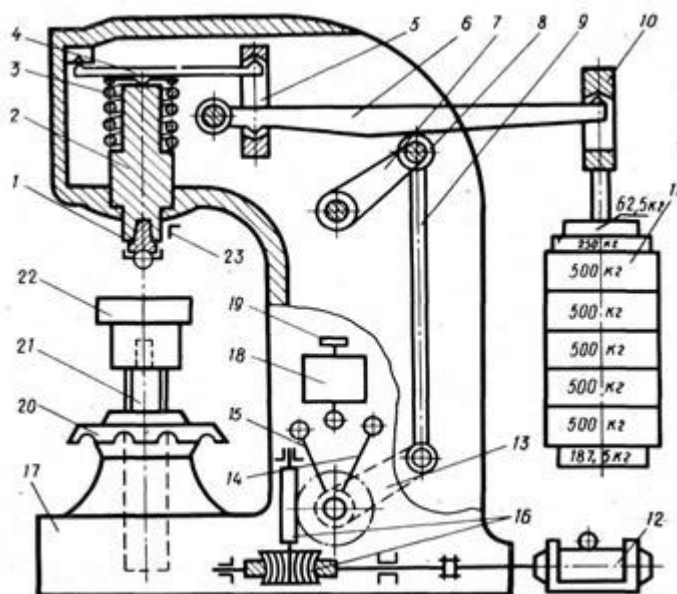


Рисунок 2. Прибор Бринелля с механическим приводом.

1 - оправка с шариком, 2 - шпиндель, 3 - пружина, 4 — малый грузовой рычаг, 5 — серьга, 6 -большой грузовой рычаг, 7 - качающийся рычаг, 8 — опорный ролик, 9 - шток, 10 — подвеска для грузов, 11 — грузы (гири), 12 — электродвигатель, 13 — кривошип, 14 — неподвижный упор автоматического выключателя, 15 — подвижный упор автоматического выключателя, 16 - червячный редуктор, 17 - станина прибора, 18 - переключатель, 19 - пусковая кнопка, 20 - маховик с гайкой, 21 — подъемный винт, 22 - столик для плоских образцов, 23 - неподвижный упор

Принцип работы прибора следующий:

испытуемый образец (деталь) устанавливают на столике 22 (опоре для плоских образцов) в нижней части неподвижной станины 17 прибора, зашлифованной поверхностью кверху. Поворотом вручную маховика 20 по часовой

стрелке столик прибора поднимают с помощью винта 21 до упора 23. Затем нажатием кнопки 19 включают электродвигатель 12. Электродвигатель через редуктор 16 и систему рычагов 13, 9, 7 опускает большой грузовой рычаг 6 (коромысло) и постепенно через рычаги 6 и 4 производит нагружение шпинделя 2, а следовательно, и вдавливание шарика, укрепленного в оправке 1, в металл под действием нагрузки, сообщаемой подвешенным с помощью подвески 10 к коромыслу набором грузов 11. Отношение плеч рычага 4 равно 1 : 4, а рычага 6—1:10. Общее отношение плеч этих двух рычагов будет $4 \cdot 10 = 40$. Набор грузов с подвеской имеет собственный вес 735 Н (75 кгс), но благодаря рычагам 4 и 6 с соотношением 1:40 усилие на шарик диаметром 10 мм будет составлять $75 \cdot 40 = 2940$ Н (3000 кгс).

Для создания других усилий соответственно подбираются грузы на подвеске. Это нагружение сохраняется в течение определенного времени, после чего двигатель с помощью переключателя 18, вращаясь в обратную сторону, соответственно перемещает коромысло и снимает нагрузку. После автоматического выключения двигателя, поворачивая рукой маховик 20 с гайкой против часовой стрелки, опускают столик прибора и снимают образец.

Продолжительность выдержки образца или детали под нагрузкой регулируется с помощью концевых переключателей.

После проведения испытания замеры полученных отпечатков проводят с помощью измерительной лупы (рисунок 3).

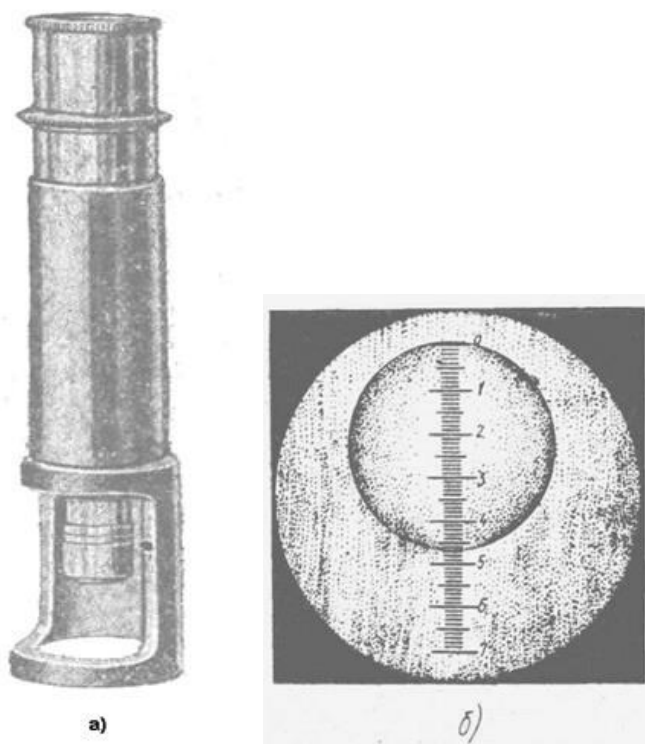


Рисунок 3. Измерение отпечатка при испытание металла на твёрдость по Бринеллю.

а- измерительная лупа; б- измерение отпечатка по шкале микроскопа.

Сущность метода заключается во вдавливании шарика (стального или из твердого сплава) в образец (изделие) под действием усилия, приложенного перпендикулярно к поверхности образца, в течение определенного времени, и измерении диаметра отпечатка после снятия усилия.

Шарик стальной может иметь следующие диаметры: 10,0; 5,0; 2,5; 2,0; 1,0 мм и твердость не менее 850 HV10;

Шарик из твердого сплава диаметром 10,0; 5,0; 2,5; 2,0; 1,0 мм должен иметь твердость не менее 1500 HV10.

Толщина образца должна не менее чем в 8 раз превышать глубину отпечатка.

После снятия нагрузки в испытуемом материале образуется отпечаток (лунка).

Твердость по Бринеллю HB (HBW) численно равна отношению приложенного усилия к площади сферического отпечатка и рассчитывается по формулам

$$HB(HBW) = \frac{0,100F}{A} = \frac{0,102 \cdot 2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

когда усилие выражено в Н;

$$HB(HBW) = \frac{F}{A} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

когда усилие выражено в кгс;

где HB- Твердость по Бринеллю при применении стального шарика;

HBW- Твердость по Бринеллю при применении шарика из твердого сплава;

F- Усилие, Н (кгс);

D – Диаметр шарика, мм;

d- Диаметр отпечатка, мм;

A - Площадь поверхности сферического отпечатка, мм.

При диаметре шарика 10 мм нагрузка F выбираются в зависимости от вида испытываемого материала:

- сталь, чугун, высокопрочные сплавы (на основе никеля, кобальта и др.) при $D = 10$ мм, $F = 3000$ кгс; значение получаемой твердости по Бринеллю 140 и более;

- медь и сплавы на ее основе, легкие металлы и их сплавы при $D = 10$ мм, $F = 1000$ кгс; значение получаемой твердости по Бринеллю от 35;

- подшипниковые сплавы $D = 10$ мм, $F = 250$ кгс; значение получаемой твердости по Бринеллю от 8 до 50.

При расчете твердости *HB*с помощью микроскопа или других средств измерения измеряют диаметр отпечатка в двух взаимно перпендикулярных направлениях. За диаметр отпечатка принимается среднеарифметическое значение результатов измерений. При этом разность измерений диаметров одного отпечатка не должна превышать 2% меньшего из них. Затем находят твердость по прилагаемым к прибору таблицам.

Методика выполнения работы

- 1. Наименование работы*
- 2. Цель работы*
3. Ознакомиться с теоретической частью.

4. Провести испытания на образцах стали, причем не менее трех раз на каждом образце.

5. Внести результаты испытаний в таблицу 2 следующей формы:

Таблица 2

Марка материала	Содержание углерода %	Нагрузка, Н	Диаметр шарика, мм	Диаметр отпечатка, мм			Твердость, НВ			Среднее арифметическое значение твердости, НВ
				d ₁	d ₂	d ₃				
Сталь 10	0,1	30	10							
Сталь 40	0,4	30	10							
Сталь У10	1,0	30	10							

6. Определить значение твердости (НВ) при помощи справочной таблицы 3 (приложение 1).

7. Вычислить: среднеарифметическое значение твердости, заполнить соответствующую колонку таблицы.

8. Построить график зависимости твердости (НВ) от содержания углерода, соединив плавной линией точки графика. (рисунок 4).

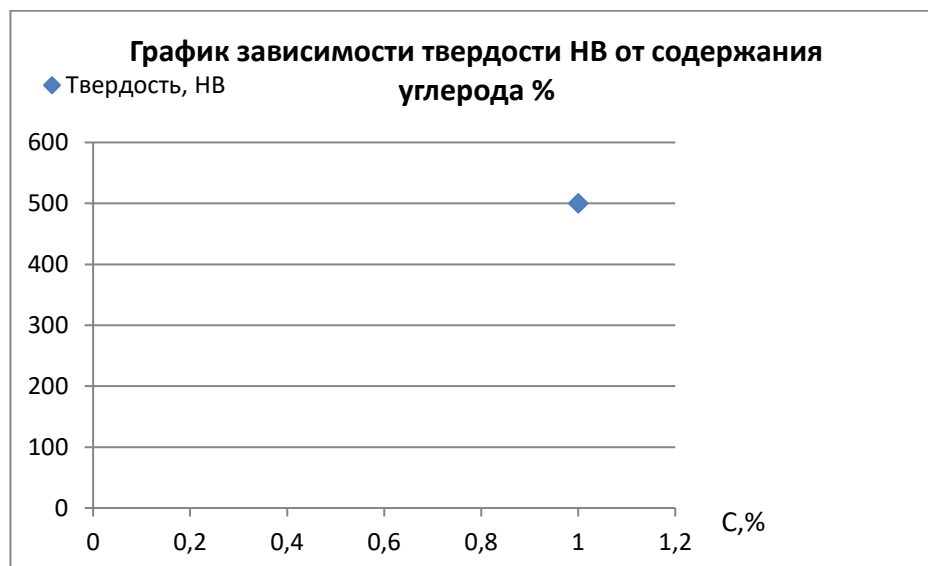


Рисунок 4.

9. Сделать вывод о том, как влияет содержание углерода на твердость стали.

10. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какие методы определения твердости Вам известны?

2. Каковы единицы измерения твердости, определяемой различными способами?
3. По каким формулам определяются числа твердости по Бринеллю?
4. Как выбирается нагрузка в зависимости от материала образца?
5. Почему измерения твердости по Бринеллю нельзя применять для тонких образцов?

Список литературы

1. Адашкин А.М. Материаловедение машиностроительного производства. В 2 ч. Часть 1: Учебник для СПО, учебник для СПО, 2020
2. Адашкин А.М. Материаловедение машиностроительного производства. В 2 ч. Часть 2: Учебник для СПО, учебник для СПО, 2020
3. Плошкин В.В. Материаловедение: учебник для СПО, учебник для СПО, 2020
4. Биронт, В. С. Теория термической обработки металлов [Текст] : учебник / В. С. Биронт. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 540 с.
5. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: учеб. для техникумов и колледжей. – СПб: Политехника, 2009.

Практическая работа №2

«Построение кривой охлаждения сплава системы железо-углерод по заданным параметрам процентного содержания и температуры»

Цель работы.

Ознакомление с принципами построения диаграмм состояния сплавов, изучение диаграммы состояния железо-цементит и превращений в железоуглеродистых сплавах в равновесных условиях.

Задание.

Начертите диаграмму состояния сплавов железо-углерод, укажите параметры основных точек, структуру сплава в каждой области. Кратко опишите, что собой представляет феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит. Опишите, какие процессы произойдут со сплавом с заданным процентом содержания

углерода при охлаждении его от 1600° С до 20° С. Какие структуры имеет сплав в точках 1 и 2 и определить процент содержания углерода при температуре соответствующей точке 2 в найденных структурах. Исходные данные взять в таблице согласно Вашему варианту (Таблица 1).

Таблица.

№ варианта	Содержание углерода, %	Температура в точке 1, °С	Температура в точке 2, °С	№ варианта	Содержание углерода, %	Температура в точке 1, °С	Температура в точке 2, °С	№ варианта	Содержание углерода, %	Температура в точке 1, °С	Температура в точке 2, °С
1	0,3	1400	750	11	1,7	1300	900	21	2,2	1200	800
2	2,7	1100	700	12	1,9	1000	800	22	1,4	1300	900
3	0,5	1300	600	13	1,3	1150	750	23	2,0	1050	650
4	2,5	1100	900	14	0,4	1300	600	24	1,6	1350	750
5	0,7	1200	650	15	2,8	1100	650	25	2,4	1100	650
6	2,3	1300	950	16	0,6	1200	700	26	0,3	1300	550
7	0,9	1150	700	17	2,6	1150	650	27	2,7	1200	650
8	1,5	1350	650	18	1,0	1000	700	28	0,5	1100	750
9	1,1	1220	750	19	1,8	900	550	29	2,5	1300	850
10	2,1	1100	650	20	1,2	1050	650	30	0,8	1500	750

Теоретические сведения

Сущность методов построения диаграммы состояния сводится к нахождению критических точек при нагреве или охлаждении металлов и сплавов. Критическими точками называются температуры, при которых начинаются и/или заканчиваются какие-либо превращения в сплавах. Критические точки определяются при охлаждении сплавов и связаны с изменением скорости охлаждения.

Определив экспериментально критические точки серии сплавов, строят полную диаграмму состояния в координатах "температура – концентрация".

Диаграмма состояния железо-цементит (рис.1) охватывает сплавы, содержащие углерод в количестве от 0 до 6,67 %.

При содержании 6,67 % углерода он образует химическое соединение с железом Fe_3C – карбид железа, называемый также **цементитом**.

Один из компонентов сплавов, а именно железо – имеет несколько аллотропических модификаций: до 911 °С железо имеет объёмно-центрированную кубическую (ОЦК) кристаллическую решетку с периодом 0,286 нм, в интервале температур 911-1392 °С – гранецентрированную кубическую (ГЦК) кристаллическую решетку, а выше 1392 °С – снова объёмно-центрированную кубическую кристаллическую решетку, но с другим периодом – 0,293 нм.

В зависимости от содержания углерода железоуглеродистые сплавы подразделяются на: техническое железо (до 0,02 % С), углеродистые стали (от 0,02 до 2,14 % С) и чугуны (от 2,14 до 6,67 % С).

Стали в свою очередь подразделяются на доэвтектоидные (0,02-0,8 % С), эвтектоидные (0,8 % С), заэвтектоидные (0,8-2,14 % С). Чугуны бывают доэвтектическими (2,14-4,3 %С), эвтектическими (4,30 % С), заэвтектическими (4,30-6,67 % С).

Процессы, происходящие в сплавах при их фазовых превращениях, подчинены общему закону равновесия, который носит название правила фаз или закон Гиббса и выражает зависимость числа степеней свободы системы (вариантность) «С» от количества компонентов «К», фаз «Ф» и внешних переменных факторов «N» в условиях равновесия.

$$C=K-\Phi+N$$

При рассмотрении равновесия в металлических сплавах, находящихся под воздействием атмосферного давления, единственным внешним переменным фактором является температура и поэтому $N = 1$. Система железо-цементит является двухкомпонентной, то есть $K = 2$. Отсюда следует, что:

$$C=K-\Phi+1=3-\Phi$$

Для построения кривой охлаждения (или нагрева) сплава прежде всего необходимо найти на концентрационной оси диаграммы состояния координату, соответствующую содержанию углерода в сплаве. Затем из найденной точки следует восстановить перпендикуляр до области существования жидкой фазы. Кривая охлаждения (или нагрева) строится справа от диаграммы состояния в координатах температура (ось абсцисс) - время (ось ординат). Масштаб оси времени произвольный, а масштаб оси температуры такой же, как и на диаграмме состояния.

Во время охлаждения сплава в нем происходят фазовые превращения. Каждое превращение протекает за определенный промежуток времени, поэтому соответствующие им участки кривой охлаждения имеют различные углы наклона по отношению к горизонтальной оси.

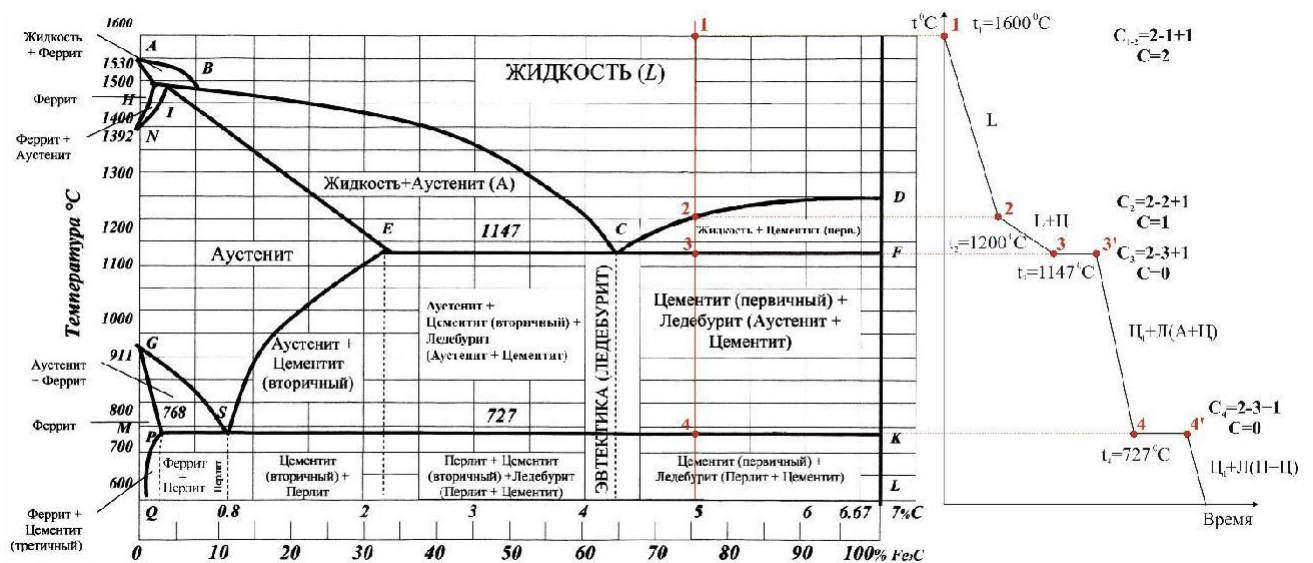


Рис. 1. Диаграмма состояния системы железо – цементит (слева) и кривая охлаждения чугуна, содержащего 5 % углерода (справа)

Чем быстрее происходит превращение, тем круче кривая. Перитектическое, эвтектическое и эвтектоидное превращения идут во времени при постоянной температуре (так как $C = 0$), следовательно им на кривой охлаждения будут соответствовать горизонтальные участки (температурные сотановки).

Построение кривой охлаждения рассмотрим на примере чугуна, содержащего 5 % углерода (рис. 1).

Восстанавливаем перпендикуляр из отметки 5 % углерода на оси абсцисс до точки 1, находящейся в области жидкого состояния сплавов. Переносим пунктиром температуру точки 1 на ось температур нашего графика. В точке 1 рассматриваемый сплав находится в жидком состоянии (то есть существует только одна фаза - жидкий раствор углерода в железе **L**), следовательно вариантность системы

$$C=2-1+1$$

При двух степенях свободы равновесие в системе не нарушается даже при одновременном изменении температуры и концентрации сплава в определенных пределах. При понижении температуры в сплаве не будет происходить никаких превращений, и температура будет падать быстро, кривая охлаждения идет круто вниз до точки 2.

Точкой 2 обозначено пересечение нашей вертикали с линией **CD** диаграммы состояния, соответствующей началу кристаллизации цементита.

Следовательно, в сплаве появляется вторая фаза - цементит, число степеней свободы уменьшается ($C=2-2+1$), кривая охлаждения станет более пологой до температуры, соответствующей следующей критической точке 3. На участке кривой 1-2 указываем фазовое состояние сплава "**L**" и число степеней свободы, равное $C=2$, соответственно на участке 2-3 фазовое состояние "**L+Ц**", а число степеней свободы $C=1$. При изменении температуры в пределах точек 2 и 3 изменяется соотношение между жидкой и твердой фазами, но равновесие не нарушается.

Точка 3 (пересечение вертикали с линией **ECF**) соответствует эвтектическому превращению, то есть совместной кристаллизации цементита и аустенита с образованием ледебурита. При этом одновременно существуют три фазы - жидкость, цементит и аустенит (в данном случае фаза аустенита входит в состав сплава ледебурита **Л (А+Ц)** в итоге **L+Ц+A**, следовательно, число степеней свободы $C=2-3+1$, и система невариантная, три фазы могут находиться

в равновесии только при строго постоянной температуре. На кривые охлаждения это отражено отрезком 3-3'.

Между точками 3 и 4 сплав имеет двухфазное состояние (аустенит и цементит). При температуре, соответствующей точке 4, в сплаве происходит эвтектоидное превращение, аналогичное эвтектическому. Отличие только в том, что в нем участвуют только твердые фазы - аустенит, цементит и феррит (феррит является одной из фаз, входящих в сплав Перлита П(Ц+Ф)). На кривые охлаждения делаем соответствующие записи.

Содержание отчета

1. Диаграмма состояния железо-цементит с обозначением критических точек и областей диаграммы.
2. Кривая охлаждения (или нагрева) сплава с заданной концентрацией углерода.
3. Описание превращений сплава.
4. Определение феррита, аустенита, цементита, перлита, ледебурита.

Контрольные вопросы

1. Что такое фаза?
2. Что называется структурной составляющей?
3. Дайте определения понятиям: феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит.
4. Что такое критическая точка?
5. Как обозначаются критические точки?
6. Что такое эвтектическое превращение?
7. Чем эвтектоидное превращение отличается от эвтектического?
8. Напишите и расшифруйте правило фаз.
9. Как строятся кривые охлаждения?

Список литературы

1. Солнцев Ю.П., Вологжанина С.А. *Материаловедение* – М.: Академия, 2009.
2. [Моряков](#) О.С *Материаловедение: учеб. для СПО* – М.: Академия, 2010.

3. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: учеб. для техникумов и колледжей. – СПб: Политехника, 2009.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

«Анализ свойств, назначения и расшифровка марок углеродистых сталей»

Цель работы: получение практических навыков при расшифровке марки стали и определении ее химического состава с применением действующих ГОСТов.

Используемая литература:

1. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки (с Изменением N 1)

2. ГОСТ 1050-2013Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей.

Общие технические условия (с Поправкой)

3. ГОСТ 1435-99 Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия.

Теоретическая часть

Маркировка сталей

Принято буквенно-цифровое обозначение сталей.

Раскисление стали.

Спокойная сталь – это сталь, у которой практически не происходит выделения газов при затвердевании слитка после его разливки. Это обеспечивается полным раскислением стали – полным удалением из нее кислорода и образованием усадочной раковины в верхней части слитка.

В полуспокойной стали выделение газов при ее раскислении подавляется не полностью, так как сталь раскисляется только частично. Степень выделения газов в этих сталях больше, чем в спокойных сталях, но меньше чем в кипящих. До начала выделения газов в слитке образуется корка слитка значительной толщины. У правильно «полураскисленного» стального слитка отсутствует усадочная раковина, но есть широко рассеянные по толщине пузыри в центральной зоне верхней части слитка. Эти пузыри, однако, завариваются при прокатке слитка. Полуспокойные стали обычно имеют содержание углерода от 0,15 до 0,30 %. Они находят широкое применение при производстве сортового проката, штрипса и труб.

Кипящая сталь характеризуется:– большой степенью выделения газов при затвердевании стали в изложнице;– заметным различием химического состава по поперечному сечению слитка и между верхней и нижней частями слитка.

Это приводит к образованию в наружной оболочке слитка относительно чистого железа и внутренней сердцевины слитка с высокой концентрацией легирующих и примесных элементов, особенно, углерода, азота, серы и фосфора, которые имеют низкую температуру плавления. Более чистую наружную часть слитка применяют при прокатке. Слитки из кипящей стали хорошо подходят для производства многих изделий, таких как плиты, листы, проволока, трубы, а также сортовой прокат с требованиями по чистоте поверхности и вязким свойствам.

Технология производства кипящих сталей ограничена максимальным содержанием углерода и марганца. Эта сталь не содержит сколько-нибудь заметных количеств сильных раскислителей, таких как алюминий, кремний или титан. Кипящая сталь является более дешевой, чем спокойная и полуспокойная, так для нее применяют только небольшое количество раскислителя, а верхняя часть слитка не отправляется в лом.

Практическая часть

1. Выбрать вариант задания из таблицы 1.
2. Для марки стали, указанной в задании, выполнить задание, согласно приложению 1 с указанием действующего ГОСТа.

Выбор варианта задания

Таблица 1

<i>№ варианта</i>	<i>Марка стали</i>		
1	Ст0	08кп	У7
2	Ст1кп	08пс	У8
3	Ст1пс	10кп	У8Г
4	Ст2кп	15 пс	У9
5	Ст2пс	25	У10
6	Ст3кп	30	У12
7	Ст3пс	35	У7А
8	Ст3сп	40	У8А
9	Ст3Гпс	45	У8ГА
10	Ст3Гсп	50	У9А
11	Ст4кп	55	У10А
12	Ст4пс	50	У12А
13	Ст4сп	60	У7
14	Ст5пс	60пп	У8
15	Ст5Гпс	15Г	У8Г
16	Ст6пс	20Г	У9
17	Ст6сп	10Г2	У10
18	Ст3пс	58	У7
19	Ст3сп	60пп	У8
20	Ст3Гпс	15Г	У8Г
21	Ст0	25Г	У9
22	Ст1кп	30Г	У10
23	Ст1пс	35Г	У12
24	Ст2кп	40Г	У7А
25	Ст2пс	45Г	У8А
26	Ст3кп	50Г	У8ГА
27	Ст3пс	50Г2	У9А
28	Ст3сп	35Г2	У10А
29	Ст3Гпс	45Г2	У12А
30	Ст0	50Г2	У7

Приложение 1

Марка стали _____ ГОСТ 380-2005

Область применения настоящего ГОСТа _____

Расшифровка маркировки (буквенные и цифровые обозначения) _____

	Массовая доля химических элементов
углерода	
марганца	
кремния	
Хрома	
никеля	
Меди	
серы	
азота	
Фосфора	
мышьяка	

Цвет несмываемой краски, наносимой на прокат при маркировке _____

Марка стали по международным стандартам ИСО 630:1995 или ИСО 1052:1982

Марка стали _____ ГОСТ 1050-2013

Расшифровка маркировки (буквенные и цифровые обозначения) _____

На какой вид металлопродукции распространяется данный ГОСТ

Химический состав стали

Класс стали	Марка стали	Массовая доля элементов, %

Режимы термической обработки заготовок (образцов) для контроля механических свойств _____

Марка стали _____ ГОСТ 1435-99

Расшифровка маркировки (буквенные и цифровые обозначения) _____

Химический состав стали

Марка стали	Массовая доля элементов, %

Твердость термически обработанной (после отжига или высокого отпуска) металлопродукции, кроме проката для сердечников, и твердость образцов после закалки

Назначение инструментальной нелегированной стали

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 «Анализ свойств, назначения и расшифровка марок чугунов»

Теоретическая часть

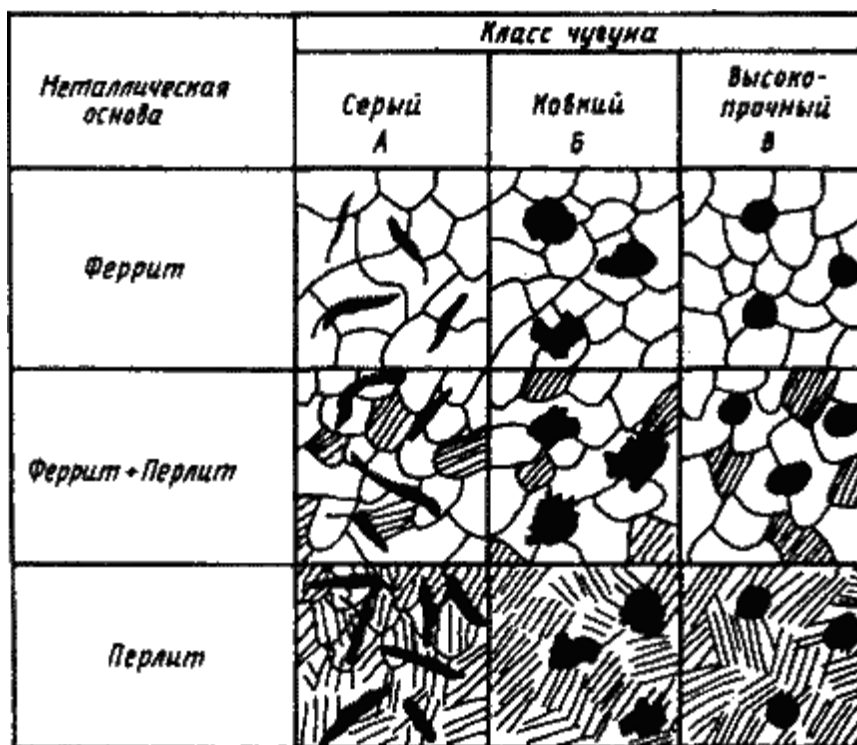
Классификация чугунов

Чугун отличается от стали: по составу – более высокое содержание углерода и примесей; по технологическим свойствам – более высокие литейные свойства, малая способность к пластической деформации, почти не используется в сварных конструкциях.

В зависимости от состояния углерода в чугуне различают:

- белый чугун – углерод в связанном состоянии в виде цементита, в изломе имеет белый цвет и металлический блеск;
- серый чугун – весь углерод или большая часть находится в свободном состоянии в виде графита, а в связанном состоянии находится не более 0,8 % углерода. Из-за большого количества графита его излом имеет серый цвет;
- половинчатый – часть углерода находится в свободном состоянии в форме графита, но не менее 2 % углерода находится в форме цементита. Мало используется в технике.

- **Строение, свойства, классификация и маркировка серых чугунов**



• Рис. 1 Схемы микроструктур чугуна в зависимости от металлической основы и формы графитовых включений

- Из рассмотрения структур чугунов можно заключить, что их металлическая основа похожа на структуру эвтектоидной или доэвтектоидной стали или технического железа. Отличаются от стали только наличием графитовых включений, определяющих специальные свойства чугунов.

- В зависимости от формы графита и условий его образования различают следующие группы чугунов: *серый* – с пластинчатым графитом; *высокопрочный* – с шаровидным графитом; *ковкий* – с хлопьевидным графитом.
- Наиболее широкое распространение получили чугуны с содержанием углерода 2,4...3,8%. Чем выше содержание углерода, тем больше образуется графита и тем ниже его механические свойства, следовательно, количество углерода не должно превышать 3,8 %. В то же время для обеспечения высоких литейных свойств (хорошей жидкотекучести) углерода должно быть не менее 2,4 %.

Влияние графита на механические свойства отливок.

Отрицательные: Графитовые включения можно рассматривать как соответствующей формы пустоты в структуре чугуна. Около таких дефектов при нагружении концентрируются напряжения, значение которых тем больше, чем острее дефект. Таким образом, касаясь *прочности*: графитовые включения пластинчатой формы в максимальной мере разупрочняют металл. Более благоприятна хлопьевидная форма, а оптимальной является шаровидная форма графита. *Пластичность* зависит от формы таким же образом. Относительное удлинение (δ) для серых чугунов составляет 0,5 %, для ковких – до 10 %, для высокопрочных – до 15%.

Наличие графита наиболее *резко снижает сопротивление при жестких способах нагружения*: удар; разрыв. Сопротивление сжатию снижается мало.

Положительные стороны наличия графита:

графит *улучшает обрабатываемость резанием*, так как образуется ломкая стружка;

- чугун имеет лучшие *антифрикционные* свойства (материалы, обладающих низким коэффициентом трения), по сравнению со сталью, так как наличие графита обеспечивает дополнительную смазку поверхностей трения;
- из-за микропустот, заполненных графитом, чугун *хорошо гасит вибрации и имеет повышенную циклическую вязкость*;
- *детали из чугуна* не чувствительны к внешним концентраторам напряжений (выточки, отверстия, переходы в сечениях);
- чугун *значительно дешевле* стали;
- производство изделий из чугуна *литьем дешевле* изготовления изделий из стальных заготовок обработкой резанием, а также литьем и обработкой давлением с последующей механической обработкой.

Основные ГОСТы на чугуны

ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки

ГОСТ 7293-85 Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки

ГОСТ 1215-79 Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2)

Практическая часть

Выбрать марки чугунов согласно своему варианту задания из таблицы 1.

Для марок чугуна, указанных в задании, оформить протокол в соответствии с приложением, пользуясь действующим ГОСТом.

Таблица 1

№ варианта	Марка чугуна		
	1	КЧ 30-6	СЧ10	ВЧ35
2	КЧ 33-8	СЧ15	ВЧ40
3	КЧ 35-10	СЧ20	ВЧ45
4	КЧ 37-12	СЧ25	ВЧ50
5	КЧ 45-7	СЧ30	ВЧ60
6	КЧ 50-5	СЧ35	ВЧ70
7	КЧ 55-4	СЧ10	ВЧ80
8	КЧ 60-3	СЧ15	ВЧ100
9	КЧ 65-3	СЧ20	ВЧ35
10	КЧ 70-2	СЧ25	ВЧ40
11	КЧ 80-1,5	СЧ30	ВЧ45
12	КЧ 30-6	СЧ35	ВЧ50
13	КЧ 33-8	СЧ10	ВЧ60
14	КЧ 35-10	СЧ15	ВЧ70
15	КЧ 37-12	СЧ20	ВЧ80
16	КЧ 45-7	СЧ25	ВЧ100
17	КЧ 50-5	СЧ30	ВЧ35
18	КЧ 55-4	СЧ35	ВЧ40
19	КЧ 60-3	СЧ10	ВЧ45
20	КЧ 65-3	СЧ15	ВЧ50

Приложение 1

Марка чугуна _____ ГОСТ 1215-79

Микроструктура металлической основы _____

Расшифровка маркировки (буквенные и цифровые обозначения) _____

Механические свойства

	Массовая доля химических элементов
C	
Si	

Наименование элемента	Массовая доля элементов, %
Mn	
P	
S	
Cr	

Марка чугуна _____ ГОСТ 1412-85

Форма графита _____

Расшифровка маркировки (буквенные и цифровые обозначения) _____

Механические свойства _____

Физические свойства чугуна

Таблица 3

Наименование элемента	Массовая доля элементов, %
C	
Si	
Mn	
P	
S	

Марка чугуна _____ ГОСТ 7293-85

Форма графита _____

Расшифровка маркировки (буквенные и цифровые обозначения) _____

Механические свойства чугуна

Способ выплавки _____

Наименование элемента	Массовая доля элементов, %
C	
Si	
Mn	
P	
S	
Cr	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

«Анализ свойств, назначения и расшифровка марок легированных сталей»

Цель работы: ознакомление с основными марками сталей, их обозначение и содержание элементов.

Порядок выполнения работы.

1. Выбрать вариант из таблицы 1 в зависимости от порядкового номера в журнале.
2. Ответить на вопросы из таблица 2 согласно своему варианту (7 тестовых вопросов и 3 вопроса по расшифровке марки стали).
3. Оформить ответы.

Таблица 1

№ варианта	Номера вопросов									
1.	1	16	19	33	34	41	50	51	71	91
2.	2	17	25	27	31	43	49	52	72	92
3.	3	18	26	29	40	42	48	53	73	93
4.	4	25	27	30	32	42	46	54	74	94
5.	5	19	21	28	31	33	37	55	75	95
6.	6	20	25	29	34	38	49	56	76	96
7.	7	21	22	28	33	36	50	57	77	97
8.	8	22	24	27	32	33	47	58	78	98
9.	9	23	25	28	31	33	48	59	79	99
10.	10	23	26	31	34	38	46	60	80	100
11.	11	24	25	33	34	35	44	61	81	101
12.	12	25	26	32	42	44	47	62	82	102
13.	13	16	26	28	29	41	48	63	83	103
14.	15	19	26	28	35	37	39	64	84	104
15.	15	20	27	29	31	34	44	65	85	105
16.	3	22	28	32	35	37	47	66	86	106
17.	5	23	29	35	36	40	45	67	87	107
18.	8	16	20	29	35	37	46	68	88	108
19.	10	16	21	26	33	38	40	69	89	109
20.	12	18	20	27	37	39	50	70	90	110

Таблица 2

№	Вопрос	Варианты ответов
1.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: хром, никель, бор	А) В, К, Г Б) Р, Н, Х В) Х, В, Р Г) Н, Х, В
2.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: вольфрам, марганец	А) Ф, М Б) М, В В) Г, В Г) Ф, Г
3.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: ванадий, медь, титан	А) Т, Ф, М Б) М, В, Т В) Т, В, Д Г) Д, Ф, Т
4.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: ниобий, кремний, вольфрам	А) Н, Ф, К Б) С, В, Н В) Б, В, С Г) Н, Ф, С
5.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: кремний, алюминий, фосфор	А) С, П, Ю Б) К, Ю, Ф В) Ф, С, А Г) Н, Ф, С Д) Р, П, Ю
6.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: хром, никель, бор	А) В, К, Г Б) Р, Н, Х В) Х, В, Р Г) Н, Х, В
7.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: ванадий, медь, титан	А) Т, Ф, М Б) М, В, Т В) Т, В, Д Г) Д, Ф, Т
8.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: хром, никель, бор	А) В, К, Г Б) Р, Н, Х В) Х, В, Р Г) Н, Х, В
9.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: ниобий, кремний, вольфрам	А) Н, Ф, К Б) С, В, Н В) Б, В, С Г) Н, Ф, С
10.	Как обозначаются следующие элементы: хром, бор, никель	А) В, К, Г Б) Р, Н, Х В) Х, В, Р Г) Н, Х, Ф Д) П, Х, Г
11.	Как обозначаются следующие элементы: марганец, хром, алюминий	А) А, Х, М Б) Х, Г, А В) Ю, Х, Г Г) Ю, Х, М

12.	Как обозначаются следующие элементы: азот, ниобий, медь	А) А, М, Н Б) А, Б, М В) Б, А, Д Г) Д, А, Н
13.	Как обозначаются следующие элементы: Кремний, марганец, медь	А) Д, Г, К Б) К, М, Д В) С, Д, Г Г) К, Г, Д
14.	Как обозначаются следующие элементы: хром, бор, никель	А) В, К, Г Б) Р, Н, Х В) Х, В, Р Г) Н, Х, Ф Д) П, Х, Г
15.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: ванадий, медь, титан	А) Т, Ф, М Б) М, В, Т В) Т, В, Д Г) Д, Ф, Т
16.	Что означает буква «Р» в стали Р6М5	А) легированная сталь Б) быстрорежущая сталь В) содержание углерода 6%
17.	Как маркируется быстрорежущая сталь	А) Х9С2 Б) ШХ9 В) Р6М5 Г) А20 Д) У12
18.	Что означает буква «С» в стали 35ХГСА	А) 0,1% углерода Б) 1% марганца В) 1% углерода Г) 1 % кремния Д) 1% хрома
19.	В стали ШХ4 число «4» означает	А) 0,4% углерода Б) 0,04% углерода В) 0,4 % хрома Г) 4 % хрома
20.	Что обозначает буква «А» в стали 30ХГСА	А) содержание 1% кремния Б) сталь автоматная В) сталь высококачественная Г) содержание 1 % углерода
21.	Как маркируют углеродистые стали	А) А12 Б) У7А В) ШХ13 Г) Р6М5 Д) 9ХС
22.	Что обозначает буква «А» в стали 30ХГСА	А) содержание 1% хрома Б) содержание 1% азота В) содержание 1% кремния Г) сталь высококачественная Д) сталь автоматная

23.	Что означает буква «Р» в стали Р6М5	А) легированная сталь Б) быстрорежущая сталь В) содержание углерода 6%
24.	Что означает «кп» в марке стали Ст4кп	А) сталь легированная Б) сталь кипящая В) сталь полуспокойная Г) содержит 0,4% углерода
25.	Что обозначает цифра «2» в стали 18Г2С	А) содержание 2% кремния Б) содержание 2% марганца В) содержание 0,2% углерода Г) содержание 0,2% марганца
26.	Что обозначает цифра «2» в стали 18Г2С	А) содержание 2% кремния Б) содержание 2% марганца В) содержание 0,2% углерода Г) содержание 0,2% марганца
27.	Что означает «сп» в марке стали Ст6сп	А) сталь легированная Б) сталь спокойная В) сталь полуспокойная Г) содержит 0,6% углерода
28.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: хром, никель, бор	А) В, К, Г Б) Р, Н, Х В) Х, В, Р Г) Н, Х, В
29.	Что означает буква «Л» в стали 20ГЛ	А) высококачественная сталь Б) 1% алюминия В) сталь литейная Г) 0,2 % углерода
30.	Как обозначаются следующие элементы в марке легированных сталей: вольфрам, марганец	А) Ф, М Б) М, В В) Г, В Г) Ф, Г
31.	Что означает буква «А» в стали 38Х2МЮА	А) содержание 1% алюминия Б) высококачественная сталь В) содержание 0,38% углерода Г) содержание 1% азота
32.	Что означает цифра 2 в стали 45ХН2МФА	А) 0,2% углерода Б) 2% никеля В) 2% молибдена Г) 2% вольфрама Д) 2% хрома

33.	Что означает буква «Р» в стали Р6М5	А) легированная сталь Б) быстрорежущая сталь В) содержание углерода 6%
34.	В стали ШХ15 число «15» означает	А) 0,15% углерода Б) 1,5% углерода В) 0,15 % хрома Г) 1,5 % хрома
35.	Цифра «2» в стали 5ХВ2СФ означает	А) 0,2 % углерода Б) 2% вольфрама В) 2 % углерода Г) 2% кремния
36.	Цифра «9» в стали Р9К5 означает	А) 0,9% углерода Б) 9% бора В) 9% кобальта Г) 9% вольфрама
37.	Цифра «5» в стали Р18К5Ф2 означает	А) 0,5% углерода Б) 5% ванадия В) 5% кобальта Г) 5% вольфрама
38.	Как маркируются рессорно-пружинные углеродистые стали	А) Сталь 10 Б) Сталь У8 В) Сталь У12А Г) Сталь 70
39.	Что означает буква «Р» в стали Р12Ф3	А) легированная сталь Б) быстрорежущая сталь В) содержание углерода 0,12%
40.	Что означает буква «Р» в стали Р9К5	А) легированная сталь Б) быстрорежущая сталь В) содержание углерода 0,9%
41.	Что означает буква Ю в стали Х12ЮС	А) 12% ванадия Б) менее 1,5% алюминия В) 0,12% алюминия Г) менее 1,5% кремния Д) 1,2% свинца

42.	Расшифруйте сталь марки У8	А) 1% углерода, 8% хрома Б) 1% углерода 0,8% ванадия В) 0,1% углерода Г) 0,8% углерода Д) 8% никеля
43.	Как маркируют углеродистые инструментальные стали	А) А12 Б) У7А В) ШХ13 Г) Р6М5 Д) 9ХС
44.	Что означает цифра «2» в стали 12Х2Н4А	А) 2% углерода Б) 2% никеля В) 0,2% хрома Г) 2% хрома
45.	Что означает буква «Ш» в стали ШХ15СГ	А) 0,15% углерода Б) сталь углеродистая В) стали подшипниковая Г) сталь получена электрошлаковым переплавом
46.	Что означает цифра «2» в стали 30ХГСН2А	А) 2% азота Б) 0,2% углерода В) 2% никеля Г) 0,2 % азота Д) 0,2 % никеля

47.	Что означает буква «Г» в стали У8Г	<p>А) высоколегированная сталь</p> <p>Б) повышенное содержание марганца</p> <p>В) 8% марганца</p> <p>Г) 0,8% углерода</p>
48.	Что означает буква «Г» в стали 9Г2Ф	<p>А) сталь высоколегированная</p> <p>Б) 0,9% углерода</p> <p>В) 2% марганца</p> <p>Г) 0,9% марганца</p>
49.	Что означает цифра «2» в стали 36Х2Н2МФА	<p>А) содержание углерода 0,2%</p> <p>Б) содержание никеля 2%</p> <p>В) содержание молибдена 2%</p> <p>Г) содержание углерода 2%</p>
50.	Что означает число «9» в стали Р9М4К8	<p>А) содержание углерода 0,9%</p> <p>Б) содержание вольфрама 9%</p> <p>В) содержание молибдена 9%</p> <p>Г) содержание хрома 9%</p> <p>Д) содержание молибдена 0,9%</p>

51.	Расшифруйте сталь 12Х2Н4А	
52.	Расшифруйте сталь Ст1пс	
53.	Расшифруйте сталь 20Х2Н4А	
54.	Расшифруйте сталь Ст2кп	
55.	Расшифруйте сталь 20ХГСА	
56.	Расшифруйте сталь Ст3Гпс	
57.	Расшифруйте сталь 20ХМФА	
58.	Расшифруйте сталь Ст6сп	
59.	Расшифруйте сталь 20ХГНР	
60.	Расшифруйте сталь 25ХГ2МФ	
61.	Расшифруйте сталь 27ХГР	
62.	Расшифруйте сталь 30ХН3А	
63.	Расшифруйте сталь 30ХГСН2А	
64.	Расшифруйте сталь 34Х2Н2М	
65.	Расшифруйте сталь 35ХГР	
66.	Расшифруйте сталь 36Х2Н2МФА	
67.	Расшифруйте сталь 38Х2МЮА	
68.	Расшифруйте сталь 40ХФА	
69.	Расшифруйте сталь 40ХН2МА	
70.	Расшифруйте сталь 40ГМФР	
71.	Расшифруйте сталь 45ХН2МФА	
72.	Расшифруйте сталь ШХ15	
73.	Расшифруйте сталь ШХ15СГ	
74.	Расшифруйте сталь ШХ4	
75.	Расшифруйте сталь У10А	
76.	Расшифруйте сталь У8Г	
77.	Расшифруйте сталь Р6М5Ф3	
78.	Расшифруйте сталь Р12Ф3	
79.	Расшифруйте сталь Р9М4К8	

80.	Расшифруйте сталь Р9К5	
81.	Расшифруйте сталь Р18К5Ф2	
82.	Расшифруйте сталь 9Х5ВФ	
83.	Расшифруйте сталь 6ХВ2С	
84.	Расшифруйте сталь 6ХВ2С	
85.	Расшифруйте сталь Х12Ф1	
86.	Расшифруйте сталь Х6ВФ	
87.	Расшифруйте сталь 8Х6НФТ	
88.	Расшифруйте сталь 5ХВ2СФ	
89.	Расшифруйте сталь 9Г2Ф	
90.	Расшифруйте сталь 12Х1	
91.	Расшифруйте сталь 9ХФМ	
92.	Расшифруйте сталь 30ХН3А	
93.	Расшифруйте сталь 30ХГСН2А	
94.	Расшифруйте сталь 34Х2Н2М	
95.	Расшифруйте сталь 35ХГР	
96.	Расшифруйте сталь 36Х2Н2МФА	
97.	Расшифруйте сталь 40ХФА	
98.	Расшифруйте сталь 38Х2МЮА	
99.	Расшифруйте сталь 40ХН2МА	
100.	Расшифруйте сталь 40ГМФР	
101.	Расшифруйте сталь 45ХН2МФА	
102.	Расшифруйте сталь ШХ15	
103.	Расшифруйте сталь ШХ15СГ	
104.	Расшифруйте сталь ШХ4	
105.	Расшифруйте сталь У10А	
106.	Расшифруйте сталь У8Г	
107.	Расшифруйте сталь Р6М5Ф3	
108.	Расшифруйте сталь Р9К5	

109.	Расшифруйте сталь Р9М4К8	
110.	Расшифруйте сталь Р12Ф3	

Список литературы

1. Солнцев Ю.П., Вологжанина С.А. Материаловедение – М.: Академия, 2009.
2. [Моряков](#) О.С Материаловедение: учеб. для СПО – М.: Академия, 2010.
3. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: учеб. для техникумов и колледжей. – СПб: Политехника, 2009.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6
«Анализ свойств, назначения и расшифровка марок цветных сплавов»

Цели практической работы:

- изучение цветных металлов и их сплавов;
- умение определять химический состав сплавов цветных металлов по их маркам;
- изучение области применения цветных металлов и их сплавов.

Выбор варианта задания.

Практическая работа состоит из двух частей: теоретической части (**задание 1 и задание 2**) и практической части (**расшифровка марок титана и сплавов меди- марка 1, марка 2, марка 3**).

Таблица 1

№ варианта	В.1	В2	В3	В4	В5	3.1	Марка 2	Марка 3
1.	1	2	5	22	26	ТГ-90	Л63	БрОФ 7-0,2
2.	2	3	10	18	27	ТГ-100	Л80	БрКМц3-1
3.	6	8	13	21	25	ТГ-130	БрОФ 6,5-0,15	ЛС74-3
4.	5	6	8	23	27	ТГ-Тв	ЛС59-1	БрАЖМц10-3-1,5
5.	1	7	15	20	24	ТГ-110	ЛЦ16К4	БрА7
6.	3	9	10	21	26	ТГ-90	БрАЖНМц9-4-4-1	ЛС58-2
7.	2	11	15	18	27	ТГ-120	Л68	БрОФ 6,5-0,15
8.	4	10	11	17	23	ТГ-Тв	БрБ2	ЛЖС58-1-1
9.	1	12	18	21	24	ТГ-90	БрА9Ж4Н4Мц1	ЛО70-1
10.	7	13	16	19	25	ТГ-120	БрА11Ж6Н6	ЛС59-1
11.	4	8	17	20	27	ТГ-130	Л63	ЛЖС58-1-1
12.	6	10	19	20	22	ТГ-150	ЛО70-1	БрА10Ж3Мц2
13.	1	3	5	19	25	ТГ-Тв	БрО6Ц6С3	Л96
14.	1	7	13	15	23	ТГ-130	ЛМцЖ52-4-1	БрА9Мц2Л
15.	2	8	15	17	24	ТГ-90	ЛО90-1	БрА9Ж3Л
16.	5	10	11	19	21	ТГ-Тв	БрО5Ц5С5	Л90
17.	4	9	17	25	27	ТГ-Тв	ЛАЖ60-1-1Л	БрО8Ц4
18.	1	11	19	20	26	ТГ-150	ЛА77-2	БрО10Ф1
19.	9	10	15	22	27	ТГ-130	БрО3Ц12С5	ЛС58-3
20.	6	7	23	25	27	ТГ-Тв	БрО3Ц7С5Н1	ЛА67-2,5

Задания к практической работе.

№	Вопрос	Вариант ответа
1.	Температура полиморфизма титана, °С	А) 950 ° С. Б) 882 ° С. В) 911 ° С. Г) 768 ° С.
2.	Алюминий, входящий в состав титановых сплавов	А) увеличивает прочность и жаропрочность Б) повышает износостойкость В) повышает пластичность
3.	Алюминиевые сплавы обладают	А) малой пластичностью, высокой прочностью Б) малой прочностью, высокой пластичностью В) высокими прочностью и пластичностью Г) низкими прочностью и пластичностью
4.	Латуни и бронзы – это сплавы на основе:	А) алюминия; Б) меди; В) цинка; Г) магния.
5.	Латунь Л80. Цифра в маркировке обозначает:	А) твёрдость; Б) временное сопротивление; В) содержание меди; Г) содержание цинка.
6.	Дуралюмины относятся к	А) деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой Б) деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой В) литейные сплавы
7.	Литейный алюминиевый сплав маркируется:	А) В96 Б) АМгЗП В) Д1 Г) АК12Д
8.	Дуралюмины -	А) подвергаются закалке и естественному старению Б) деформируют в холодном состоянии В) отливают
9.	Силумины относятся к	А) деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой Б) деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой В) литейные сплавы

10.	Из предложенных марок сплавов выберите марку свинцовистой бронзы:	А) БрА7; Б) ЛК80–3; В) БрОЦС 4–4–2,5; Г) БрС30
11.	Высокая коррозионная стойкость алюминиевых сплавов обусловлена:	А) типом кристаллической решетки; Б) наличием тонкой окисной плёнки Al_2O_3 ; В) наличием примесей; Г) легированием хромом
12.	Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой, маркируют	А) АК12Д Б) АМцС1401 В) Д16 Г) СИЛ1С
13.	Основным легирующим элементом литейных алюминиевых сплавов (силуминов) является:	А) магний; Б) титан; В) кремний; Г) медь.
14.	Магний обладает	А) высокой прочностью и пластичностью Б) высокой прочностью и малой пластичностью В) малой прочностью и пластичностью Г) малой прочностью и высокой пластичностью
15.	Магниевого сплавы бывают	А) деформируемые и литейные Б) только деформируемые В) только литейные
16.	Деформируемые латунные сплавы маркируют:	А) ЛЦ40Мц1,5 Б) БрОФ6,5–,5 В) ЛАЖ60-1-1 Г) ЛС
17.	Однофазные деформируемые α -латуни:	А) обрабатываются в холодном состоянии Б) обрабатываются при повышенных температурах
18.	Литейные латунные сплавы маркируют:	А) ЛЦ40Мц1,5 Б) БрОФ6,5–,5 В) ЛАЖ60-1-1
19.	Деформируемые магниевые сплавы маркируются	А) МЛ4 Б) МА8 В) Д1 Г) АК8
20.	Литейные магниевые сплавы маркируются	А) МЛ4 Б) МА8 В) Д1 Г) АК8
21.	Двухфазные деформируемые ($\alpha+\beta$)-латуни:	А) обрабатываются в холодном состоянии

		Б) обрабатываются при повышенных температурах
22.	Олово в латунях	А) повышает прочность Б) повышает жаропрочность В) повышает коррозионную стойкость Г) повышает пластичность
23.	В марке латуни ЛАЖ60-1-1 цифра 60 означает	А) содержание цинка Б) содержание меди В) содержание алюминия Г) содержание железа
24.	В марке латуни ЛЦ23А6Ж3Мц2 число 6 означает	А) содержание алюминия Б) содержание меди В) содержание цинка Г) содержание железа
25.	Литейные оловянные бронзы маркируют	А) БрАЖ9-4Л Б) БрО4Ц4С17 В) ЛАЖ60-1-1
26.	Бериллиевые бронзы маркируются	А) БрО4Ц4С17 Б) БрБ2 В) БрОФ6,5-0,15
27.	В марке ТГ-120, цифра 120 означает	А) твёрдость; Б) временное сопротивление; В) содержание меди; Г) содержание цинка.

Список литературы

4. Солнцев Ю.П., Вологжанина С.А. Материаловедение – М.: Академия, 2009.
5. [Моряков](#) О.С Материаловедение: учеб. для СПО – М.: Академия, 2010.
6. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: учеб. для техникумов и колледжей. – СПб: Политехника, 2009.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

«Влияние режимов термообработки на структуру и свойства стали»

Выбор задание осуществляется по списку в журнале.

Таблица 1

№ вариант а	Теоретическое задание							Практическое задание	
	1	15	16	23	26	29	32	D_{∞}	Закалка в
1	1	15	16	23	26	29	32	$D_{\infty}=30$	масле
2	2	13	17	24	27	31	33	$D_{\infty}=30$	Закалка в воде
3	3	11	18	25	28	30	34	$D_{\infty}=30$	Закалка на воздухе
4	4	9	19	23	28	29	35	$D_{\infty}=10$	Закалка в масле
5	5	8	20	24	28	31	36	$D_{\infty}=10$	Закалка в воде
6	6	10	21	25	28	30	37	$D_{\infty}=110$	Закалка на воздухе
7	7	12	22	23	27	29	38	$D_{\infty}=12$	Закалка в масле
8	6	14	22	24	27	31	39	$D_{\infty}=12$	Закалка в воде
9	5	8	21	25	27	30	39	$D_{\infty}=120$	Закалка на воздухе
10	4	9	20	23	26	29	38	$D_{\infty}=60$	Закалка в масле
11	1	10	19	24	27	31	37	$D_{\infty}=60$	Закалка в воде
12	2	11	18	25	28	30	36	$D_{\infty}=60$	Закалка на воздухе
13	3	12	17	23	26	29	35	$D_{\infty}=14$	Закалка в масле
14	4	13	16	24	27	31	34	$D_{\infty}=140$	Закалка в воде
15	5	14	18	25	28	30	33	$D_{\infty}=14$	Закалка на воздухе
16	7	15	22	23	26	29	32	$D_{\infty}=16$	Закалка в масле
17	6	10	21	24	26	29	33	$D_{\infty}=16$	Закалка в воде
18	2	11	20	25	28	29	35	$D_{\infty}=160$	Закалка на воздухе
19	3	13	19	23	28	31	37	$D_{\infty}=70$	Закалка в масле

20	6	10	22	24	27	30	39	$D_{\infty}=70$	Закалка в воде
----	---	----	----	----	----	----	----	-----------------	-------------------

Теоретическое задание

Таблица 2

№	Вопрос	Варианты ответов
1.	Дайте определение Аустенита (А)	А) твердый раствор углерода в α -железе, Б) твердый раствор углерода в γ -железе, В) химическое соединение углерода с железом)
2.	Дайте определение Перлита (П)	А) эвтектическая смесь аустенита и цементита Б) эвтектоидная смесь феррита и цементита В) аустенит образовавшийся в ходе перитектической реакции
3.	Дайте определение Мартенсита (М)	А) пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе Б) структура эвтектоидной стали, полученная при распаде около 650°C В) пересыщенный твердый раствор углерода в γ -железе
4.	Дайте определение Феррита (Ф)	А) твердый раствор углерода в α -железе, Б) твердый раствор углерода в γ -железе, В) химическое соединение углерода с железом)
5.	Дайте определение ледебурита	А) эвтектическая смесь аустенита и цементита Б) эвтектоидная смесь феррита и цементита В) аустенит образовавшийся в ходе перитектической реакции
6.	Линия ликвидус показывает	А) начало кристаллизации сплава Б) конец кристаллизации сплава В) превращение аустенита в перлит
7.	Линия солидус показывает	А) начало кристаллизации сплава Б) превращение аустенита в перлит В) конец кристаллизации сплава
8.	Точка A_{c3}	А) критическая точка при нагреве Б) критическая точка при охлаждении В) равновесная точка
9.	Точка A_{r1}	А) критическая точка при нагреве Б) критическая точка при охлаждении В) равновесная точка
10.	Игольчатая микроструктура перлита получила название	А) троостит Б) бейнит В) сорбит
11.	При отжиге нагрев производится при температуре	А) выше A_{c3} Б) выше A_{r3} В) ниже A_{c1}
12.	При отпуске нагрев производится при температуре	А) выше A_{c3} Б) выше A_{r3} В) ниже A_{c1}
13.	При закалке нагрев производится при температуре	А) выше A_{c3} Б) выше A_{r3} В) ниже A_{c1}
14.	Неполный отжиг проводится при температуре	А) выше A_{c3} Б) выше A_{r3} В) выше A_{c1} и ниже A_{c3} Г) ниже A_{c1}
15.	Нормализация проводится при температуре	А) выше A_{c3} Б) выше A_{r3} В) выше A_{c1} и ниже A_{c3}

		Г) ниже A_{c1}
16.	Кристаллическая решетка мартенсита	А) объёмноцентрированная кубическая Б) гранецентрированная кубическая В) объёмноцентрированная тетрагональная
17.	Минимальная скорость охлаждения, необходимая для переохлаждения аустенита до мартенситного превращения	А) Равновесная скорость закалки Б) Критическая скорость закалки В) Критическая скорость отжига
18.	Отпуск при 350°C - 500°C имеет структуру	А) сорбит Б) троостит В) аустенит
19.	Отпуск при 500°C - 600°C имеет структуру	А) сорбит Б) троостит В) аустенит
20.	Оптимальной температурой закалки для заэвтектоидных сталей является	А) выше $A_{c3}+30^{\circ}$ Б) выше $A_{c1}+30^{\circ}$ В) ниже A_{c1}
21.	Оптимальной температурой закалки для доэвтектоидных сталей является	А) выше $A_{c3}+30^{\circ}$ Б) выше $A_{c1}+30^{\circ}$ В) ниже A_{c1}
22.	Сколько существует способов закалки	А) 5 Б) 6 В) 7
23.	Где возникают внутренние напряжения I рода	А) между отдельными зонами сечения и частями детали Б) внутри зерна и между зёрнами В) внутри объема нескольких элементарных ячеек
24.	Где возникают внутренние напряжения II рода	А) между отдельными зонами сечения и частями детали Б) внутри зерна и между зёрнами В) внутри объема нескольких элементарных ячеек
25.	Где возникают внутренние напряжения III рода	А) между отдельными зонами сечения и частями детали Б) внутри зерна и между зёрнами В) внутри объема нескольких элементарных ячеек
26.	Диффузионный отжиг применяется в основном для	А) низкоуглеродистых сталей Б) легированных сталей В) чугунов
27.	Полный отжиг проводится для	А) Доэвтектоидных сталей Б) Заэвтектоидных сталей В) Эвтектических чугунов
28.	Неполная закалка применяется для	А) Доэвтектоидных сталей Б) Заэвтектоидных сталей В) Эвтектических чугунов
29.	Диссоциация это	А) перемещение адсорбированных атомов вглубь изделия Б) захват поверхностью детали атомов насыщающего элемента В) получение насыщающего элемента в активированном атомарном состоянии в результате химических реакций
30.	Адсорбция это	А) перемещение адсорбированных атомов вглубь изделия Б) захват поверхностью детали атомов насыщающего элемента

		В) получение насыщающего элемента в активированном атомарном состоянии в результате химических реакций
31.	Диффузия это	А) перемещение адсорбированных атомов вглубь изделия Б) захват поверхностью детали атомов насыщающего элемента В) получение насыщающего элемента в активированном атомарном состоянии в результате химических реакций
32.	Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода	А) с высоким содержанием углерода Б) легированные стали В) с низким содержанием углерода Г) чугуны
33.	Цементация бывает	А) жидкая и газовая Б) твердая и газовая В) жидкая и твердая
34.	Термическая обработка при цементации проводится	А) до цементации Б) после цементации
35.	Термическая обработка при азотировании проводится	А) до азотирования Б) после азотирования
36.	При цианировании насыщают	А) поверхность углеродом Б) поверхность азотом В) поверхность углеродом и азотом Г) всю деталь углеродом и азотом
37.	Нитроцементация это	А) жидкостное цианирование Б) газовое цианирование В) твердое цианирование
38.	Диффузионная металлизация бывает	А) жидкая, газовая Б) жидкая, газовая, твердая В) жидкая, твердая Г) Газовая, твердая
39.	При диффузионной металлизации образуются	А) растворы внедрения Б) растворы замещения

Практическое задание

Теория.

Под *прокаливаемостью* подразумевают глубину закаленной зоны.

Для практической оценки прокаливаемости пользуются величиной, которая называется *критическим диаметром* (D_K).

Идеальный критический диаметр (D_∞)- это диаметр максимального сечения, прокаливающегося насквозь в идеальной жидкости, отнимающего тепло с бесконечно большой скоростью.

Прокаливаемость является одним из основных критериев при выборе марки стали для изготовления той или иной детали. Прокаливаемость сталей зависит от химического состава, величины зерна, скорости охлаждения при закалке, температуры нагрева и других факторов.

По специальной номограмме, предложенной М. Е. Блантером, можно определить критический диаметр (максимальный диаметр образца, при котором в данном охладителе в центре образца получается мартенситная структура) в зависимости от формы тела (шар, цилиндр, брусок с разными соотношениями L/D или L/a) и охлаждающей среды (воздух, минеральное масло, вода при разной температуре, водный раствор щелочи или соли, “идеальная” охлаждающая жидкость). Все оси номограммы строятся в логарифмических координатах

На рисунке 1 приведен упрощенный вариант номограммы Блантера для определения критического диаметра при закалке цилиндра с соотношением L/D равным 4 для трех различных реальных охлаждающих сред (вода при 20°C , минеральное масло и воздух). “Идеальное охлаждение” происходит в гипотетической охлаждающей жидкости, отнимающей тепло с бесконечно большой скоростью.

Правила пользования номограммой рассмотрим на следующем примере. Примем, что в опыте по торцовой закалке мы получили расстояние от торца образца до полумартенситной зоны равным 20 мм. Отложим эту величину на шкале, помещенной в верхней части диаграммы. От найденной точки опускаем перпендикуляр до пересечения с наклонной линией, обозначенной как “идеальное охлаждение”. От точки пересечения проводим влево горизонтальную линию до пересечения с линией реальной охлаждающей среды (например, минеральное

масло). От последней точки пересечения опускаем перпендикуляр до шкалы “критический диаметр”, и получаем значение 52 мм. Попутно можем определить, что идеальный критический диаметр равен 84 мм.

Задание.

Исходя из заданного по варианту значения идеального критического диаметра с помощью номограммы (рисунок 1), приведенной ниже, определите реальный критический диаметр для закалки в воде, минеральном масле или на воздухе. Перечертите участок диаграммы и подпишите найденное значение.

Расстояние от закаливаемого торца до полумартенситной зоны

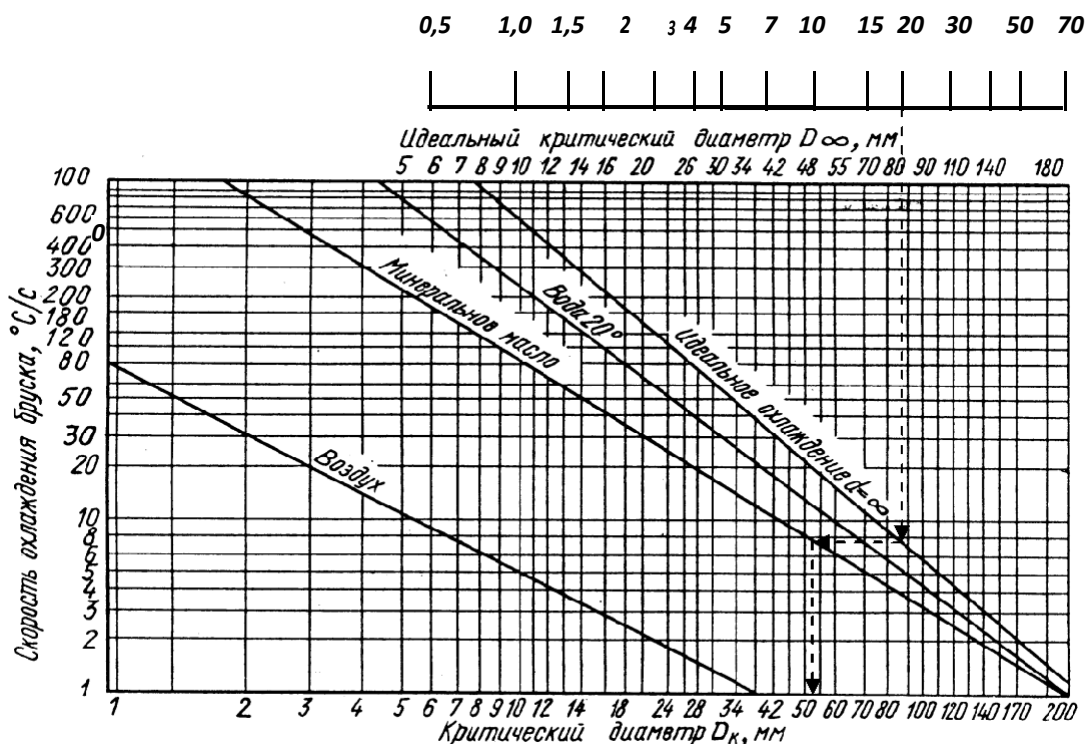


Рис. 1. Номограмма для определения прокаливаемости

Список литературы

1. Солнцев Ю.П., Вологжанина С.А. Материаловедение – М.: Академия, 2009.
2. [Моряков](#) О.С Материаловедение: учеб. для СПО – М.: Академия, 2010.
3. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: учеб. для техникумов и колледжей. – СПб: Политехника, 2009.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

«Коррозия металлов»

Цели работы

1. Определить влияние агрессивной среды на сталь.
2. Найти участки повреждения коррозией.
3. Получить изображения, сделать выводы.

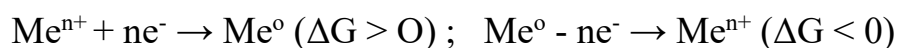
Информация для преподавателя

Получение изображения выполняется на одном приборе под присмотром учителя, обработка экспериментальных данных каждым учащимся индивидуально. Образец для исследования: корродированный стальной образец.

Общие сведения

Коррозия - это самопроизвольный процесс разрушения металлов и сплавов в результате окислительно-восстановительного (химического, электрохимического и биологического) взаимодействия их с окружающей средой.

Коррозия, являясь нежелательным процессом, приводит к регенерации из металлов их природных соединений: оксидов, сульфидов, карбонатов и др., термодинамически более устойчивых, чем чистые металлы. Энергия, затраченная на получение металлов из руд, накапливается в них в виде свободной энергии и делает их активными, термодинамически неустойчивыми, т.е. металл как бы стремится вновь перейти в то естественное состояние, в котором существует в природе. Причем, этот процесс всегда протекает самопроизвольно, с уменьшением энергии Гиббса:



металлургия

коррозия

Следовательно, термодинамическая неустойчивость является основной причиной разрушения металлов и сплавов. По знаку и величине энергии Гиббса можно судить о направлении и интенсивности коррозионных процессов.

Коррозионные процессы являются окислительно-восстановительными и протекают, как правило, на границе раздела фаз твердого вещества с газом или жидкостью, т.е. взаимодействие происходит по гетерогенному механизму. Трудно оценить тот ущерб, который наносит всему хозяйству этот разрушительный процесс. Примерно около 10% ежегодно добываемого металла расходуется на

возмещение потерь от коррозии. Ещё дороже обходятся косвенные потери, связанные с ремонтом и заменой испорченных изделий и т.д. Поэтому возникает необходимость непрерывно совершенствовать методы защиты от коррозии металлов и сплавов. А без знания причин, вызывающих коррозию металлических конструкций и изделий, невозможно вести борьбу с ней.

Классификация коррозионных процессов

Коррозионные процессы чрезвычайно многообразны и их классификация проводится по разным признакам.

1. По механизму процесса:

химическая, электрохимическая и биологическая (рис.1).

2. По условиям протекания (рис.1):

- газовая коррозия;
- коррозия в жидкостях-неэлектролитах;
- коррозия в водных растворах электролитов (солевая, кислотная, щелочная и т.п.)
- атмосферная коррозия;
- аэрационная коррозия;
- подземная коррозия;
- коррозия под действием блуждающих токов;
- коррозия под механическим напряжением.



Рисунок 1 - классификация коррозионных процессов

3. По характеру коррозионных поражений (рис.2):

- 1) равномерная;

- 2) неравномерная;
- 3) структурно-избирательная;
- 4) пятнами;
- 5) язвами;
- 6) питтинг или точками;
- 7) межкристаллитная;
- 8) транскристаллитная или ножевая;
- 9) подповерхностная.

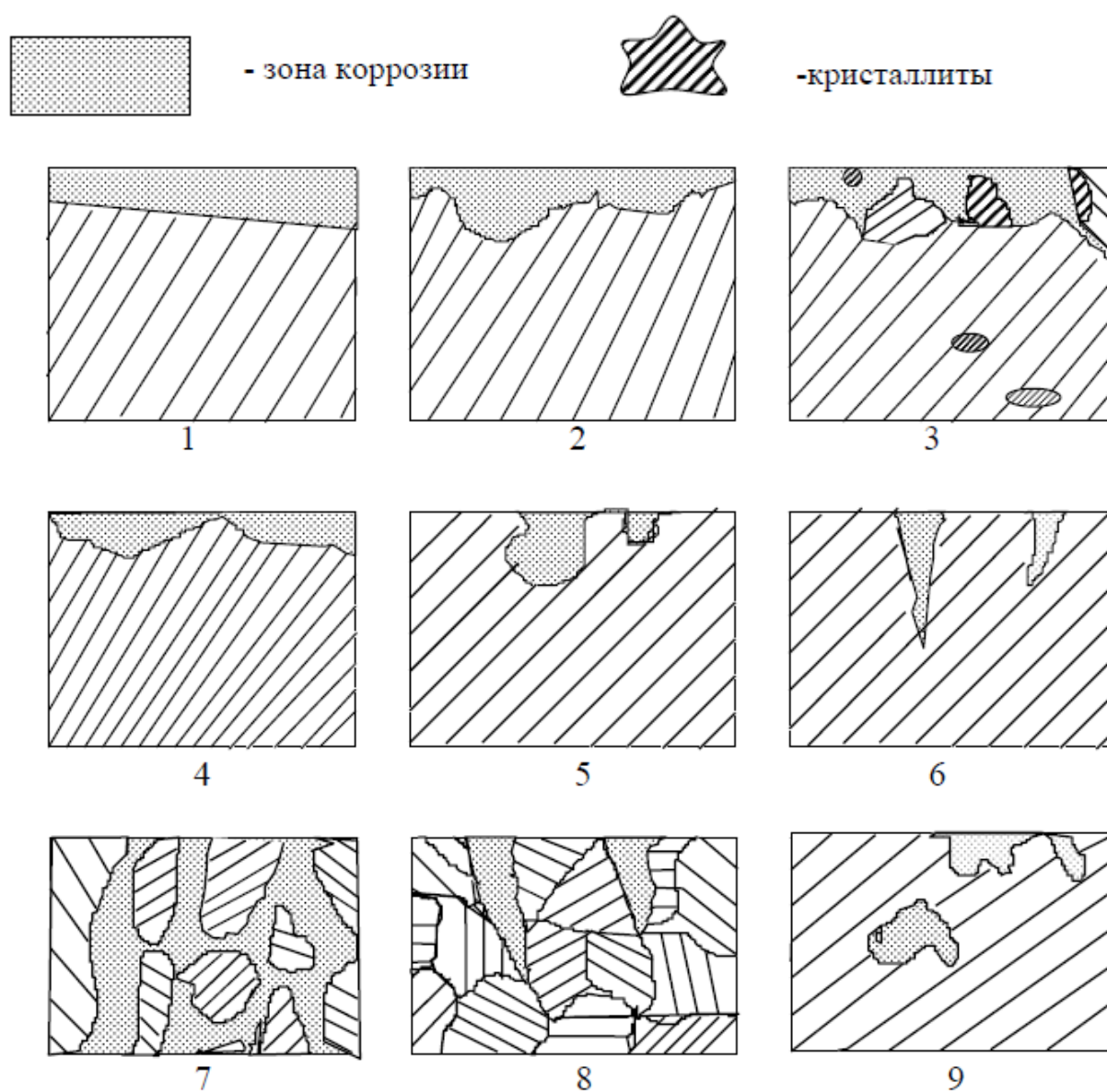


Рисунок 2 - Типы коррозионных поражений металлов



Рисунок 3 – Поверхность металла, покрытая ржавчиной

Защита от коррозии

Коррозия металлов протекает непрерывно и причиняет огромные убытки. Подсчитано, что прямые потери железа от коррозии составляют около 10 % его ежегодной выплавки. В результате коррозии металлические изделия теряют свои ценные технические свойства. Поэтому имеют очень значение методы защиты металлов и сплавов от коррозии. Они весьма разнообразны. Назовем некоторые из них.

Защитные поверхностные покрытия металлов. Они бывают металлические (покрытие цинком, оловом, свинцом, никелем, хромом и другими металлами) и неметаллические (покрытие лаком, краской, эмалью и другими веществами). Эти покрытия изолируют металл от внешней среды. Так, кровельное железо покрывают цинком: из оцинкованного железа изготавливают многие изделия бытового и промышленного значения. Слой цинка предохраняет железо от коррозии, так как хотя цинк и является более активным металлом, чем железо, он покрыт оксидной пленкой. При повреждениях защитного слоя (царапины, пробой крыш и т.д.) в присутствии влаги возникает гальваническая пара $Zn|Fe$. Катодом (положительным полюсом) является железо, анодом (отрицательным полюсом) – цинк. Электроны переходят от цинка к железу, где связываются молекулами кислорода (кислородная деполяризация), цинк растворяется, но железо остается защищенным до тех пор, пока не разрушится весь слой цинка, на

что требуется довольно много времени. Покрытие железных изделий никелем, хромом, помимо защиты от коррозии, придает им красивый внешний вид.

Создание сплавов с антикоррозийными свойствами. Введением в состав стали до 12% хрома получают нержавеющую сталь, устойчивую к коррозии. Добавки никеля, кобальта и меди усиливают антикоррозионные свойства стали, так как повышается склонность сплавов к пассивации. Создание сплавов с антикоррозионными свойствами – одно из важных направлений борьбы с коррозионными свойствами – одно из важных направлений борьбы с коррозионными потерями.

Протекторная защита и электрозащита. Протекторная защита применяется в тех случаях, когда защищается конструкция (подземный трубопровод, корпус судна), находящаяся в среде электролита (морская вода, подземные, почвенные воды и т.д.). Сущность такой защиты заключается в том, что конструкцию соединяют с протектором – более активным металлом, чем металл защищаемой конструкции. В качестве протектора при защите стальных изделий обычно используют магний, алюминий, цинк и их сплавы. В процессе коррозии протектор служит анодом и разрушается, тем самым предохраняя от разрушения конструкцию. По мере разрушения протекторов их заменяют новыми.

На этом принципе основана и электрозащита. Конструкция, находящаяся в среде электролита, также соединяется с другим металлом (обычно куском железа, рельсом и т.п., но через внешний источник тока. При этом защищаемую конструкцию присоединяют к катоду, а металл – к аноду источника тока. Электроны отнимаются от анода источником тока, анод (защищающий металл) разрушается, а на катоде происходит восстановление окислителя.

Задание

1. Получить изображение структуры корродированного металла.
2. Изучить полученное изображение, сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое коррозия металлов?
2. Какие существуют способы защиты металлов от коррозии
3. Что характеризует знак и величина энергии Гиббса?

Список литературы

1. Солнцев Ю.П., Вологжанина С.А. Материаловедение – М.: Академия, 2009.
2. [Моряков](#) О.С Материаловедение: учеб. для СПО – М.: Академия, 2010.

РАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

« Распознавание пластмасс и химических волокон»

I. Распознавание пластмасс

В пакетах под номерами даны следующие образцы пластмасс: полиэтилена, поливинилхлорида, полистирола, фенолформальдегидной пластмассы, полиметилметакрилата. Опытным путём определите каждую пластмассу.

Оборудование и реактивы: спиртовка, тигельные щипцы, стеклянная палочка, пластина из жести, пробирки, лакмусовые бумажки (красные и синие).

Первый этап работы.

Распознавание пластмасс следует начать с внешнего осмотра (цвет, твёрдость, эластичность и т. д.) Обратите внимание на то, что образцы из полиэтилена жирны на ощупь, полупрозрачны, эластичны, механически прочны, могут иметь различную окраску. Образцы из поливинилхлорида эластичны, механически прочны, могут иметь различную окраску. Полистирольные образцы прозрачны, хрупки, различной окраски. Образцы из орг. стекла прозрачны, жестки, различной окраски, механически прочны. Фенолформальдегидные пластмассы тёмных тонов (от коричневого цвета до чёрного), жестки, прочны. Изделия из целлулоида эластичны, различной окраски, имеют характерный рисунок (под мрамор, малахит). Занесите свои наблюдения в отчёт о проделанной работе.

Второй этап работы.

Определяете отношение пластмасс к нагреванию и характеру горения.

Опыт 1. Жестяную пластину с образцом полимера подержите с помощью тигельных щипцов над пламенем спиртовки. Нагревание образца ведите несколько секунд. Затем стеклянной палочкой попытайтесь изменить его форму. После остужения можно снова нагреть этот образец и снова изменить его форму. Данные эксперимента сравните с данными таблицы 1 « Распознавание пластмасс».

Опыт 2. Кусочек образца пластмассы внесите тигельными щипцами в пламя спиртовки. Когда образец загорится, выньте его из пламени и подержите над жестяной пластиной. Продолжает ли он гореть вне пламени? Каким пламенем горит? Погасите пламя, если обильно выделяется копоть. Свои наблюдения сверьте с данными

таблицы 1 « Распознавание пластмасс».

Отчёт о проделанной работе

№ образца	Внешний вид пластмассы	Отношение к нагреванию	Характер горения	Название пластмассы	Структурное звено пластмассы

II. Распознавание волокон

В пакетах под номерами находятся волокна: хлопчатобумажное, шерстяное, ацетатное, капроновое, лавсан.

Анализ волокна или образца ткани начинают с испытания путём сжигания. Пучок волокна тигельными щипцами внесите в пламя. Как только он загорится, уберите его из пламени и тщательно рассмотрите. Если волокно перестанет гореть, его снова зажигают. При этом необходимо проследить: а) с какой скоростью происходит горение, б) запах продуктов разложения, в) характер остатка после горения.

Сверьте свои наблюдения с таблицей 2. «Распознавание волокон» и заполните отчёт о проделанной работе.

Отчёт о проделанной работе

№ образца волокна	Характер горения.	Название волокна	Структурное звено волокна

Таблица 2. «Распознавание волокон»

Волокно	Сжигание
Хлопок	Горит быстро с запахом жжёной бумаги. После горения остается серый пепел.
Шерсть	Горит медленно с запахом жжёных перьев. После горения образуется хрупкий чёрный шарик, растирающийся в порошок.
Ацетатное волокно	Горит быстро, образуя нехрупкий спёкшийся тёмно-бурый шарик. Вне пламени горение постепенно прекращается.
Капрон	Плавится, образуя твёрдый блестящий шарик тёмного цвета. При горении распространяется неприятный запах.
Лавсан	Плавится, затем горит коптящим пламенем с образованием тёмного твердого блестящего шарика.
Нитрон	Горит, образуя тёмный рыхлый неблестящий шарик.

Таблица 1 « Распознавание пластмасс»

Название пластмассы	Отношение к нагреванию	Характер горения
Полиэтилен	Размягчается – можно вытянуть нить.	Горит синеватым пламенем, распространяя слабый запах горящего парафина. При горении отделяются капли. Вне пламени

		продолжает гореть.
Поливинилхлорид(полихлорвинил)	Размягчается при 60-70°С, выше 110-120°С разлагается.	Горит коптящим пламенем. Вне пламени не горит.
Полистирол	Размягчается – легко вытягиваются нити.	Горит коптящим пламенем, распространяя специфический запах. Вне пламени продолжает гореть.
Полиметилметакрилат (орг. стекло)	Размягчается.	Горит жёлтым пламенем, с синей каймой у краев, с характерным потрескиванием, распространяя резкий запах.
Целлулоид	Разлагается.	Горит очень быстро, оставляя следы золы.
Фенолформальдегидные пластмасы	Разлагается при сильном нагревании	Загорается с трудом, при горении обугливается, распространяя резкий запах фенола. Вне пламени постепенно гаснет, не размягчается.

Литература

1. Солнцев Ю.П., Вологжанина С.А. Материаловедение – М.: Академия, 2009.
2. Моряков О.С Материаловедение: учеб. для СПО – М.: Академия, 2010.
3. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: учеб. для техникумов и колледжей. – СПб: Политехника, 2009.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК
СПОСОБОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Целью работы являются расчет параметров литья и пресс-формы, выбор модели литьевой машины.

1. Общие положения

Литье под давлением – процесс получения отливок, основанный на заполнении расплавленным металлом стальных форм под давлением. Этим способом получают отливки повышенной точности, с малой шероховатостью поверхности, минимальными припусками на механическую обработку. Литье под давлением используют в основном в крупносерийном и массовом производствах для получения отливок из цинковых, алюминиевых, магниевых и медных сплавов, массой до нескольких десятков килограммов, с развитой поверхностью. Технология литья под давлением отличается кратким циклом, включает мало операций, но реализация их возможна только с применением специальных машин. Поверхностный слой отливки ($0,02 \div 0,2$ мм) получается плотным мелкокристаллическим, но пузырьки газа остаются во внутренних сечениях отливки.

В машинах с холодной горизонтальной камерой прессования (рис. 1) пресс-форма состоит из неподвижной 4 и подвижной 2 полуформ.

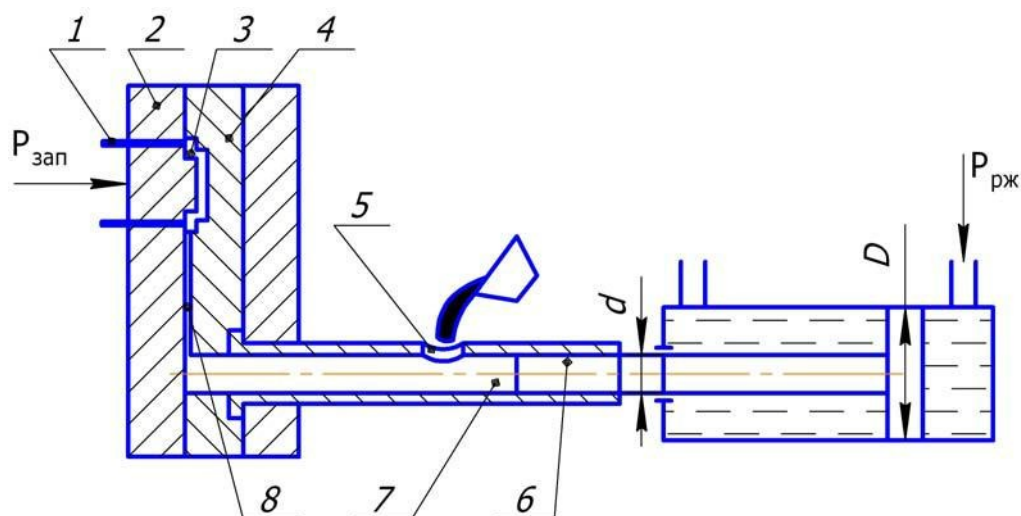


Рис. 1. Схема процесса изготовления отливок на машинах с горизонтальной холодной камерой прессования: 1 – выталкиватель; 2 – подвижная полуформа; 3 – полость пресс-формы; 4 – неподвижная полуформа; 5 – заливочное отверстие; 6 – плунжер; 7 – камера прессования; 8 – щелевой питатель.

Рабочую поверхность пресс-формы покрывают защитной смазывающейся жидкостью и затем подвижную полуформу 2 прижимают к неподвижной 4

с помощью запорного механизма машины. После этого в камеру прессования 7 заливают порцию расплава и включают механизм прессования. Плунжер 6 перекрывает заливочное отверстие 5 и создает давление в камере прессования. Расплав через тонкий (0,1 – 0,3 мм) щелевой питатель 8 заполняет полость 3 пресс-формы и затвердевает при давлении прессования 30 – 300 МПа. После затвердевания отливки отводят подвижную полуформу 2 вместе с отливкой, которая снимается выталкивателями 1. В момент заполнения полости 3 происходит гидравлический удар, стремящийся разъединить полуформы 2 и 4 пресс-формы. Для противодействия этому в машинах предусмотрены мощные устройства. Величина запирающего усилия $P_{зап}$ является главной характеристикой машин с горизонтальной холодной камерой прессования.

2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ, ПРЕСС-ФОРМЫ И ВЫБОР МАШИНЫ С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ХОЛОДНОЙ КАМЕРОЙ ПРЕССОВАНИЯ

(пример выполнения задания)

ЗАДАНИЕ. По варианту индивидуального задания (см. прилож. 1) необходимо получить отливки способом литья под давлением из сплава Бр.А9ЖЗ. Давление рабочей жидкости $P_{рж} = 150 \text{ кгс/см}^2$. Диаметр плунжера $d = 70 \text{ мм}$, диаметр поршня $D = 210 \text{ мм}$. Площадь отливки $S = 700 \text{ см}^2$, масса отливки $m = 4,5 \text{ кг}$. Необходимо выполнить расчеты параметров литья, пресс-формы и выбрать модель литьевой машины.

ВЫПОЛНЕНИЕ

1. Изобразить схему литьевой машины с обозначением позиций (см. рисунок).
2. Определение давления прессования $P_{пр}$ по формуле

$$P_{п} = P_{рж} \frac{D^2}{d^2} = 150 \frac{210^2}{70^2} = 1350 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 1350 \text{ МПа}.$$

d

3. Определение плотности сплава ρ по плотности компонентов ρ_i (прилож. 2) и их процентному содержанию a_i (прилож. 3).

$$\rho_{\text{БрА9 ЖЗ}} = \frac{\rho_{\text{Cu}} \cdot a_{\text{Cu}} + \rho_{\text{Al}} \cdot a_{\text{Al}} + \rho_{\text{Fe}} \cdot a_{\text{Fe}}}{100} = \frac{8960 \cdot 88 + 2699 \cdot 9 + 7874 \cdot 3}{100} = 8363,93 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

4. Определение толщины отливки δ

4

$$\delta = \frac{V}{S} = \frac{m}{S \cdot \rho}$$

где V – объем отливки; S – площадь отливки; m – масса отливки, ρ – плотность сплава.

$$\delta = \frac{4,5 \text{ кг} \cdot \text{м}_3}{8363,9 \text{ кг} \cdot 700 \text{ см}_2} = \frac{4,5 \cdot 10^6 \text{ см}_3}{8363,9 \cdot 700 \text{ см}_2} = 0,76 \text{ см} = 7,6 \text{ мм}.$$

5. Определение площади поперечного сечения питателя

$$S_{\text{пит}} = \frac{m}{\rho \cdot K} = \frac{4,5 \text{ кг} \cdot \text{м}_3}{8363,9 \text{ кг} \cdot 0,48 \text{ м}} = 1,12 \cdot 10^3 \text{ м}^2 = 1120 \text{ мм}^2$$

Значение коэффициента K находим по прилож. 4 при давлении прессования $P_{\text{пр}} = 135 \text{ МПа}$ ($P_{\text{пр}} > 100 \text{ МПа}$), для медного сплава, при толщине стенки $\delta = 7,6 \text{ мм}$. $K = 0,48 \text{ м}$.

6. Определение длины питателя l при ширине питателя $b = (1 \div 3) \text{ мм}$. Принимаем $b = 3 \text{ мм}$.

$$l = \frac{S_{\text{пит}}}{b} = \frac{1120}{3} = 373 \text{ мм}.$$

7. Определение скоростей впуска (течения металла в питателе) $V_{\text{вп}}$ и прессования (течения металла в камере прессования) $V_{\text{пр}}$ осуществляется по уравнению неразрывности потока:

$$V_{\text{вп}} \cdot S_{\text{пт}} = V_{\text{пр}} \cdot S_{\text{пр}}$$

Так как $S_{\text{пр}}$ – площадь поперечного сечения камеры

прессования, то $S_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$, поэтому

$$V_{\text{ПР}} = \frac{V_{\text{ВП}} \cdot S_{\text{ПИТ}}}{S_{\text{ПР}}}$$

Значение скорости выпуска $V_{\text{ВП}}$ выбирается по прилож.5 в зависимости от толщины отливки δ для различных сплавов. Выбираем $V_{\text{ВП}} = 5 \text{ м/с}$ для толщины отливки $\delta = 7,6 \text{ мм}$ из медного сплава.

Скорость прессования равна:

$$V_{\text{ПР}} = \frac{V_{\text{ВП}} \cdot S_{\text{ПИТ}}}{S_{\text{ПР}}} = \frac{4 \cdot V_{\text{ВП}} \cdot S_{\text{ПИТ}}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2}{3,14 \cdot 7^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 1,46 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

8. Проверка правильности расчета $V_{\text{ПР}}$

$$(0,5 < V_{\text{ПР}} < 120) \text{ м/с}$$

$0,5 < 1,46 < 120$ – расчет $V_{\text{ПР}}$ выполнен правильно.

9. Определения времени заполнения формы $t_{\text{ЗАП}}$

$$t_{\text{ЗАП}} = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho \cdot V_{\text{ПР}}} = \frac{4 \cdot 4,5 \text{ кг}}{3,14 \cdot 7^2 \cdot 10^{-4} \text{ м} \cdot 8363,9 \text{ м}^3 \cdot 1,46 \text{ с}} = 0,1 \text{ с.}$$

10. Проверка правильности расчета $t_{\text{ЗАП}}$

$$(0,01 < t_{\text{ЗАП}} < 0,60) \text{ с.}$$

Расчет $t_{\text{ЗАП}}$ выполнен правильно.

11. Определение площади пресс-остатка $S_{\text{ПО}}$

$$S_{\text{ПО}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7^2 \text{ см}^2}{4} = 38,5 \text{ см}^2.$$

12. Определение суммы площадей ΣS проекций отливки S и пресс-остатка $S_{\text{ПО}}$. Обычно $\Sigma S = 30 \div 6000 \text{ см}^2$

$$\Sigma S = S + S_{\text{ПО}} = 700 \text{ см}^2 + 38,5 \text{ см}^2 = 738,5 \text{ см}^2.$$

13. Определение дополнительного давления при гидравлическом ударе $\Delta P_{\text{ГУ}}$.

$$P_{\text{ГУ}} = (0,15 - 0,20) \text{ МПа или } (1,5 - 2,0) \text{ см}^{\frac{\text{КГС}}{2}}.$$

$$\text{Принимаем } P_{\text{Гу}} = 1,6 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}_2}.$$

14. Определение запирающего усилия РЗАП

$$P_{\text{ЗАП}} = \sum S(P_{\text{пр}} + P_{\text{Гу}}) = 738,5 \text{ см}^2 \cdot 1350 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}_2} + 1,6 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}_2} = 998156,6 \text{ кг} = 9981,6 \text{ кН}.$$

15. Выбор машины с горизонтальной холодной камерой прессования (см. прилож. 6) проводится по расчетным данным РЗАП, Рпр, m.

По результатам расчета РЗАП = 9981,6кН; m = 4,5кг; Рпр = 135 МПа.

Этим параметрам соответствует машина модели 711112.

$$P_{\text{ЗАП}} = 10000 \text{ кН}, m = 18 \text{ кг}; P_{\text{пр}} = 246 \text{ МПа}.$$

3. Приложения

Приложение 1

Индивидуальные задания

№ задан.	Сплав	Давление рабочей жидкости $P_{рж}$, кгс/см ²	Диаметр плунжера d , мм	Диаметр поршня D , мм	Площадь отливки, ² S , см	Масса отливки m , кг
1	ЛЦ15К4	100	80	240	750	4,0
2	ЛЦ40Мц1,5	90	80	230	700	3,5
3	ЛЦ40С	80	70	220	650	3,0
4	ЛЦ30А3	70	70	210	600	2,5
5	ЛЦ15К4	60	60	200	550	2,0
6	ЛЦ40С	50	60	190	500	1,5
7	МЛ3	95	80	235	100	1,0
8	МЛ4	85	80	225	950	0,9
9	МЛ8	75	70	215	900	0,8
10	МЛ12	65	70	205	850	0,7
11	МЛ3	55	60	195	800	0,6
12	МЛ8	45	60	185	750	0,5
13	БрС30	100	70	210	700	3,5

14	БрА9Ж3	90	70	200	650	3,0
15	БрО10Ц2	80	60	190	600	4,0
16	БрО3Ц12С5	70	60	180	600	4,0
17	БрС30	60	50	170	550	3,0
18	БрА9Ж3	50	50	160	500	2,0
19	АЛ	95	70	230	900	1,0
20	АЛ2	85	70	220	800	0,8
21	АЛ4	75	60	210	700	0,7
22	АЛ9	65	60	200	650	0,6
23	АЛ12	55	50	180	550	0,5
24	АЛ27	45	50	170	300	0,5
25	АЛ2	100	60	180	800	0,9

Плотность отдельных компонентов сплава

Элемент	Al	Mn	Mg	Si	Zn	Zr
Плотн., кг/м ³	2699	7440	1740	2330	7130	6450
Элемент	Cu	Pb	Fe	Sn	Ti	
Плотн., кг/м ³	8960	11340	7874	7290	4520	

Приложение 3

Процентное содержание компонентов сплава

Сплав	Основные комп., %	Сплав	Основные комп., %	Сплав	Основные комп., %
ЛЦ15К4	Zn – 15 Si – 4 Cu – 81	ЛЦ40Мц1,5	Zn – 40 Mn – 1,5 Cu – 58,5	ЛЦ40С	Zn – 40 Pb – 1 Cu – 59
ЛЦ30А3	Zn – 30 Al – 3 Cu – 67	АЛ	Si – 0,5 Mg – 0,5 Cu – 2 Mn – 0,7 Al – 93,6	АЛ4	Si – 10 Mn – 0,3 Al – 89,7
АЛ2	Si – 10 Al – 90	АЛ9	Si – 7 Mg – 0,3 Al – 92,7	АЛ19	Cu – 5 Mn – 0,8 Ti – 0,35

					Al – 93,85
АЛ27	Mg – 10 Ti – 0,15 Al – 89,85	МЛ3	Al – 3 Mn – 0,5 Zn – 1 Mg – 95,5	МЛ4	Al – 6 Mn – 0,4 Zn – 3 Mg – 90,6
МЛ8	Zn – 6 Zr – 1 Mg – 93	МЛ12	Zn – 5 Zr – 0,8 Mg – 94,2	БрС30	Pb – 30 Cu – 70
БрА9Ж3	Al – 9 Fe – 3 Cu – 88	БрОЦ2	Sn – 10 Zn – 2 Cu – 88	БрО3Ц12С5	Sn – 3 Zn – 12 Pb – 5 Cu – 80

Значение коэффициента k для различных сплавов

Давление прессования $R_{пр}$, МПа	Коэффициент k , м для сплавов при толщине δ , мм							
	Цинковых		Алюминиевых		Магниевых		Медных	
	1 – 4	4 – 8	1 – 4	4 – 8	1 – 4	4 – 8	1 – 4	1 – 8
от 20 до 40	3,37	2,7	3,04	2,53	2,7	2,16	3	2,4
св. 40 до 60	1,69	1,35	1,52	1,21	1,35	1,1	1,5	1,2
св. 60 до 80	1,35	1,05	1,21	0,97	1,1	0,86	1,2	0,96
св. 80 до 100	1,02	0,82	0,91	0,73	0,8	0,65	0,9	0,72
св. 100	0,68	0,54	0,61	0,49	0,54	0,43	0,6	0,48

Приложение 5

Скорость выпуска $V_{вп}$ для отливок из различных сплавов

Толщина отливки δ , мм	Скорость впуска $V_{вп}$ для отливок из сплавов, м/с			
	Цинковых	Магниевых	Алюминиевых	Медных
1,5–3	80 – 100	50–60	8–10	5 – 8
3 – 6	30–60	30–40	5 – 8	5 – 8
5-10	30–40	20–30	2 – 7	2 – 5

Машины с горизонтальной холодной камерой прессования

Модель машин	Усиление запирания пресс-форм, кН	Максимальная масса отливки из алюминиевого сплава, кг	Наибольшее	Установленная мощность, кВт
			давление прессования Р _{пр} , МПа	
711A07	1600	2,1	197	18,5
711B08	2500	3,6	189	22
711B09	4000	6,0	189	30
711A10	6300	10,0	200	50,4
711112	10000	18,0	246	63,5
71114	16000	32,0	238	65
71117	30000	42,0	200	75

Контрольные вопросы

1. Как работает машина с горизонтальной холодной камерой прессования?
2. С какой целью проводится расчет параметров процесса?
3. Назовите важнейшие характеристики процесса и машины с горизонтальной холодной камерой прессования.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

РАСЧЁТ СОСТАВЛЯЮЩИХ МОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВКИ В ПЕСЧАНО - ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ

Цель практических занятий

Целью практического занятия является закрепление и углубление теоретических и практических знаний в области технологии получения литой заготовки в песчаной форме.

1. Разработка схемы технологического процесса.

В разработку литейной технологии входят конструирование и расчёт моделей, стержней и литниковой системы.

При конструировании модели отливки сначала разрабатывают чертеж отливки. Для этого на чертёж детали (рис. 1), которая путём механической обработки будет получена из литой заготовки, наносят технологические указания, необходимые при изготовлении модели: разъём модели и формы, положение отливки в форме при заливке (рис. 1); припуски на механическую обработку, формовочные уклоны, стержни и размеры стержневых знаков (рис. 2).

Модели делают разъёмными. Плоскость разъёма проходит так, чтобы части модели (верхняя и нижняя) беспрепятственно удалялись из полуформ. Разъём модели условно обозначают буквами РМ, а разъём

литейной формы обозначают РФ. Верх и низ модели в форме обозначают соответственно В и Н. Если разъем модели и формы совпадают, то на чертеже должно быть обозначение МФ (рис. 1).

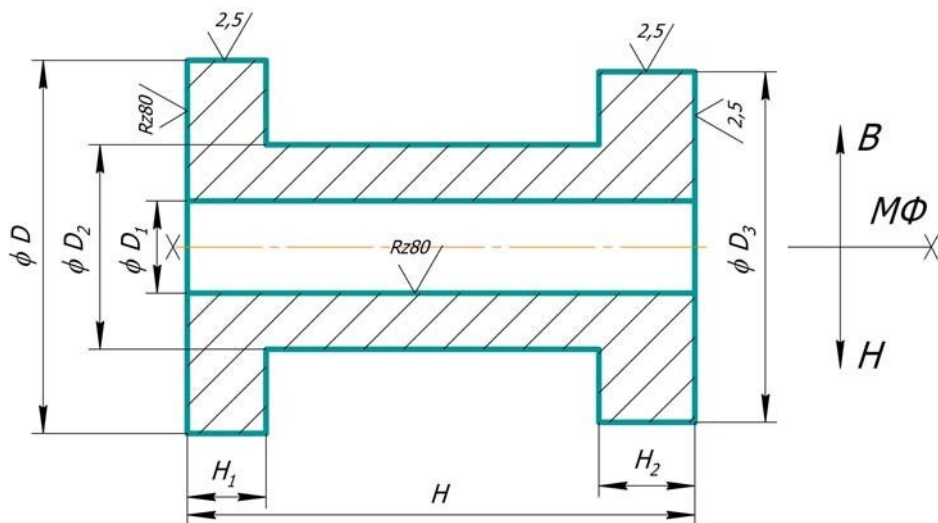


Рис 1. Чертеж детали

Припуск – слой металла (на сторону), предназначенный для снятия в процессе механической обработки отливки. Величину припусков выбирают в зависимости от материала, класса размерной точности и наибольшего размера отливки. Класс размерной точности отливок определяется по табл. 1.

Таблица 1

Классы размерной точности отливок

Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава	
	Чугун, цветные сплавы	Сталь
До 100	7Т	7
Св. 100-250	7	8
Св. 250-630	8	9Т

В зависимости от класса размерной точности отливок для каждого элемента детали по интервалу номинальных размеров определяются допуски размеров отливки (табл. 2). Допуск – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами. В зависимости от допуска, вида механической обработки и класса размерной точности назначается общий припуск на сторону в соответствии с табл. 3. Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией (рис. 2).

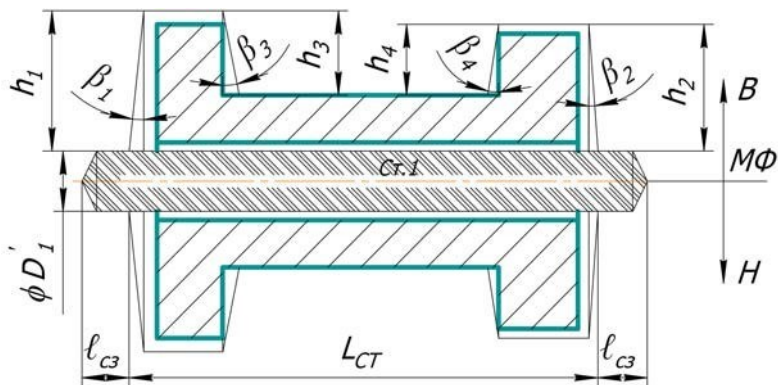


Рис. 2. Чертеж отливки с литейно-модельными указаниями

Формовочные уклоны выполняются на вертикальных поверхностях по отношению к плоскости разъема МФ сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рис. 2) по табл. 4.

Выполнить эскиз отливки с нанесением припусков на механическую обработку, уклонов, стержневых знаков, проставить размеры отливки и уклонов согласно индивидуального задания с учетом литейной усадки.

Таблица 2.

Допуски линейных размеров отливок (на сторону)

Интервал номинальных размеров, мм	Допуски размеров отливок для классов точности, мм, не более			
	7Т	7	8	9Т
До 25	0,6	0,8	1,0	1,3
Св. 25-40	0,7	0,9	1,1	1,4
Св. 40-63	0,8	1,0	1,2	1,6
Св. 63-100	0,9	1,1	1,4	1,8
Св. 100-160	1,0	1,2	1,6	2,0
Св. 160-250	1,1	1,4	1,8	2,2
Св. 250-400	1,2	1,6	2,0	2,4

Таблица 3.

Общий припуск на сторону для двух видов обработки: черновой ($R_z = 320-40$) и чистовой ($R_a = 2,5-1,25$)

Общий допуск элемента поверхности, мм	Общий припуск на сторону (мм, не более) для вида мехобработки: черновая ($R_z=80$) / чистовая ($R_a=2,5$) для классов точности		
	7Т, 7	8	9Т
Св. 0,7-0,9	1,4/1,8	1,6/2,1	1,8/2,3
Св. 0,9-1,1	1,5/2,0	1,7/2,3	1,9/2,5
Св. 1,1-1,4	1,6/2,2	1,8/2,5	2,0/2,7
Св. 1,4-1,8	1,9/2,6	2,1/3,0	2,3/3,1
Св. 1,8-2,2	2,0/3,0	2,2/3,4	2,4/3,6
Св. 2,2-2,8	2,3/3,5	2,5/3,8	2,7/3,9
Св. 2,8-3,6	2,6/4,1	2,9/4,5	3,1/4,6

Крупные отверстия и полости в отливках получают с помощью стержней. Для точной фиксации стержня в форме используют стержневые знаки, выполняемые заодно с самим стержнем. Стержни и их знаки изображают сплошной тонкой линией. Стержни в разрезе следует штриховать только у контурных линий. Модель и стержень имеют

одинаковые по конструкции стержневые знаки. Стержень на чертеже обозначают буквами «ст.». Литейные стержни изготавливают из стержневой смеси уплотнением в стержневых ящиках.

Таблица 4.

Значения формовочных уклонов

Высота h, мм	Формовочные уклоны моделей, β°	
	Металлических, пластмассовых	Деревянных
До 25	$1^\circ 10'$	$1^\circ 30'$
Св. 25-40	50'	$1^\circ 05'$
Св. 40-63	35'	45'
Св. 63-160	25'	35'
Св. 160-250	20'	25'

В зависимости от положения стержня при сборке литейной формы стержневые знаки подразделяют на горизонтальные и вертикальные. Длина горизонтальных знаков с учётом уклонов знаковых поверхностей выбирается по табл. 5.

Таблица 5.

Длина горизонтальных знаков стержней

Диаметр стержня $D_{ст}$, мм	Длина знака $l_{сз}$ (не более) при длине стержня L, мм					
	До 40	Св. 40-60	Св. 63-100	Св. 100-160	Св. 160-250	Св. 250-400
До 25	20	25	30	35	40	45
Св. 25-40	20	25	30	35	45	50
Св. 40-63	20	25	30	40	50	60
Св. 63-100	20	25	35	45	55	65

После нанесения на чертеж всех указаний приступают к изготовлению модели, размеры которой должны быть увеличены на величину литейной усадки (сталь – 2%, чугун – 1%)

Литниковая система - это система каналов и элементов литейной формы, предназначенных для спокойного равномерного, и непрерывного заполнения формы жидким металлом, а также для питания отливки жидким металлом во время её кристаллизации и охлаждения. Кроме того, она должна препятствовать попаданию в форму шлака и других неметаллических включений и не допускать разрушения формы жидким металлом. Нормальная литниковая система состоит из литниковой чаши, стояка, шлакоуловителя, питателей, выпоров (рис. 3).

Площади поперечных сечений стояка ($F_{ст}$), шлакоуловителя ($F_{шл}$) и питателей ($F_{пит}$) из соотношений: $F_{ст} : F_{шл} : F_{пит} = 1,1 : 1,3 : 1,5$ – для стали; $F_{ст} : F_{шл} : F_{пит} = 1,2 : 1,1 : 1,0$ – для чугуна.

Изготовленные на основе этих расчётов модели отливки, литниковой системы стержневой ящик позволяют получить литейную форму (рис. 4).



Рис. 3. Отливка с литниковой системой

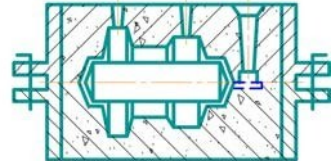


Рис.4. Литейная форма

2.

Пример выполнения упражнения

УСЛОВИЕ.

Для детали типа тела вращения (изобразить рис. 1) необходимо изготовить отливку в песчаных формах. Размеры детали, мм: $D = 150$; $D_1 = 60$; $D_2 = 90$; $D_3 = 140$; $H = 200$; $H_1 = 20$; $H_2 = 30$. Вид обработки указан на чертеже (см. рис. 1). Материал – сталь. Модельный комплект – металлический.

Необходимо следующее: определить разъем модели и формы; рассчитать общие припуски на механическую обработку; рассчитать формовочные уклоны; рассчитать размеры стержня и стержневых знаков; составить литейно-модельные указания (изобразить рис. 2).

РЕШЕНИЕ.

1. На чертеже детали (рис. 1) указываем плоскость разъема модели и формы, направление разъема В и Н.

2. Для расчета припусков на механическую обработку по табл. 1 в зависимости от наибольшего размера ($H = 200$ мм) и материала детали (сталь) определяем класс размерной точности отливки – 8. По табл. 2 в зависимости от интервала размеров и класса размерной точности (8) определяем допуски размеров отливки:

$D = 160 \rightarrow 1,6$; $D_1 = 60 \rightarrow 1,2$; $D_2 = 90 \rightarrow 1,4$; $D_3 = 140 \rightarrow 1,6$;

$H = 200 \rightarrow 1,8$; $H_1 = 20 \rightarrow 1,0$; $H_2 = 30 \rightarrow 1,1$.

По табл. 3 в зависимости от допуска элемента, вида механической обработки и класса размерной точности (8) определяем общий припуск на сторону. Если размер элемента детали указан между поверхностями,

которые не обрабатываются, то размер элемента отливки складывается из размера элемента детали и допуска размера отливки (например, D_2). Если же одна поверхность обрабатывается, а другая нет, то размер отливки определяется как сумма размера детали, общего припуска и половины допуска размера отливки (например, $H_1 = 20 + 1,7 + 0,5 = 22,2$ мм). Результаты выбора заносим в табл. 6.

3. Устанавливаем формовочные уклоны по табл. 4 в зависимости от высоты h формообразующих поверхностей и материала модельного комплекта.

$$h_1 = (D' - D'_1) : 2 = (166 - 56,4) : 2 = 54,8 \text{ (мм)}; \beta_1 = 35';$$

$$h_2 = (D'_3 - D'_1) : 2 = (146 - 56,4) : 2 = 44,8 \text{ (мм)}; \beta_2 = 35';$$

$$h_3 = (D' - D'_2) : 2 = (166 - 91,4) : 2 = 37,3 \text{ (мм)}; \beta_3 = 50';$$

$$h_4 = (D'_3 - D'_2) : 2 = (146 - 91,4) : 2 = 27,3 \text{ (мм)}; \beta_4 = 50';$$

4. Расчет размеров стержня и стержневых знаков. Диаметр стержня $D_{ст}$ выбираем по диаметру отверстия: $D_{ст} = D'_1 = 56,4$ мм. Длина стержня:

$$L_{ст} = H' + h_1 \cdot \text{tg}\beta_1 + h_2 \cdot \text{tg}\beta_2 = 205,1 + 54,8 \cdot \text{tg}35' + 43,9 \cdot \text{tg}35' = 206,1 \text{ (мм)}. \text{ Длина стержневых знаков выбирается по табл. 5 : } l_{сз} = 50 \text{ мм.}$$

Таблица 6

Размеры элементов отливки

Размер элемента детали, мм	D 160	D ₁ 60	D ₂ 90	D ₃ 140	H 200	H ₁ 20	H ₂ 30
Допуск размера отливки, мм	1,6	1,2	1,4	1,6	1,8	1,0	1,1
Общий припуск на сторону, мм	3,0	1,8	---	3,0	2,1; 3,0	1,7	2,3
Размер элемента отливки, мм	D' 166,0	D' ₁ 56,4	D' ₂ 91,4	D' ₃ 146,0	H' 205,1	H' ₁ 22,2	H' ₂ 32,85

5. По этим данным составляем чертеж литейно-модельных указаний.

Индивидуальные задания

№ задания	Размер детали							Материал отливки	Модельный комплект
	D	D ₁	D ₂	D ₃	H	H ₁	H ₂		
1	350	100	160	300	400	80	100	Чугун	Деревянный
2	300	90	140	250	350	60	80		
3	250	80	120	200	300	40	60		
4	200	70	100	180	250	30	40		
5	150	60	90	140	200	20	30		
6	100	50	70	100	150	10	20		
7	320	100	160	300	380	80	100		
8	300	90	140	260	360	60	80		
9	200	60	90	140	150	20	30		
10	150	50	70	100	100	10	20		
11	400	100	160	300	350	100	120		
12	350	90	140	260	300	80	100		
13	300	80	120	200	250	60	80		
14	250	70	100	180	200	40	60		
15	230	70	90	150	180	30	50		
16	180	60	80	120	150	20	40		
17	200	60	90	130	140	20	30		
18	150	50	70	90	90	10	20		
19	400	100	150	300	340	90	110		
20	350	90	140	250	300	80	90		
21	300	80	120	190	240	60	80		
22	100	50	70	100	150	10	20		
23	320	100	160	300	380	80	80		
24	310	90	130	250	350	60	80		
25	220	60	80	150	170	30	40		
								Сталь	Деревянный
								Металлический	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА

Цель практических занятий

Целью практических занятий является закрепление и углубление теоретических и практических знаний в области технологии изготовления деталей листовой штамповкой.

1. Общие положения

Листовая штамповка – вид обработки давлением, при котором заготовки и детали изготавливают из полученных прокаткой листа, полосы или ленты с помощью штампа. Листовой штамповкой в различных отраслях промышленности производят самые разнообразные плоские и пространственные детали массой от долей грамма до десятков килограммов и размерами, исчисляемыми от долей миллиметра до нескольких метров.

При листовой штамповке наиболее часто используют низкоуглеродистую сталь, пластичные легированные стали, алюминий и его сплавы, медь, титан и др. Кроме того, изготавливают детали из листовых неметаллических материалов – кожи, целлулоида, органического стекла, текстолита и др.

При изготовлении пространственных деталей заготовка обычно испытывает значительные пластические деформации. Это вынуждает предъявлять к материалу заготовки достаточно высокие требования по пластичности. Наибольшее распространение получила холодная (без нагрева) листовая штамповка металлических заготовок толщиной не более 10 мм. С целью уменьшения усилия деформирования детали и заготовки толщиной более 20 мм штампуют с нагревом до ковочных температур.

Штамп состоит из двух основных частей, которые при работе движутся друг относительно друга. В обеих частях располагается комплект инструмента, состоящий из пуансона и матрицы, а также вспомогательных деталей, и предназначенный для выполнения одной операции, например, вырубки. В штампе может быть один или несколько таких комплектов, располагающихся как в одной, так и в разных позициях. За один ход части штампа сходятся, сближаются и расходятся в первоначальное относительное положение. Операции выполняются обычно в период сближения частей штампа и его рабочих элементов – пуансона и матрицы. При этом на каждой позиции выполняется столько операций, сколько комплектов инструмента в ней расположено.

При листовой штамповке, как правило, пластические деформации получает лишь определенная часть заготовки. При этом обеспечивается требуемое характерное изменение геометрической формы, состояние, качество и точность поверхности пластически деформированного участка. Детали, получаемые листовой штамповкой,

имеют толщину стенок, незначительно отличающуюся от толщины исходной заготовки.

Различают две группы операций листовой штамповки – разделительные, при которых одна часть материала отделяется от другой (отрезка, пробивка, вырубка и др.) и формоизменяющие, при которых одна часть материала перемещается относительно другой без нарушения связи между ними (гибка, вытяжка, формовка и др.).

При проектировании технологического процесса изготовления деталей листовой штамповкой основной задачей является выбор наиболее рациональных операций и последовательность их применения, позволяющих получить детали с заданными эксплуатационными свойствами при минимальной себестоимости.

Рассмотрим операции, которые необходимо будет выполнить при изготовлении детали согласно индивидуальному заданию.

2. Краткое описание операций

2.1. Отрезка

Отрезка – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру на ножницах и в штампах. Отрезку чаще применяют как заготовительную операцию для разделения листа на полосы требуемой ширины. Основным типом ножниц являются ножницы с поступательным движением режущих кромок ножа (рис.1).

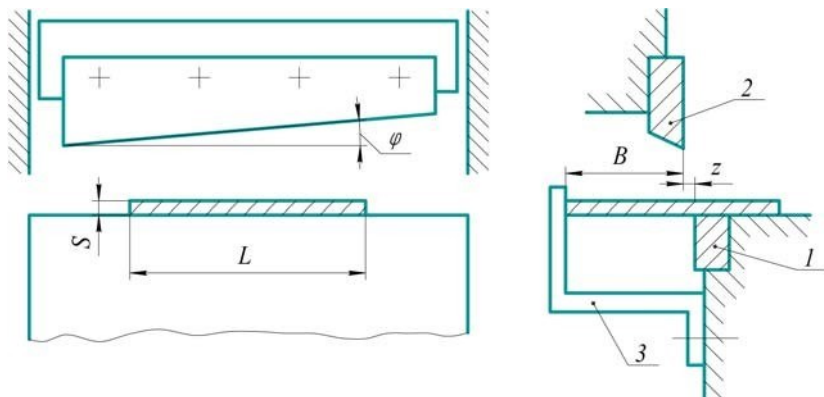


Рис.1. Схема действия ножниц

У ножниц с поступательным движением кромок нижний нож 1 неподвижен, верхний 2 перемещается вниз (рабочий ход) и вверх (холостой ход). Режущая кромка верхнего ножа может быть расположена параллельно кромке нижнего ножа, угол $\varphi = 0$ (параллельные ножницы)

или наклонно под углом $\varphi = 1 \div 5^\circ$ (гильотинные ножницы). На параллельных ножницах резание начинается одновременно по всей длине листа, усилие резания быстро вырастает и достигает больших значений, нагрузка имеет ударный характер. Параллельные ножницы дают хорошее качество среза, повышенную точность. На таких ножницах выполняют отрезку тонколистовой стали, стальной полосы, ленты и т.д. При отрезке на гильотинных ножницах благодаря наличию угла φ резание происходит только на части длины листа. Поэтому усилие резания значительно меньше, чем при отрезке того же материала на параллельных ножницах. Качество поверхности среза зависит от своевременной заточки притупившихся режущих кромок и зазора между ними.

Перед отрезкой лист укладывают на столе ножниц и подают до упора 3, который устанавливают в зависимости от требуемого размера отрезаемой полосы. Длина полосы L не должна быть больше длины ножей.

2.2. Пробивка

Пробивка – образование в заготовке отверстия или паза путем сдвига с удалением части материала в отход. При пробивке (рис.2) пуансон 1 вдавливает часть заготовки 3 в отверстие матрицы 2. В начальной стадии деформирования режущие кромки врезаются в заготовку. Происходит смещение одной части заготовки относительно другой без видимого разрушения. При определенной глубине внедрения режущих кромок в заготовку, зависящей от пластичности металла, у режущих кромок зарождается трещины. Они быстро проникают в толщу заготовки, наклонены под углом $4 \div 6^\circ$ к оси инструмента. В случае совпадения трещин поверхность среза получается сравнительно ровной.

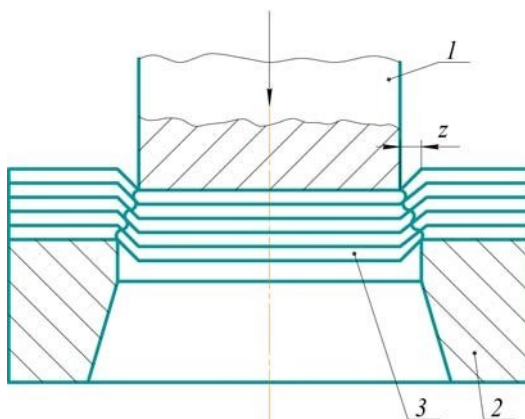


Рис.2. Схема пробивки

2.3. Гибка

Гибка – формоизменение, основное назначение которого изменение кривизны всей или части заготовки в плоскости гибки. При гибке (рис.3) пластическая деформация сосредоточивается на узком участке, контактирующим с пуансоном 1. Участки, образующие полки детали и опирающиеся на матрицу 2, деформируются упруго. В зоне пластических деформаций наружные слои растягиваются, внутренние сжимаются. У середины заготовки по ее толщине находятся слои, деформация которых равна нулю. Поэтому размеры заготовки можно определять по условию равенства длин заготовки и детали по нейтральной линии.

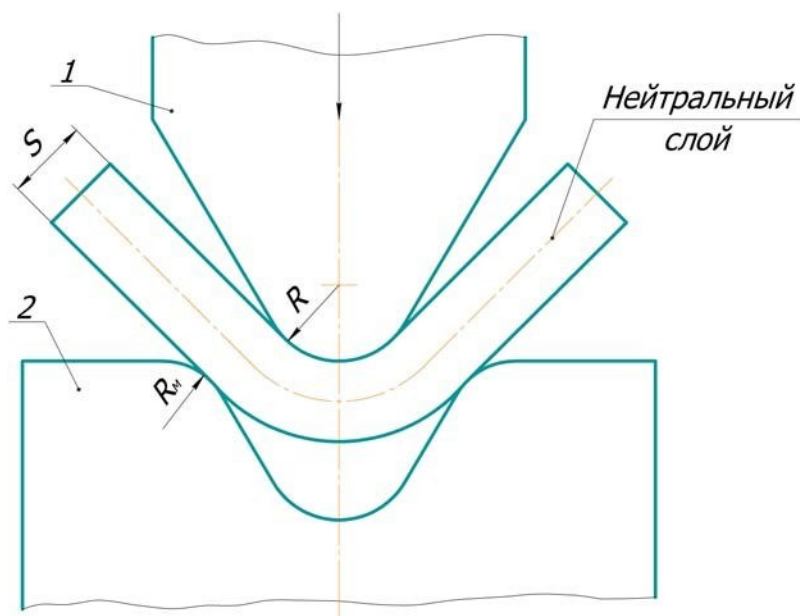


Рис.3. Схема гибки

3. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКОЙ

Условие.

Деталь типа скобы с двумя углами $\alpha = 90^{0\pm 30}$ (изобразить рис.4)

изготавливается процессами деформирования листовой заготовки из

стальной горячекатаной полосы. Размеры детали, мм: толщина полосы

$S=6$, ширина $B=28$, внутренний радиус изгиба $R=30$, длина прямолинейных участков $L_1=80$, $L_2=90$, $L_3=110$, диаметр отверстия $d=10^{+0,36}$. Марка стали – Ст.3. Необходимо следующее:

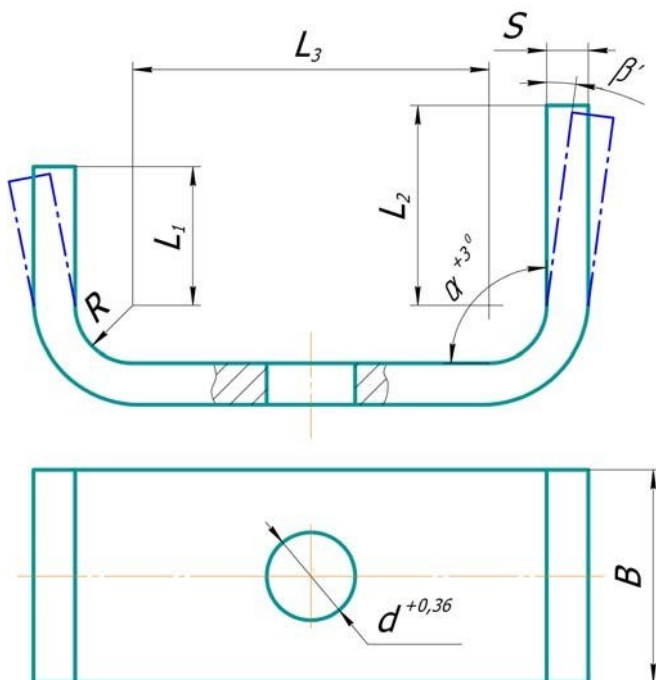


Рис. 4. Скоба

выбрать операции, требующиеся для изготовления детали;
 рассчитать длину заготовки для штамповки детали;
 определить усилие отрезки заготовки на ножницах, зазор между подвижным и неподвижным ножами;
 определить усилие пробивки отверстия в детали, зазор между пуансоном и матрицей, диаметр пуансона;
 определить усилие гибки, радиусы пуансона и матрицы, угол пружинения детали.

Решение.

1. Для изготовления детали необходимы следующие операции:
 отрезка заготовки требуемой длины от полосы, пробивка отверстия гибка, с получением двух углов 90^0 .
2. Определяем длину заготовки при гибке по формуле:

$$L = \sum L + \sum \frac{\pi \alpha^0}{180^0} (R + \chi S),$$

где $\sum L$ - суммарная длина прямых участков детали, мм;
 $\sum \frac{\pi \alpha^0}{180^0} (R + \chi S)$ - суммарная длина закругленных участков детали, мм;

$$180^0$$

α - угол изгиба, градусы;

χ - коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя (приложение 1), при $\frac{R}{S} = 30/6 = 5$ $\chi = 0,48$;

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 90^0}{180^0} (30 + 0,48 \cdot 6) = 80 + 90 + 110 + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 90^0}{180^0} (30 + 0,48 \cdot 6) = 383.$$

3. Отрезку заготовки выполняем на параллельных ножницах, которые широко используются для резки узких и толстых полос (изобразить рис.1 при $\varphi=0$). Усилие отрезки материала, кгс.

$$P = cBS\sigma_{cp},$$

где c - поправочный коэффициент, учитывающий затупление режущих кромок ножей, неравномерность толщины и ширины листового материала и др., принимаем $c=1,3$; σ_{cp} - предел прочности стали Ст.3 при срезе

(приложение 2), $\sigma_{cp} = 31$ кгс/мм²;

$$P = 1,3 \cdot 28 \cdot 6 \cdot 31 = 6770.$$

Зазор между подвижным и неподвижным ножами, мм:

$$Z = (0,03 \div 0,06)S = 0,05 \cdot S = 0,05 \cdot 6 = 0,3.$$

4. Пробивку отверстия $d = 10^{+0,36}$ выполняем рабочими элементами штампа,

установленного на прессе (изобразить рис.2). Усилие пробивки, кгс:

$$P = cUS\sigma_{cp},$$

где c - поправочный коэффициент, зависящий от затупления режущих кромок пуансона и матрицы, неравномерности толщины листового материала и др., принимаем $c=1,3$; U - периметр контура пробиваемого

отверстия, мм, $U = \pi d = 3,14 \cdot 10 = 31,4$, где d - диаметр пробиваемого

отверстия, мм; σ_{cp} – предел прочности стали Ст.3 при срезе (см. приложение 2), $\sigma_{cp} = 31 \text{ кгс} / \text{мм}^2$;

$$P = 1,3 \cdot 31,4 \cdot 6 \cdot 31 = 7593.$$

Зазор между пуансоном и матрицей, мм:

$$Z = (0,05 \div 0,1)S = 0,075 \cdot S = 0,075 \cdot 6 = 0,45.$$

Диаметр пуансона принимаем равным наибольшему предельному размеру отверстия, мм:

$$d_n = 10,36$$

5. Гибку детали 1 с получением двух углов 90^{0+3° выполняем в штампе на прессе (изобразить рис.5). Радиус скругления рабочей кромки пуансона 2

принимаем равным внутреннему радиусу изгиба $R_n = R = 30 \text{ мм}$. Радиус

скругления рабочей кромки матрицы 3 $R_n = (2 \div 6)S = 4 \cdot S = 4 \cdot 6 = 24 \text{ мм}$.

Усилие гибки Π – образных деталей при одновременном образовании двух углов 90° и прижмем материала, кгс:

$$P = 1,6BS\sigma K,$$

где

σ_s – предел прочности материала при растяжении (приложение 3),

$\sigma_s = 45 \text{ кгс/мм}^2$; K_2 – коэффициент, зависящий от радиуса пунсона R_n ,

радиуса матрицы R_m и толщины заготовки S (приложение 4), при $R_m/S = 24/6 = 4$, $R_n/S = 30/6 = 5$, $K_2 = 0,12$.

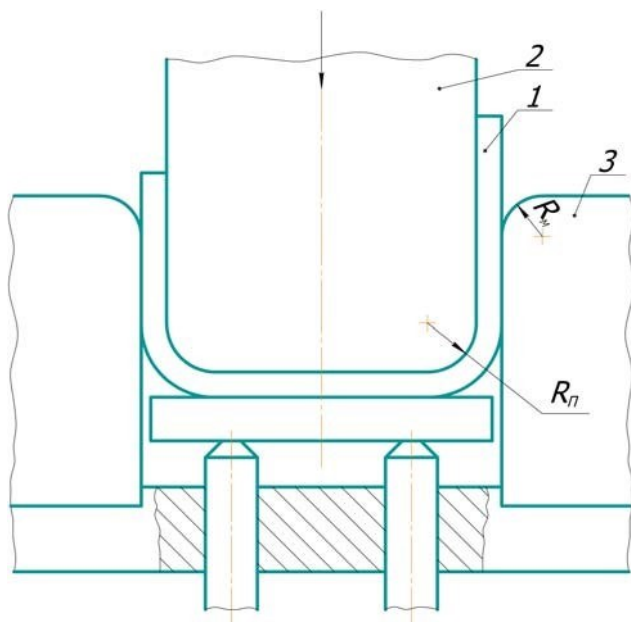


Рис.5. Схема гибки детали

$$P = 1,6 \cdot 28 \cdot 6 \cdot 45 \cdot 0,12 = 1452.$$

Угол пружинения, $\beta = 1^\circ$

при

гибк

е на угол $\alpha = 90^\circ$

(см. приложение 5), для $\sigma = 45 \text{ кгс/мм}^2$, отношения $R/S = 30/6 = 5$ и

$S = 6 \text{ мм}$, то есть находится в пределах допуска 3° на угловое отклонение.

После определения действующих усилий при отрезке, пробивке и гибке с учетом линейных технологических параметров выбирают необходимые листовые ножницы и кривошипные прессы.

Индивидуальные задания по листовой штамповке

№№ заданий	Размеры детали, мм (см. рис.4)							Материал детали
	S	B	$d^{+0,36}$	L_1	L_2	L_3	R	
1	4	18	6	10	25	70	20	Стали: БСт.1
2	4	20	6	15	30	80	20	БСт.2
3	4	22	6	20	35	90	20	БСт.3.
4	4	25	6	25	40	100	20	БСт.4.
5	4	28	6	30	45	110	20	08кп
6	5	18	7	35	50	120	25	10кп
7	5	20	7	40	55	130	25	10
8	5	22	7	45	60	140	25	15
9	5	25	7	50	65	150	25	20
10	5	28	7	55	70	160	25	25
11	6	18	8	60	75	170	30	30
12	6	20	8	65	80	180	30	35
13	6	22	8	70	85	190	30	40
14	6	25	8	10	30	80	30	БСт.1
15	6	28	8	15	35	90	30	Ст.2
16	4	18	9	20	40	100	20	Ст.3
17	4	20	9	25	45	110	20	Ст.4
18	4	22	9	30	50	120	20	08кп
19	4	25	9	35	55	130	20	10кп
20	4	28	9	40	60	140	20	10
21	5	18	10	45	65	150	25	15
22	5	20	10	50	70	160	25	20
23	5	22	10	55	75	170	25	25
24	5	25	10	60	80	180	25	30
25	5	28	10	65	85	190	25	35

Приложение 1

Значение коэффициента χ для определения размеров стальных заготовок при холодной гибке в зависимости от отношения R/S при $\alpha = 90^\circ$

R/S	1	1,2	1,5	2	3	4	5	10
χ	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,50

Приложение 2

Предел прочности при срезе $\sigma_{ср}$ различных мягких (отожженных) сталей

Материал	$\sigma_{ср}$, кгс/мм ²	Материал	$\sigma_{ср}$, кгс/мм ²
Стали:		Стали:	
БСт.1	26	08кп	22
БСт.2	27	10кп; 10	25
БСт.3	31	15	28
БСт.4	34	20	32
Ст.1	26	25	34
Ст.2	27	30	36
Ст.3	31	35	40
Ст.4	34	40	45

Приложение 3

Предел прочности при растяжении σ_e различных отожженных сталей

Материал	σ_e , кгс/мм ²
1	2
Сталь с содержанием углерода, %	
(БСт.1) 0,06-0,12 %	31-41

1	2
(БСт.2) 0,09-0,15 %	33-43
(БСт.3) 0,14-0,22 %	37-48
(БСт.4) 0,18-0,27 %	41-53
(Ст.1) 0,06-0,12 %	31-41
(Ст.2) 0,9-0,15 %	33-43
(Ст.3) 0,14-0,22 %	37-48
(Ст.4) 0,18-0,27 %	41-53
(08кп) 0,05-0,12 %	27
(10кп) 0,07-0,14 %	27
(Сталь 10) 0,07-0,14 %	29
(Сталь 15) 0,12-0,19 %	32
(Сталь 20) 0,17-0,24 %	37
(Сталь 25) 0,22-0,30 %	40
(Сталь 30) 0,27-0,35 %	43
(Сталь 35) 0,32-0,40 %	48
(Сталь 40) 0,37-0,45 %	52

Приложение 4

Коэффициент K_2 в зависимости от R_m/S и R_n/S

R_m/S	R_n/S	K_2	R_m/S	R_n/S	K_2	R_m/S	R_n/S	K_2	R_m/S	R_n/S	K_2			
5	5 3 2 1 0,5	0,11 0,14 0,17 0,21 0,25	3	2	0,20	2	5	0,14	1	2	0,26			
				1	0,25		3	0,19		1	0,35			
				0,5	0,31		2	0,23		0,5	0,47			
			2,5	5 3 2 1	0,13 0,18 0,22 0,28		1	0,30		0,5	5	0,15	5	0,17
							5	0,36			3	0,23		
							0,5	0,36			2	0,29		
	1	5	0,15	1	0,41									

4	$\frac{5}{3}$	$\frac{0,12}{0,16}$	0,5	0,34		3	0,21		0,5	0,54
---	---------------	---------------------	-----	------	--	---	------	--	-----	------

Угол пружинения β° деталей при гибке на угол 90°

Материал	Отношение R/S	Толщина материала, мм	
		0,8-2	>2
Сталь $\sigma_{\epsilon} < 40 \text{ кгс} / \text{мм}^2$	<1	2	0
	1÷5	3	1
	>5	4	2
$\sigma_{\epsilon} = 40 \div 55 \text{ кгс} / \text{мм}^2$	<1	2	0
	1÷5	3	1
	>5	5	3

Целью практического занятия является закрепление и углубление теоретических и практических знаний в области технологии получения сварного соединения ручной дуговой сваркой.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

1. Общие положения

Ручную дуговую сварку выполняют обычно плавящимися сварочными электродами, которые вручную подают в зону дуги и перемещают вдоль заготовки. Электроды представляют собой проволочные стержни с нанесенными на них покрытиями. В состав покрытий входят ионизирующие, газообразующие, шлакообразующие, легирующие и связывающие компоненты. Выбор типа и марки электрода осуществляется в зависимости от механических свойств металла заготовки, например, по временному сопротивлению разрыву σ_B (табл. 1).

Таблица 1

Электроды металлические для дуговой сварки конструкционных сталей

Тип электрода	Марка электрода	Временное сопротивление разрыву металла шва σ_B , МПа	Род тока	Коэффициент наплавки a_n , г/(А·г)	Основное назначение
1	2	3	4	5	6
Э42	ОМА-2	420	Постоянный и переменный	10,0	Сварка углеродистых и низколегированных сталей с σ_B до 500 МПа
Э46	АНО-3	460	" "	8,5	
Э50	УОНИ-13/55	500	" "	9,0	
Э55	УОНИ-13/55У	550	Постоянный обратной полярности	9,5	Сварка углеродистых и низколегированных сталей с $\sigma_B = 500 \dots 600$ МПа
Э60	УОНИ-13/56	600	" "	9,8	

Окончание табл. 1


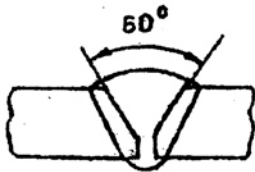
1	2	3	4	5	6
Э70	ЛКЗ-70	700	-''-	9,5	Сварка легированных сталей с σ_s свыше 600 МПа
Э85	УОНИ-13/85У	850	-''-	10,0	
Э100	ЦЛ-19	1000	-''-	9,0	
Э125	НИАТ-3М	1250	-''-	10,0	
Э150	НИАТ-31	1500	-''-	10,0	


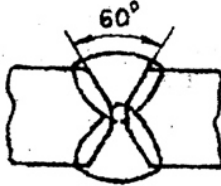
Полная информация о технологических свойствах (назначение, тип, вид покрытий; род тока, допустимые пространственные положения и др.) электродов указываются на упаковках с электродами.

Перед сваркой кромки заготовок подвергают соответствующей подготовке, заключающейся в разделе кромок под углом, притуплении и установке зазора. Форма разделки кромок определяется толщиной свариваемого металла по табл.2. Скошенные кромки притупляют, чтобы предотвратить сквозное проплавление (прожог) корня шва. Для лучшего провара между свариваемыми кромками оставляют зазор.

Таблица 2

Рекомендации по выбору характера сварного шва, формы поперечного сечения, подготовки кромок и сварного шва

Предельная толщина свариваемых заготовок, мм	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения подготовленных кромок и сварного шва	Буквенно-цифровое обозначение сварного шва
4	Односторонний	 <p>Без скоса кромок</p>	С 2
8	Односторонний	 <p>V-образная подготовка кромок</p>	С 17

7	Двусторонний	 <p data-bbox="508 386 692 410">Без скоса кромок</p>	С7
20	Двусторонний	 <p data-bbox="479 656 748 704">X – образная подготовка кромок</p>	С25

Структура условного обозначения сварного шва включает обозначение стандарта (например, для ручной дуговой сварки – ГОСТ 5264-80) и буквенно-цифровое обозначение сварного шва по табл.2.

ГОСТ 5264-80	С25
--------------	-----

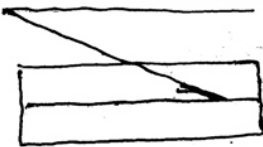


Рис. 1. Структура условного обозначения шва с X – образной разделкой кромок

2. Расчет параметров режима ручной дуговой сварки

2.1. Выбор диаметра электрода d , и силы сварочного тока осуществляется в зависимости от толщины заготовки по табл.3.

2.2. Напряжение на дуге U_g находится в пределах 25...28В.

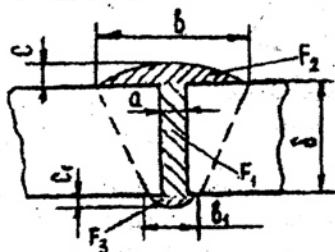
$$U_g = 25...28В.$$

Таблица 3

Выбор диаметра электрода и силы сварочного тока

Толщина заготовки δ , мм	2	3-4	5-6	7-8	10	12
Рекомендуемый диаметр электрода d_e , мм	2,5	3-4	4	5	6	6
Сила тока $I_{с.в.}$, А	45-70	100-200	200-240	240-300	280-340	300-360

2.3. Площадь поперечного сечения наплавленного металла определяется по рис.2, а размерных эмпирических соотношений между элементами шва – по табл.4.

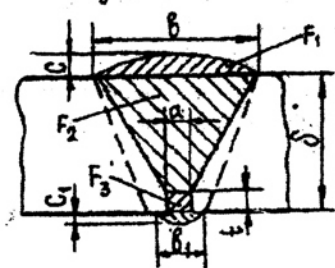


а – шов без разделки кромок:

$$F_{\text{нм}} = F_1 + F_2 + F_3 = \delta \cdot a + 2/3b \cdot c + 2/3b_1 \cdot c_1;$$

δ – толщина, мм;

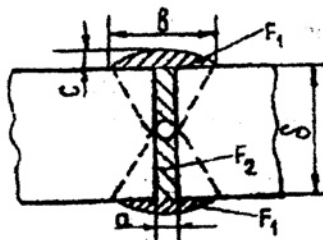
a – зазор, мм;



б – шов V-образной разделкой кромок:

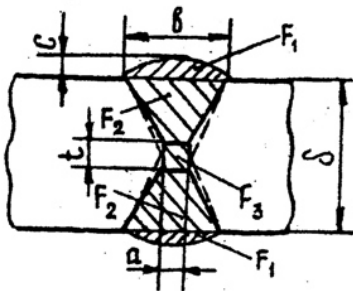
$$F_{\text{нм}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 2/3b \cdot c + 1/2(b+a)(\delta-t) + t \cdot a + 2/3b_1 \cdot c_1;$$

t – притупление, мм;



в – шов двусторонний без скоса кромок:

$$F_{\text{нм}} = 2F_1 + F_2 = 2 \cdot 2/3b \cdot c + \delta \cdot a$$



г- шов двусторонний с X-образной разделкой кромок

$$F_{\text{ш}} = 2F_1 + 2F_2 + F_3 = \\ = \frac{4}{3}b \cdot c + \frac{1}{2}(b+a)(\delta-t) + t \cdot a$$

Рис.2. Площадь поперечного сечения наплавленного металла и сварного шва

Таблица 4

Размерные эмпирические соотношения конструктивных элементов сварного шва, мм

Толщина заготовки	3-5	5-8	8-11	11-14	14-17	17-20
b	8	12	16	19	22	26
c	2	2	2	2	2	3
c ₁	1	1	1	2	2	2
t	1	1	2	2	3	3
a	1	1	1	2	2	2
v ₁	3	3	3	3	3	3

2.4. Площади поперечного сечения направленного металла за один проход для первого прохода F_n^1 и для последующих проходов F_n определяются по эмпирическим формулам в зависимости от диаметра электрода d:

$$F_n^1 = (6-8) \cdot d, \text{ мм}^2 \quad (1)$$

$$F_n = (8-12) \cdot d, \text{ мм}^2 \quad (2)$$

2.5. Количество проходов определяется по формуле

$$n = \frac{F_{\text{ш}}^1 - F_n^1}{F_n} + 1 \quad (3)$$

2.6. Скорость сварки $V_{\text{ср}}$ определяется из выражения, в котором

коэффициенты перевода учтены

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{\gamma \cdot F_{\text{нм}}}, \text{ м/ч}, \quad (4)$$

где α_n – коэффициент наплавки (принимается по табл.1);

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока (принимается по табл.3);

$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ – плотность стали.

2.7. Масса наплавленного металла G_n определяется по формуле

$$G_n = F_{\text{нм}} \cdot l \cdot \gamma, \text{ г}, \quad (5)$$

где $F_{\text{нм}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла в см^2 ; l – длина шва в см.

2.8. Время сварки изделия $t_{\text{св}}$

$$t_{\text{св}} = \frac{G_n}{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}, \text{ ч}. \quad (6)$$

2.9. Производительность G дуговой сварки

$$G = \alpha_n \cdot I_{\text{св}}, \text{ т/ч}. \quad (7)$$

2.10. Расход G электродов

$$G_3 = (1,6 - 1,8) G_n, \text{ г}. \quad (8)$$

2.11. Количество электроэнергии W , идущей на сварку изделия

$$W = I_{\text{св}} \cdot U_0 \cdot t_{\text{св}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (9)$$

3. Выбор источника питания сварочной дуги

Выбор источника питания производится по табл.5 в зависимости от рода тока, рекомендованного в соответствии с маркой электрода, силы сварочного тока и КПД.

Таблица 5

Источник питания сварочной дуги

Тип	Напряжение питающей сети, В	Пределы регулирования сварочного тока, А	КПД, %
1. Трансформаторы сварочные			
ТД-300У2	220, 380	60 – 385	85
ТД-306	220, 380	90 – 300	76
ТД-500У2	220, 380	90 – 650	87

1	2	3	4
2. Выпрямители сварочные			
ВД-300.2У2	220, 380	50-315	72
ВД-300У3	220, 380	50-315	70
ВД-502У3	220, 380	50-500	90
3. Преобразователи сварочные			
ПСО-300-2У2	380	115-315	54
ПД-305	380	40-350	60
ПД-501У2	380	140-500	59

4. Пример выполнения упражнения (задания в табл. 6)

Условие. Для ручной дуговой сварки стыкового шва заготовок толщиной $\delta = 12$ мм и длиной $l = 400$ мм из углеродистой стали обыкновенного качества с временным сопротивлением разрыву $\sigma_B = 410$ МПа необходимо выбрать тип и марку электрода, рассчитать режим сварки и выбрать источник питания сварочной дуги.

Решение:

- По временному сопротивлению σ_B (табл. 1) находим тип и марку электрода. Тип электрода Э42, марка электрода ОМА-2, род тока постоянный и переменный.
- По табл. 2 выбираем характер сварного шва и форму поперечного сечения подготовленных кромок и сварного шва – двусторонний сварной шов с X – образной подготовкой кромок.
- В соответствии с рекомендациями по условному обозначению стандартного шва выполняем эскиз сварной заготовки и форму поперечного сечения подготовленных кромок и сварного шва (рис.1 и рис. 2,г).
- По табл. 3 выбираем диаметр электрода и силу тока.
 $d_e = 6$ мм. $I_{св} = 300$ А.
- Напряжение на дуге при ручной дуговой сварке – $U_d = 25 - 28$ В.
Принимаем $U_d = 26$ В.
- Находим площадь поперечного сечения наплавленного металла (по рис. 2г).

$$F_{\text{нн}} = \frac{4}{3} \cdot bc + \frac{1}{2} (b + a) (\delta - t) + t \cdot a = \frac{4}{3} \cdot 19 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot (19 + 2) (12 - 2) + 2 \cdot 2 = 66,6 \text{ мм}^2$$

Значения a, b, c, t принимаем по табл. 4.

7. Находим площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход для первого прохода по формуле (1)

$$F_n = (6 - 8)d, = 6 \cdot 6 = 36 \text{ мм}^2$$

Для последующих проходов

$$F_n = (8 - 12)d, = 10 \cdot 6 = 60$$

8. Определяем по формуле (3) количество проходов

$$n = \frac{F_{\text{нн}} - F_n}{F_n} + 1 = \frac{67 - 36}{60} + 1 = 1,51$$

Принимаем 2 прохода по 1 проходу с каждой стороны.

9. Определяем скорость сварки по формуле (4)

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{\lambda \cdot F_{\text{нн}}} = \frac{10 \cdot 300}{7,8 \cdot 67} = 5,75 \text{ м/ч.}$$

$\alpha_n = 10 \text{ г / (А ч)}$ – коэффициент наплавки по табл. 1;

$\gamma = 7,8 \text{ г / см}^3$ – плотность стали.

10. Определяем массу наплавочного металла по формуле (5)

$$G_n = F_{\text{нн}} \cdot l \cdot \gamma = 0,67 \cdot 40 \cdot 7,8 = 209$$

11. Определяем время сварки по формуле (6)

$$t_{\text{св}} = \frac{G_n}{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}} = \frac{209}{10 \cdot 300} = 0,07 \text{ ч}$$

12. Определяем производительность сварки по формуле (7)

$$G = \alpha_n \cdot I_{\text{св}} = 10 \cdot 300 = 3000 \text{ г / ч}$$

13. Расход G электродов определяем по формуле (8)

$$G = (1,6 - 1,8)G_n = 1,7 \cdot 209 = 355 \text{ г.}$$

14. Количество электроэнергии W, идущей на сварку изделия, определяем по формуле (9)

$$W = I_{\text{св}} \cdot U_q \cdot t_{\text{св}} \cdot 10^{-3} = 300 \cdot 26 \cdot 0,07 \cdot 10^{-3} = 0,546 \text{ кВт.ч.}$$

15. Выбор источника питания сварочной дуги проводим по табл. 5.

Выбираем источник переменного тока ТД 300У2.

Таблица 6

Индивидуальные задания

№ задания	Заготовка			
	Толщина δ , мм	Длина шва l , мм	Материал	Временное сопротивление разрыву σ_B , МПа
1	6	300	Углеродистая сталь обыкновенного качества	300
2	8	400		340
3	7	500		380
4	5	300		420
5	6	400		460
6	10	500		490
7	5	400		540
8	12	600		600
9	9	500	Углеродистая качественная конструкционная сталь	380
10	13	600		420
11	10	700		460
12	12	500		490
13	8	600		510
14	4	500		560
15	6	600		580
16	12	500		600
17	3	900	Легированная конструкционная сталь	620
18	4	1100		680
19	5	1000		720
20	9	800		780
21	11	700		880
22	14	900		880
23	16	700		950
24	18	600		1000

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14
ТЕХНОЛОГИЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

1. Обработка на токарных станках

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

Основными движениями в металлорежущих станках являются движения резания, обеспечивающие срезание с заготовки слоя металла, включающие главное движение и подачу. Главным называется движение, которое служит непосредственно для отделения стружки. Количественно оно оценивается скоростью резания, обозначаемой буквой V , с размерностью м/с (м/мин). При токарной обработке - это вращение заготовки. Подача - движение, обеспечивающее непрерывное врезание режущего инструмента в новые слои материала обрабатываемой заготовки. Подача обозначается буквой S с индексом, указывающим направление: $S_{пр}$ - продольная, S_n - поперечная подача. При токарной обработке подачей является поступательное движение суппорта. Размерность подачи мм/об.

Обработка заготовки на токарном станке называется токарной операцией. Операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая рабочим на одном рабочем месте над определенной деталью. Простейшим элементом технологической операции является переход - обработка одной поверхности одним инструментом при определенных режимах резания. Если срезаемый слой велик, то он может удаляться не за 1, а за 2 и более проходов - однократных движений инструмента по поверхности. Кроме того, различают установки - мероприятия, связанные с установкой, переустановкой и закреплением заготовки. Все сведения об обработке заготовки заносятся в специальные технологические карты. В них приводятся эскизные схемы, включающие заготовку в состоянии, соответствующем окончанию обработки, обработанный размер и длину обработки. Обработанную поверхность выделяют утолщенными линиями. Текст действий при выполнении перехода формулируется в повелительном наклонении.

Припуск - это слой материала, срезаемый с заготовки в процессе механической обработки. Припуски бывают односторонними (обработка одного торца) и двусторонними, симметричными (обработка 2-х торцов цилиндрических поверхностей и т.п.). По величине припуска и чертежу детали рассчитываются размеры заготовки по формуле (для двустороннего припуска)

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

где: D и d - диаметры заготовки и детали в мм; z - величина припуска в мм. Для изготовления токарных резцов применяются следующие материалы: высоколегированные инструментальные стали (P18 и др.), твердые сплавы (однокарбидные ВК8, двухкарбидные Т15К6, трехкарбидные ТТ7К12 и др.).

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

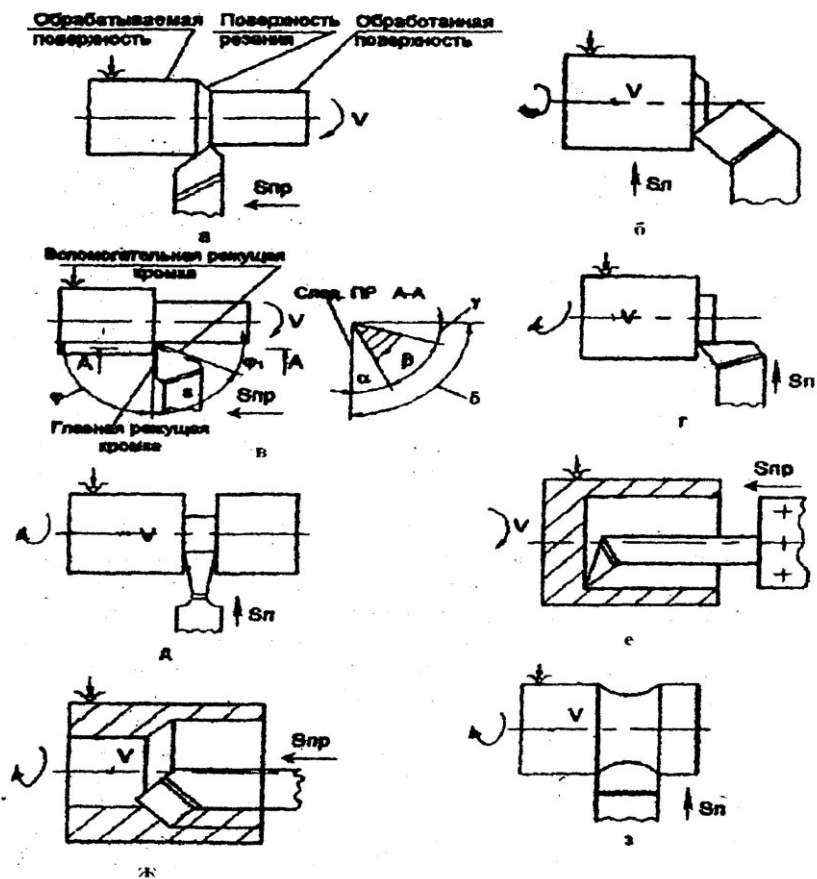


Рис. 1 Схемы обработки и токарные резцы:
 а - проходной прямой; б - проходной отогнутый;
 в - проходной упорный; г - подрезной; д - отрезной;
 е - расточной упорный; ж - расточной проходной; з -
 фасонный

расточные (рис. 1 е, ж) для растачивания сквозных, ступенчатых и глухих отверстий; фасонные (рис. 1 з) для обработки фасонных поверхностей. По характеру обработки различают резцы черновые, получистовые и чистовые, которые отличаются друг от друга величиной радиуса r (мм) при вершине резца. У токарного резца различают углы в плане и углы в верхней секущей плоскости (рис. 1 б). Углы в плане: φ – главный угол в плане; φ_1 – вспомогательный угол в плане; ϵ – угол при вершине резца. Углы в главной секущей плоскости: α – задний угол; β – угол заострения; γ – передний угол; δ – угол резания.

Таблица 1

Рекомендуемые значения припусков при точении

Обрабатываемая поверхность	Обрабатываемый размер, мм	Припуск на сторону z , мм
Цилиндрическая	10...50	1,0
Цилиндрическая	более 50	1,5
Торцевая		1,5

Таблица 2

Материал и геометрия проходных резцов

№ № п/п	Материал		φ	φ_1	γ	α	r
	детали	резца					
1. Латунь Л82	P18		90	10..45	5..15	8..12	0,5..2,0
2. Сталь 10	T15K8		90	15..45	5	5..12	0,5..2,0

Стойкостью инструмента T (мин) называется время непрерывной работы инструмента при постоянных режимах резания между двумя переточками.

Таблица 3

Рекомендуемые периоды стойкости резцов (мин)

№№ п/п	Обрабатываемый материал	Тип инструмента	Марка инструмента: материала	Тип, размер, мм	Стойкость, T , мин
1.	Латунь Л82	резцы	P18	проходн.	30...60
2.	Сталь 10	резцы	T15K8	подрезн.	60...80

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

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

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

где C_v , x_v , y_v , m – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 5.

По скорости резания определяют расчетную частоту вращения $n_{рас}$ по формуле (3)

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

где V – скорость резания в м/мин; D – диаметр заготовки в мм.

Таблица 4

Рекомендуемые подачи при точении

№ п/п	Обрабатываемый материал	Шероховатость поверхности Ra , мкм	Радиус при вершине резца, мм		
			0,5	1,0	2,0
			Подача, S мм/об		
1	Сталь 10	10	0,30...0,50	0,45..0,60	0,55..0,70
2	ЛатуньЛ62	10	0,25...0,40	0,40..0,50	0,50..0,60
3	Сталь 10	5	0,10...0,25	0,25..0,30	0,30..0,40
4	ЛатуньЛ62	5	0,15...0,25	0,25..0,40	0,40..0,60
5	Сталь 10	2,5	0,10...0,11	0,11..0,16	0,15..0,25
6	ЛатуньЛ62	2,5	0,10...0,15	0,15..0,20	0,20..0,35

Таблица 5

Коэффициенты для расчета скорости резания при точении

№ п/п	Материал		Подача, S , об/мин	C_v	X_v	Y_v	m
	резца	детали					
1.	P18	ЛатуньЛ62	$\leq 0,2$	270	0,12	0,25	0,23
2.	P18	ЛатуньЛ62	$> 0,2$	182	0,12	0,50	0,23
3.	T15K6	Сталь10	$\leq 0,3$	420	0,15	0,20	0,20
4.	T15K6	Сталь10	$< 0,7$	350	0,15	0,35	0,20

Таблица 6

Основные паспортные данные токарного станка

№ п/п	Параметр	Величина
1.	Частота вращения шпинделя, $n_{ст}$, мин ⁻¹	100; 160; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000
2.	Продольная подача суппорта, $S_{ст}$, мм/об	0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,063; 0,08; 0,10; 0,125; 0,2; 0,25; 0,315; 0,40; 0,50; 0,63; 0,8; 1,0
3.	Мощность эл.двигателя $N_{сн}$, кВт	10

Фактическая скорость резания определяется по формуле (4)

$$V_{ф} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{сн}}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (4)$$

Главная составляющая силы резания P_z рассчитывается по формуле (5)

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{z_p} \quad (5)$$

Необходимую мощность N электродвигателя станка рассчитывают по формуле (6)

$$N = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1040 \cdot 60 \cdot \eta} \quad \text{кВт.} \quad (6)$$

где $\eta = 0.7 \dots 0.9$ - коэффициент полезного действия механизмов и передач станка.

Таблица 7

Коэффициент для расчета силы резания (Н) при точении

№ п/ п	Материал		C_p	X_p	Y_p	n_p
	резца	детали				
1.	P18	ЛатуньЛ62	589,5	1,0	0,66	0
2.	T15K6	Сталь10	2943	1,0	0,75	-0,16

Найденное значение мощности N , необходимо сравнить с мощностью, приведенной в табл.6. При этом должно соблюдаться условие

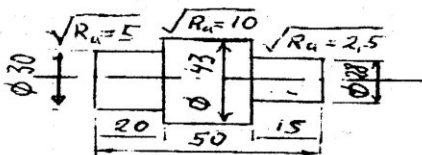
$$N_s \leq N_{ст} \quad (7)$$

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

2. Пример выполнения задания

2.1. Ознакомьтесь с общей частью методических указаний.

2.2. Получить задание, например, задание № 30 по табл.9 и эскиз №4 по рис.3.



2.3. Начертить деталь с указанием материала.

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

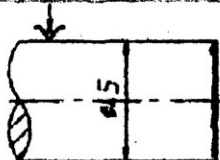
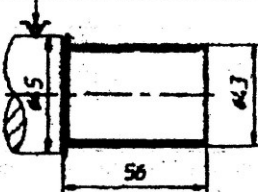
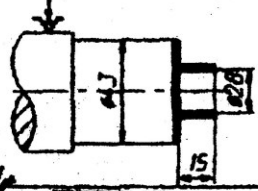
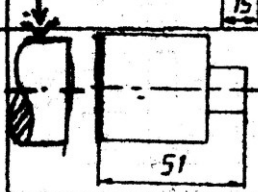
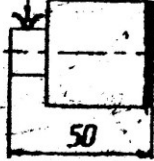
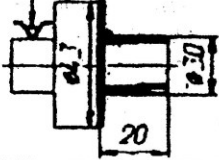
$$D = d + 2z = 43 + 2 \cdot 1,0 = 45 \text{ мм}$$

Выбираем в качестве заготовки сталь горячекатаную, круглую, диаметром 45 мм.

2.5. Назначить распределение припусков по переходам (рис.2).

2.6. Составить маршрут токарной операции обработки детали, выбрать инструмент и занести в табл.8

Таблица 6

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

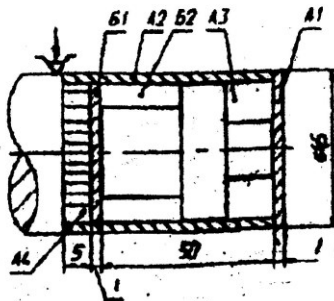


Рис. 2 Распределение припусков по переходам

Таблица 9

Индивидуальные задания

№ п/п	Эскиз детали	Марка материала детали	Размер ϕd	№ п/п	Эскиз детали	Марка материала детали	Размер ϕd
1	1	Сталь 10	Для четных номеров $d=120\text{мм}$	16	3	Латунь Л62	Для четных номеров $d=60\text{мм}$
2	1	.....		17	3	.....
3	1	.....		18	3	.....
4	1	Латунь Л62	Для нечетных номеров $d=80\text{мм}$	19	3	Сталь 10	Для нечетных номеров $d=50\text{мм}$
5	1	.....		20	3	.....
6	1	.....		21	3	.....
7	1	.....		22	3	.....
8	2	Сталь 10	Для четных номеров $d=30\text{мм}$	23	4	Латунь Л62	Для четных номеров $d=80\text{мм}$
9	2	.....		24	4	.....
10	2	.....		25	4	.....
11	2	Для нечетных номеров $d=20\text{мм}$	26	4	Для нечетных номеров $d=30\text{мм}$
12	2	Латунь Л62		27	4	Сталь 10	
13	2	.....		28	4	.....
14	2	.....		29	4	.....
15	2	.....	30	4	.....	.....

2.7. Выбор инструмента для перехода А2

Используется проходной упорный резец. По табл.2 находим марку твердосплавной режущей пластинки – Т15К6 с геометрией: $\phi = 90^\circ$; $\phi_1 = 45^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $r = 1.0\text{мм}$. Период стойкости T по табл.3 принимаем $T = 80\text{мин}$.

2.8. Расчет режимов резания для перехода А2

2.8.1. Глубина резания t принимается равной припуску

$$t = z = 1\text{мм.}$$

2.8.2. По табл.4 выбираем подачу S для стали 10 при шероховатости $Ra = 10\text{ мкм}$ и радиусе при вершине резца $r = 1.0\text{ мм}$

$$S = 0.5\text{ мм/об}$$

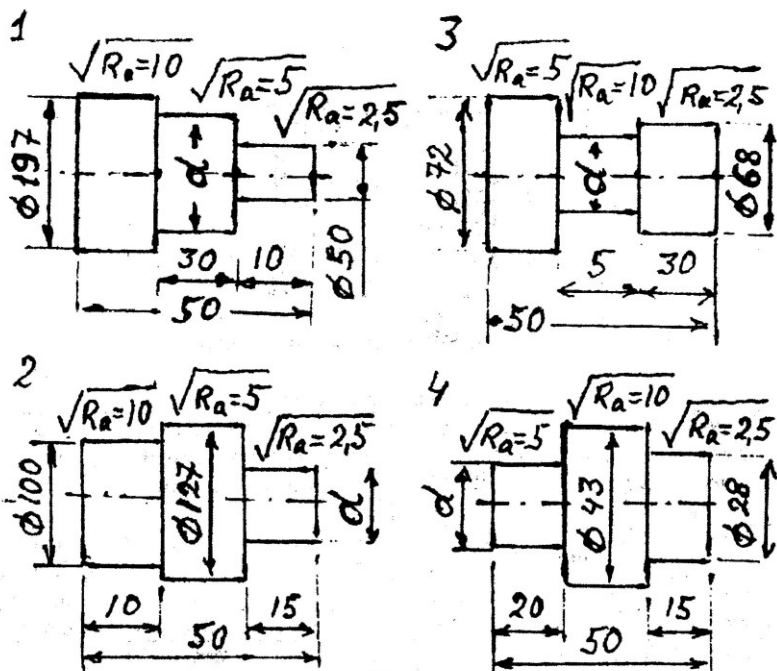


Рис.3 Эскизы деталей

2.8.3. Скорость резания определяется по формуле (2) и данным табл.5

$$V = \frac{C_v}{t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot T^m} = \frac{350}{1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35} \cdot 90^{0,2}} = 184,2 \text{ м/мин}$$

2.8.4. Частоту вращения по формуле (3):

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 184,2}{3,14 \cdot 45} = 1303,6 \text{ мин}^{-1}$$

Уточняем $n_{ст}$ по паспортным данным станка (см. табл. 6) и принимаем ближайшую меньшую $n_{ст} = 1350 \text{ мин}^{-1}$

2.8.5. Фактическая скорость резания V_f определяется по формуле (4)

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 1250}{1000} = 176,6 \text{ м/мин}$$

2.8.6. Главная составляющая силы резания P_z определяется по формуле (5) и данным табл. 7

$$P_z = c_p \cdot t^{0,75} \cdot S^{0,75} \cdot V^{0,75} = 2943 \cdot 1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 176,6^{0,75} = 804,1 \text{ Н}$$

Мощность резания N определяется по формуле (6)

$$N_o = \frac{P_z \cdot V_f}{1040 \cdot 60 \cdot \eta} = \frac{804,1 \cdot 176,6}{1040 \cdot 60 \cdot 0,8} = 2,84 \text{ кВт}$$

Так как $N_o = 2,84 < N_{ст} = 10 \text{ кВт}$, то обработка на данных режимах выполнена правильно.