

ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
КОМИТЕТ ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение «Автомеханический колледж»

РАССМОТРЕНО И ПРИНЯТО
на заседании Педагогического Совета
СПб ГБПОУ «Автомеханический колледж»

УТВЕРЖДАЮ
Директор СПб ГБПОУ
«Автомеханический колледж»

Протокол №14

_____ / Р.Н. Лучковский /

«09» 06 2023г

«10» 06 2023г

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ И
ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

общефессиональной учебной дисциплины

<i>Специальность</i>	22.02.06 Сварочное производство
<i>Дисциплина</i>	ОП.08 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
<i>Срок обучения</i>	3 года 10 месяцев

2023г.

Сборник методических указаний к лабораторным работам и практическим занятиям по дисциплине «Материаловедение» разработан на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее ФГОС) среднего профессионального образования (далее СПО), рабочей программы «Материаловедение» и предназначен для обучающихся по специальности 22.02.06 Сварочное производство (базовая подготовка), входящей в состав укрупнённой группы специальностей: 22.00.00 Технологии материалов, при подготовке специалистов среднего звена.

Организация-разработчик:

Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Автомеханический колледж»

Составитель:

Дженко С.Н., преподаватель СПб ГБПОУ «Автомеханический колледж».

РАССМОТРЕНО И РЕКОМЕНДОВАНО К УТВЕРЖДЕНИЮ на заседании Методической комиссии профессионального цикла «Машиностроение и технологии материалов» СПб ГБПОУ «Автомеханический колледж»

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	4
2. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	6
3. ПОДГОТОВКА И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	8
4. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ.....	10
5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	12

1. Пояснительная записка

Настоящие методические рекомендации предназначены для обучающихся, в качестве практического пособия при выполнении лабораторных работ и практических занятий по программе дисциплины «ОП.8 Материаловедение», по специальности СПО 22.02.06 Сварочное производство (базовая подготовка).

Цель данных методических указаний:

- оказание помощи студентам в выполнении практических работ по общепрофессиональной дисциплине «ОП.8 Материаловедение».
- способствовать освоению профессиональных и общих компетенций по профессии:

Общепрофессиональная дисциплина «ОП.8 Материаловедение» направлена на формирование следующих общих компетенций:

- **ОК 1.** Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- **ОК 2.** Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
- **ОК 3.** Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- **ОК 4.** Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- **ОК 5.** Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- **ОК 6.** Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- **ОК 7.** Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.
- **ОК 8.** Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- **ОК 9.** Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Учебная дисциплина направлена на формирование следующих профессиональных компетенций:

- **ПК 1.1.** Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.
- **ПК 1.2.** Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.
- **ПК 1.3.** Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

- **ПК 1.4.** Хранить и использовать сварочную аппаратуру и инструменты в ходе производственного процесса.
- **ПК 2.1.** Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.
- **ПК 2.2.** Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.
- **ПК 2.3.** Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.
- **ПК 2.4.** Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.
- **ПК 2.5.** Осуществлять разработку и оформление графических, вычислительных и проектных работ с использованием информационно-компьютерных технологий.
- **ПК 3.1.** Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.
- **ПК 3.2.** Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.
- **ПК 3.3.** Предупреждать, выявлять и устранять дефекты сварных соединений и изделий для получения качественной продукции.
- **ПК 3.4.** Оформлять документацию по контролю качества сварки.
- **ПК 4.1.** Осуществлять текущее и перспективное планирование производственных работ.
- **ПК 4.2.** Производить технологические расчеты на основе нормативов технологических режимов, трудовых и материальных затрат.
- **ПК 4.3.** Применять методы и приемы организации труда, эксплуатации оборудования, оснастки, средств механизации для повышения эффективности производства.
- **ПК 4.4.** Организовывать ремонт и техническое обслуживание сварочного производства по Единой системе планово-предупредительного ремонта.
- **ПК 4.5.** Обеспечивать профилактику и безопасность условий труда на участке сварочных работ.

Лабораторные работы и практические занятия проводятся с целью систематизации и углубления знаний, полученных при изучении общепрофессиональной дисциплины «ОП.8 Материаловедение», практическая отработка обучающимися навыков по использованию различных видов материалов, закрепление теоретических знаний, а так же ознакомление с организацией рабочего места, технологическим оборудованием и инвентарем, правилами безопасного использования при проведении измерений и оценке годности деталей.

- для получения практических навыков по использованию различных видов материалов.
- для получения практических навыков по оценке годности материалов.

В результате выполнения лабораторных и практических работ по дисциплине «ОП.8 Материаловедение» обучающиеся должны:

уметь:

- - распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- - определять виды конструкционных материалов;
- - выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации;
- - проводить исследования и испытания материалов;

знать:

- - закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;
- - классификацию и способы получения композиционных материалов;
- - принципы выбора конструкционных материалов для применения в производстве;
- - строение и свойства металлов, методы их исследования;
- - классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения.

владеть практическими навыками :

- проведения исследования свойств и оценки годности материалов.

При оценке знаний обучающихся используется шкала оценки образовательных достижений:

Оценивание работы в целом	Оценка уровня подготовки	
	балл (отметка)	вербальный аналог
Работа выполнена обучающимся самостоятельно, имеются ответы на контрольные вопросы	5	отлично
Работа выполнена обучающимся с помощью преподавателя, имеются ответы на контрольные вопросы	4	хорошо
Работа выполнена обучающимся с помощью преподавателя, нет ответов на контрольные вопросы	3	удовлетворительно
Работа обучающимся не выполнена	2	неудовлетворительно

2. Перечень лабораторных работ и практических занятий

Наименование разделов , тем	№	Тема лабораторных и практических работ	Кол-во часов
Раздел 1. Черные металлы и сплавы. Тема 1.1. Строение и свойства металлов	Лабораторная работа № 1	Определение твердости металла методом Роквелла и Бринелля.	2
Тема 1.2. Железоуглеродистые сплавы	Лабораторная работа №2	Определение предела прочности при растяжении	2
	Лабораторная работа №3	Определение ликвации серы в стали методом	2
	Лабораторная работа №4	Ознакомление со структурой и свойствами чугунов	2
	Лабораторная работа №5	Определение структуры металла с помощью металлографического микроскопа	2
	Практическое занятие №1	Составление таблицы железоуглеродистых сплавов	2
	Практическое занятие №2	Расшифровка марок чугунов и соотнесение их с областью применения	2
	Практическое занятие №3	Расшифровка марок углеродистых сталей, определение их класса и области применения	2
	Практическое занятие №4	Расшифровка марок легированных сталей, определение их класса и области применения	2
	Практическое занятие №5	Расшифровка марок инструментальных сталей, их качество и область применения	2
Раздел 2. Цветные металлы и сплавы Тема 2.1. Основные сведения о цветных металлах и сплавах	Лабораторная работа №6	Ознакомление со структурой и свойствами цветных металлов.	2
	Лабораторная работа №7	Ознакомление со структурой и свойствами сплавов цветных металлов.	2
	Лабораторная работа №8	Выбор режимов термообработки для деталей	2
	Практическое занятие №6	Микроскопическое исследование структуры медных сплавов	2
	Практическое занятие №7	Расшифровка марок латуней и соотнесение их с областью применения	2
	Практическое занятие №8	Расшифровка марок бронз и соотнесение их с областью применения	2
	Практическое занятие №9	Расшифровка марок алюминиевых и магниевых сплавов и соотнесение их с областью применения	2
Тема 2.2. Сплавы, получаемые методом	Лабораторная работа №9	Методы получения и свойства порошковых материалов.	2

порошковой металлургии			
Раздел 3. Термическая и химико-термическая обработка Тема 3.1. Термическая обработка стали и чугуна	Лабораторная работа №10	Определение необходимости, выбор вида и параметров термической обработки металла по заданию.	2
Тема 3.2. Химико-термическая обработка	Практическое занятие №10	Определение необходимости, выбор вида и параметров химико-термической обработки металла по заданию.	2
Итого:			40

3. Подготовка и порядок проведения лабораторных работ и практических занятий

Подготовка к проведению лабораторных работ включает подготовку преподавателя, обучающихся и помещения технологической лаборатории.

3.1. Введение

Лабораторные работы и практические занятия по предмету «ОП.8 Материаловедение» способствуют закреплению теоретических знаний, полученных студентами на уроках; помогают приобрести практические навыки по исследованию свойств материалов. На лабораторных занятиях студенты учатся определять характеристики материалов, проводить исследования свойств, правильно записывать результаты измерений, делать обобщающие выводы и составлять в соответствии с требованиями техническую документацию по результатам исследования.

Каждый студент должен уметь самостоятельно проводить исследования, обрабатывать данные исследований и подготовить отчет по проделанной работе. Текст должен быть написан понятным почерком. Отчет должен содержать ответы на контрольные вопросы.

Лабораторные работы проводятся по графику, утвержденному на заседании предметной комиссии.

Для получения допуска к следующей работе необходимо получить зачет по предыдущей работе. Если лабораторная работа была пропущена, то ее можно отработать с любой другой группой или после уроков во время консультаций, назначенных преподавателем.

Тетрадь по лабораторным работам желательно хранить в твердой папке, чтобы к зачету она имела нормальный вид. На последнем уроке тетрадь надо сдать преподавателю. При этом лабораторные работы должны иметь

все необходимые подписи. Только после этого студент получает зачет, который выставляется в зачетную книжку.

Для успешного выполнения лабораторных работ необходимо предварительно ознакомиться с содержанием работы и повторить теоретический материал по конспекту или учебнику. Работы выполняются бригадами по 2-3 человека.

Студенты должны ознакомиться с описанием лабораторной работы, устройством оборудования, правилами его применения. Запрещается разбирать оборудование.

Измерения необходимо проводить по правилам и аккуратно. Во время работы ведется карандашом черновая запись. Результаты измерений записываются в таблицу.

После окончания измерений составляется отчет, и делаются соответствующие выводы по результатам измерений. Студент должен ответить на контрольные вопросы. Отчет подписывает преподаватель.

Оформленный отчет должен быть сдан на проверку до следующей лабораторной работы.

3.2 Техника безопасности

При работе с измерительными инструментами во избежание несчастных случаев необходимо строго соблюдать требования техники безопасности. Источниками травматизма могут послужить вращающиеся части механизмов, а также острые металлические части оборудования.

При получении травмы необходимо немедленно поставить в известность преподавателя, воспользоваться аптечкой и обратиться в медпункт для обследования. При возникновении пожара немедленно поставить в известность преподавателя и организованно покинуть помещение.

В случае чрезвычайной ситуации после сигнала тревоги организованно с преподавателем покинуть помещение лаборатории.

Перед началом работ необходимо ознакомиться с требованиями техники безопасности при работе в данной лаборатории.

3.3. При работе в лаборатории «Материаловедения» запрещается:

- Самовольно покидать рабочее место и лабораторию.
- Разбирать и раскручивать оборудование.
- Запрещается пользоваться открытым огнем.
- Запрещается перемещать стационарно установленное оборудование.
- В случае возникновения ситуаций, угрожающих жизни и здоровью, выполнять указания преподавателя по соблюдению порядка и выполнению адекватных действий.

3.4. Правила поведения студентов в лаборатории

- Выполнять только ту работу, которая задана преподавателем.
- Строго соблюдать инструкции.

- Не опаздывать к началу занятий, опоздавшие в лабораторию не допускаются.
- Не входить в лабораторию в верхней одежде.
- Не оставлять включенными мобильные телефоны.
- Не ставить сумки, дипломаты и т.п. на рабочие столы; не загромождать проходы.
- Не нарушать регулировку средств измерений путем неосознанных действий.
- Бережно относиться к средствам технического оснащения. По окончании занятий привести в порядок рабочее место и средства измерений; отчет, методические материалы, полный комплект предметов и средств измерений оставить на рабочем месте.

3.5. Требования к содержанию отчета студента по лабораторной работе и практическому занятию

Отчет должен включать:

- титульный лист
- цели выполнения лабораторной работы;
- используемые материалы, технические средства;
- основную часть: описание методик, используемых при проведении измерений; результаты измерений, расчетов, наблюдений;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы.

Отчет сопровождается принципиальными, структурными схемами, таблицами с результатами вычислений и измерений, графиками, рисунками (по необходимости). Оценка за лабораторную работу выставляется на основании результатов работы и отчета, в соответствии с критериями оценивания.

По окончании занятий обучающиеся убирают рабочее место, моют стол, инвентарь.

Дежурная бригада проверяет качество уборки рабочих мест и производит уборку помещения.

4. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

Электронные ресурсы:

1. <http://www.oaxildefects.net>.
2. <http://www.metsolavv.ru>
3. <http://metal loobrabotka.su>

4. <http://www.sovet.bos.ru>
5. <http://www.dic.academic.ru>
6. <http://www.krueosvet.ru>
7. <http://www.revolution.allbest.r>

5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Лабораторная работа № 1

Определение твердости металла методом Роквелла и Бринелля.

Цель работы: ознакомиться с методами контроля механических свойств материалов с помощью измерения твердости.

Приборы и принадлежности: твердомеры Бринелля и Роквелла, лупа Бринелля, образцы металлов.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №1 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Нормативная и учебная литература

1. Плешкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ
2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Краткая теория

Механические свойства являются важнейшей характеристикой материалов. Изготавливаемые из них детали конструкций испытывают в процессе эксплуатации самые различные по величине и характеру нагрузки. Поэтому существуют десятки различных методов механических испытаний - по схеме приложения нагрузки, по скорости её изменения, температуре и окружающей среде. Определяемые в них свойства тесно связаны между собой, так как зависят от схожих процессов, протекающих внутри материала.

1. Измерение твёрдости по Бринеллю

Метод Бринелля (ГОСТ 9012–59) *применяют только для пластичных материалов* (железо, отожжённая сталь, графитизированные чугуны, цветные металлы и сплавы).

По этому способу в проверяемый образец под действием нагрузки P вдавливают шарик из закалённой стали (рис. 3). Испытание проводят на прессе Бринелля. После снятия нагрузки на поверхности образца остаётся отпечаток, диаметр d которого измеряют с помощью

Микроскопа (лупы) Бринелля с точностью $\pm 0,05$ мм

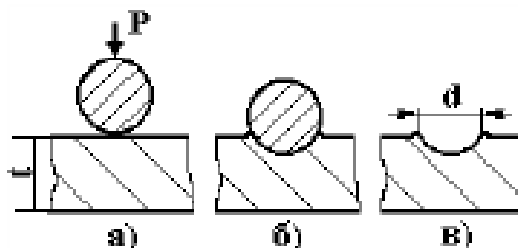


Рис. 1. Измерение твёрдости по Бринеллю:

а – нагружение; б – снятие нагрузки; в – измерение отпечатка

Твёрдость определяют по формуле

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

Где F – площадь поверхности отпечатка, оставляемого шариком диаметром D или по переводной табл. 1. Размерность твердости по Бринеллю – кг/мм².

1. Числа твёрдости по Бринеллю

Диаметр отпечатка, мм d_{10} или $2d_5$ или $4d_{2,5}$	Числа твёрдости (кг/мм ²), при нагрузке P , равной			Диаметр отпечатка, мм d_{10} или $2d_5$ или $4d_{2,5}$	Числа твёрдости (кг/мм ²), при нагрузке P , равной		
	$30D^2$	$10D^2$	$2,5D^2$		$30D^2$	$10D^2$	$2,5D^2$
1	2	3	4	1	2	3	4
2,90	444	-	-	4,05	223	74,3	18,6
2,95	430	-	-	4,10	217	72,4	18,1
3,00	415	-	34,6	4,15	212	70,6	17,6
3,05	401	-	33,4	4,20	207	68,8	17,2
3,10	388	129	32,3	4,25	202	67,1	16,8
3,15	375	125	31,3	4,30	196	65,1	16,4
3,20	363	121	30,9	4,35	192	63,9	16,0
3,25	352	117	29,3	4,40	187	62,4	15,6
3,30	340	114	28,4	4,45	183	60,9	15,2
3,35	332	110	27,6	4,50	179	59,5	14,9
3,40	321	107	26,7	4,55	174	58,1	14,5
3,45	311	104	25,9	4,60	170	56,8	14,2
3,50	302	101	25,2	4,65	166	55,5	13,9
3,55	293	97,6	24,5	4,70	163	54,3	13,6
3,60	286	95,0	23,7	4,75	159	53,0	13,3
3,65	277	92,3	23,1	4,80	156	51,9	13,0
3,70	269	89,7	22,4	4,85	153	50,7	12,7
3,75	262	87,2	21,8	4,90	149	49,6	12,4
3,80	255	84,9	21,2	4,95	146	48,6	12,2
3,85	248	82,6	20,7	5,0	143	47,5	11,9
3,90	241	80,4	20,1	5,05	140	46,5	11,6
3,95	235	78,9	19,6	5,10	137	45,5	11,4
4,00	229	76,3	19,1	5,15	134	44,6	11,2
5,20	131	43,7	10,9	5,60	111	37,1	9,27
5,25	128	42,8	10,7	5,65	109	36,4	9,10
5,30	126	41,9	10,5	5,70	107	35,7	8,93
5,35	123	41,0	10,3	5,75	105	35,0	8,80
5,40	121	40,2	10,1	5,80	103	34,2	8,59
5,45	118	39,4	9,86	5,85	101	33,7	8,43
5,50	116	38,6	9,66	5,90	99,2	33,1	8,26
5,55	114	37,9	9,46	5,95	97,3	32,4	8,11
				6,0	95,5	31,3	7,96

Выбор схемы измерения твёрдости по Бринеллю

1. Выбирают диаметр шарика D из трёх стандартных значений (10; 5; 2,5 мм) так, чтобы он был меньше или равен толщине образца t (рис. 3, а) или его поперечному размеру – для высоких и узких деталей.

2. Определяют нагрузку по формуле $P = AD^2$ (D в мм, P в кг). Нагрузочный коэффициент A выбирают из трёх стандартных значений (30; 10; 2,5) в зависимости от ожидаемой твёрдости измеряемого образца.

Для чёрных металлов (железо, сталь, чугун) используют коэффициенты 30 или 10, для цветных (медь, алюминий, никель, свинец) – 10 или 2,5. Для чистых и легкоплавких металлов обычно берут меньшее значение A , а для сплавов – большее. Полученное значение твёрдости записывают в виде 125 HB или более подробно – 125 HB 10/3000/10. Здесь указаны условия измерения $D = 10$ мм, $P = 3000$ кг, время нагружения 10 с.

По твёрдости HB можно определить временное сопротивление разрыву (предел прочности) σ_B пластичных металлов и сплавов. При этом используют следующие эмпирические зависимости:

для стали с твёрдостью90...175 HB	$\sigma_B = 0,34 HB$;
175...450 HB	$\sigma_B = 0,35 HB$;
для отожжённой меди, латуни, бронзы	$\sigma_B = 0,55 HB$;
для наклёпанной меди, латуни, бронзы ...	$\sigma_B = 0,40 HB$;
для отожжённого дуралюмина	$\sigma_B = 0,56 HB$;
для дуралюмина после закалки и старения	$\sigma_B = 0,30 HB$.

2. Измерение твёрдости по Роквеллу

Метод Роквелла (ГОСТ 9013–59) предназначен для контроля высокопрочных материалов (высокоуглеродистая отожжённая сталь, закалённая сталь, белый чугун, высокопрочная бронза, сверхтвёрдые сплавы). Испытание проводят вдавливанием индентора под действием нагрузки в шлифованную поверхность образца. Мерой твёрдости в этом методе является глубина отпечатка Δ (рис. 4).

Сначала прикладывают вручную нагрузку 10 кг (100 Н), затем автоматически – основную (шкальную) Ршк.

В методе Роквелла используют три шкалы, применяемые для разных по твёрдости материалов (табл. 2). Они отличаются типом индентора (конус из алмаза или твёрдого сплава, стальной шарик диаметром 1,58 мм), нагрузкой и показаны на циферблате прибора разной окраской. Твёрдость по Роквеллу измеряется в условных единицах, соответствующих глубине отпечатка 2 мкм.

Примечание: метод Роквелла не применим для чистых металлов и пластичных сплавов.

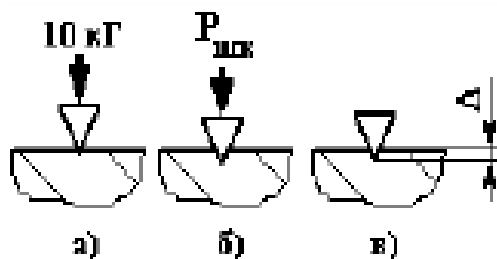


Рис. 4. Схема измерения твёрдости по Роквеллу:

а – предварительное нагружение; б – основное нагружение; в – измерение

2. Выбор схемы измерения твёрдости по Роквеллу

Шкала	Наконечник	$P_{шк},$ кГ	Назначение	Пределы измерения шкалы
<i>HRC</i> чёрная	Конус	150	а) высокоуглеродистая отожжённая сталь б) закалённая сталь	20...67
<i>HRA</i> чёрная	Конус	60	а) высокотвёрдые сплавы б) тонкие твёрдые поверхностные слои	70...85
<i>HRB</i> красная	Шарик	100	а) среднеуглеродистая отожжённая сталь б) твёрдые цветные сплавы	25..100

Значения твёрдости по Роквеллу не связаны линейно с другими механическими свойствами материалов, но их можно пересчитать на твёрдость по Бринеллю с помощью эмпирических переводных таблиц [1]

Порядок выполнения работы

1. Получить от преподавателя образец пластичного металла или сплава. Записать в отчёт материал и размеры образца.

1.1. Выбрать схему измерения твёрдости по Бринеллю (определить диаметр шарика D и нагрузку P). Произвести измерение твёрдости на приборе Бринелля ТШ-2:

- установить на подвесе рычага грузы с выбранной нагрузкой (усилие от самой подвески 187,5 кг);
- оправку с шариком выбранного диаметра вставить во втулку шпинделя и закрепить винтом;
- испытуемый образец установить на предметном столе;
- поворотом маховика по часовой стрелке до упора стол поднять так, чтобы шарик коснулся поверхности образца;
- отцентрировать образец (центр будущего отпечатка должен быть удалён от края образца и от других следов измерений не менее, чем на $4d$), после этого продолжать поднимать образец вместе с наконечником до упора;
- затем нажатием кнопки включить нагружение, после выдержки происходит разгружение, затем прибор выключается;
- поворотом маховика освободить образец.

1.2. После испытания надо измерить диаметр отпечатка с помощью лупы Бринелля (с точностью $\pm 0,05$ мм). Если схема измерения была выбрана правильно, выполняется условие $0,3D \leq d \leq 0,6D$. В противном случае надо повторить измерение с другой нагрузкой.

1.3. Определить значение твёрдости с помощью универсальной табл. 1. В столбце 1 этой таблицы указаны значения диаметра отпечатка шарика 10 мм d_{10} . Если при измерении твёрдости использовали шарик диаметром 5 мм, в столбце 1 надо искать удвоенное значение диаметра отпечатка ($2d_5$); если шарик 2,5 мм – $4d_{2,5}$. В столбцах 2, 3, 4 – твёрдость для разных нагрузок, заданных формулой $P = AD^2$. Сначала находят измеренное в опыте значение диаметра отпечатка (с учётом использованного диаметра шарика). Затем надо двигаться по строке до столбца с использованной формулой нагрузки. Число в пересечении строки и столбца – твёрдость образца.

Пример. Стрелками в табл. 1 показано определение значения твёрдости по Бринеллю для шарика $D = 5$ мм, нагрузки $P = 250$ кг ($10D^2$) и отпечатка $d = 1,6$ мм. Твёрдость НВ 121 5/750/10.

1.4. Рассчитать предел прочности по значению твёрдости, пользуясь эмпирической формулой для измеряемого материала. Записать результаты в отчёт.

2. Получить от преподавателя образец высокопрочного материала для измерения твёрдости по Роквеллу.

2.1. Записать в отчёт материал образца, выбрать схему измерения по методу Роквелла (шкалу по табл. 2) и измерить твёрдость.

Произвести измерение твёрдости на приборе рычажного типа ТК-2 следующим образом:

а) образец с плоскопараллельными опорной и измеряемой поверхностями поставить на столик изучаемым торцом вверх так, чтобы место укола было удалено от края и других отпечатков более чем на четыре диаметра;

б) включить прибор тумблером на правой панели. С помощью штурвала поднять столик с образцом, следя за малой стрелкой индикатора, пока она не установится точно на красной точке. При этом предварительная нагрузка составит 10 кг;

в) вращая маховик, повернуть шкалу индикатора так, чтобы чёрный ноль установился на большой стрелке;

г) кратковременно нажать педаль пуска и произвести цикл «нагружение – разгружение».

При этом большая стрелка поворачивается по циферблату против часовой стрелки (не больше одного оборота). Время приложения нагрузки 5 – 7 с. Затем большая стрелка повернётся обратно (окончание нагружения) и, остановившись, покажет число твёрдости по выбранной шкале Роквелла;

д) освободить образец, вращая штурвал столика против часовой стрелки (он при этом опускается).

Примечание: если в процессе нагружения большая стрелка сделала больше одного оборота, измерение бракуется – образец слишком мягкий для выбранной шкалы.

2.2. Запишите результаты измерения в отчёт.

Контрольные вопросы

1. Что называется твердостью?
2. Какие способы определения твердости вы знаете?
3. В чем сущность определения твердости по методу Бринелля?
4. Какова сущность определения твердости по методу Роквелла?
5. Какие преимущества можно отметить в каждом из изученных методов?
6. Какие недостатки можно указать в каждом из методов определения твердости?

БЛАНК ОТЧЁТА О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

«Определение твердости металла методом Роквелла и Бринелля».

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

Применяемое оборудование:

1. Пресс Бринелля.
2. Отсчетный микроскоп типа МПБ-3.
3. Линейка.
4. Образцы стали, латуни, бронзы, алюминия.

Расчетные формулы:

$$HВ \approx \frac{P}{F} = \frac{2P}{\sqrt{F}}$$

$n=3,14$ Место для формулы.

F лунки - площадь отпечатка, мм²

Расчеты:

Протокол испытания

Материал образца	Толщина образца t, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка P, кГ	Диаметр отпечатка (в мм) в направлении измерения			Твердость НВ, кГ/мм ²		σ_m	Предел прочности а _b , кГ/мм ²	Марка материала, ГОСТ
				Сечение «а-а» d ₁	Сечение «в-в» d ₂	$d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2}$	Расчетная	Табличная			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

Вывод: _____

Лабораторная работа №2

Определение предела прочности при растяжении

Цель работы: определение прочностных характеристик металлов, сплавов и других материалов, приобретение навыков в проведении механических испытаний, ознакомление с механическими характеристиками материалов: временным сопротивлением, истинным сопротивлением разрыву, относительным удлинением и относительным сужением.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №2 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Оборудование и материалы:

разрывная машина или школьный гидравлический пресс

реверсор для превращения усилия сжатия в усилие растяжения;

образцы для испытаний из круглого или полосового проката (рис. 1.3):

на разрывной машине — длиной 1- 160 мм, диаметром $d = 10$ мм;

на школьном гидравлическом прессе — длиной $l = 60$ мм, диаметром $d = 6$ мм;

штангенциркуль;

кернер;

масштабная линейка;

молоток.

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Механические свойства — это группа свойств, которая характеризует способность металлов, сплавов и изделий из них выдерживать различные внешние механические нагрузки (растягивающие, сжимающие, изгибающие, крутящие и др.). В зависимости от противодействия нагрузкам различают следующие механические свойства: прочность, твердость, ударная вязкость, пластичность и упругость. В машиностроении важным условием производства качественных деталей и изделий является знание механических свойств материалов, из которых изготовлены эти детали и изделия. Долговечность и надежность в процессе эксплуатации изделий машиностроения будут обеспечены только в том случае, когда при выборе материала учитываются их механические свойства. Все методы механических испытаний металлов и сплавов стандартизированы. Механические свойства испытывают в процессе металлургического производства металлов и сплавов, на машиностроительных предприятиях, в научно-исследовательских и учебных лабораториях.

Практические занятия по определению механических свойств разработаны в соответствии со следующими нормативными документами:

- ГОСТ 7564—97 «Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний»;
- ГОСТ 9454—78 «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при повышенных, комнатной и пониженных температурах»;
- ГОСТ 15.309—98 « Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения»;
- ПР 50.2.009—94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений»;
- ГОСТ 1497—84 «Металлы, Методы испытаний на растяжение»;
- ГОСТ 7268—82 «Сталь. Метод определения склонности к механическому старению по испытанию на ударный изгиб»;
- ГОСТ 27208—87 «Отливки из чугуна. Методы механических испытаний»;
- ГОСТ 8.563—96 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методика выполнения измерений»;
- РМГ 29—99 « Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения»;
- ГОСТ 8.417—2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин»;
- ГОСТ 15.101—98 «Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ».

Прочность конструкционных материалов являются одними из основных показателей, определяющих их применение в машиностроении, энергетике, строительстве и других отраслях промышленности.

Прочность — это способность материалов сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок.

В технике различают истинное сопротивление разрыву S_K и временное сопротивление (предел прочности при растяжении) σ_E .

Истинное сопротивление разрыву S_K МПа, — это отношение нагрузки P_K , Н, к площади поперечного сечения образца после разрыва F_K , м²:

$$S_K = P_K/F_K. \quad (1.1)$$

Площадь поперечного сечения образца после разрыва вычисляют по формуле

$$F_K = \pi d_K^2/4, \quad (1.2)$$

где d_K — диаметр поперечного сечения образца после разрыва, м.

При определении временного сопротивления σ_E , МПа, наибольшую нагрузку, предшествующую разрушению образца P_{max} , Н, относят к площади поперечного сечения образца до испытания F_0 , м²:

$$\sigma_E = P_{max}/F_0 \quad (1.3)$$

Площадь поперечного сечения образца до испытания определяют по формуле

$$F_0 = \pi d_0^2/4, \quad (1.4)$$

где d_0 — диаметр образца до испытаний, м.

Временное сопротивление существенно влияет на долговечность, надежность, износостойкость, демпферные и другие свойства, отвечающие функциональному назначению изделия.

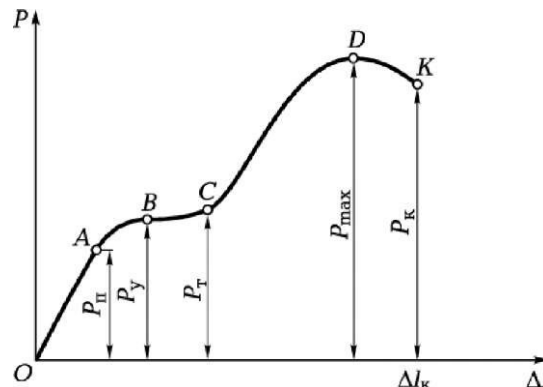


Рис. 1.1. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали

OA — прямая упругости; AB — кривая пропорциональности; BC — площадка текучести; CD — кривая резкого увеличения нагрузки; DK — кривая, предшествующая разрушению образца; P_y — нагрузка, соответствующая пределу упругости; P_n — нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности; P_t — нагрузка, соответствующая пределу текучести; P_{max} — максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца; P_k — нагрузка в процессе разрушения образца; Δl — абсолютное удлинение; Δl_k — абсолютное удлинение образца, соответствующее его разрыву.

В процессе растяжения образца на разрывной машине самопишущее устройство строит **диаграмму растяжения** (рис. 1.1). На диаграмме растяжения на оси ординат (вертикальная ось) откладывается величина нагрузки P в ньютонах, прикладываемая к образцу, на оси абсцисс (горизонтальная ось) — величина абсолютного удлинения Δl в миллиметрах. В процессе растяжения образец испытывает характерные деформации:

- на участке OA — упругую деформацию;
- на участке AB — упругопластическую деформацию при незначительном увеличении нагрузки;
- на участке BC — пластическую деформацию (текучесть), свободное удлинение без повышения нагрузки P_t ;
- на участке CD — упругопластическую деформацию.

В точке D образец воспринимает максимальную нагрузку, предшествующую разрушению (P_{max}), которой соответствует временное сопротивление образца σ_E

Участок **DK** — дальнейшее удлинение образца. При достижении длины l_K образец разрушается.

Механические характеристики некоторых конструкционных материалов представлены в табл. 1.1.

Сущность метода испытания заключается в растяжении цилиндрических или плоских образцов на специальном оборудовании.

Размеры образцов и методы испытаний различного сортового проката (круглого, лент, листов, проволоки и т. д.) при отрицательных, нормальных и повышенных температурах устанавливаются стандартами.

В данной лабораторно-практической работе испытание на растяжение проводят при нормальной температуре 18...20 °С. В процессе испытания определяют временное сопротивление, истинное сопротивление разрыву, относительное удлинение и относительное сужение образцов из различных конструкционных материалов.

Таблица 1.1. Механические характеристики некоторых конструкционных материалов							
Марки материалов	Временное сопротивление $\sigma_{в}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Марки материалов	Временное сопротивление $\sigma_{в}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
Ст2сп	330...430	32	—	У7, У7А	690	16	30
Ст3сп	380...470	26	—	У12, У12А	590...690	20	45...55
Ст5сп	490...639	15...17	—	15Х	550	—	60
Сталь 10	340	31	55	60С2	1 270	6	25
Сталь 40	580	19	45	ШХ15	2 550	—	—
Сталь 75	1 100	7	30	Р9М4К8	960	7	10
КЧ 30-6	300	6	—	СЧ30	300	9	—
ВЧ 100	1 000	4	—	АМц	90...150	18...22	—
Д12	Более 16	15	—	Л62	330	49	—

Ход работы

Испытание на разрывной машине выполните в такой последовательности.

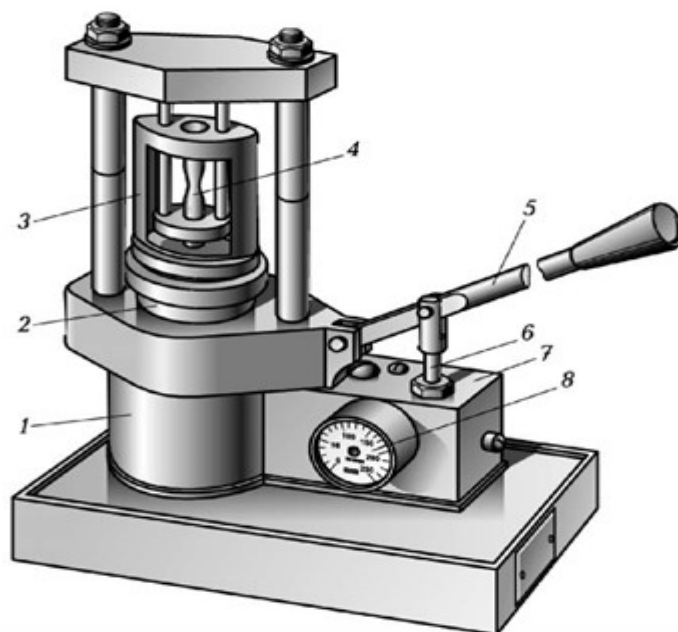


Рис. 1.2. Школьный гидравлический пресс

1 — большой цилиндр гидравлического пресса; 2 — поршень гидравлического пресса; 3 — реверсор для преобразования усилия сжатия в усилие растяжения; 4 — испытуемый образец; 5 — рычаг; B — шток малого поршня; 7 — малый цилиндр с насосом; 8 — манометр.

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия разрывной машины
2. Подберите образцы для испытания на растяжение (образцы изготавливают в токарной мастерской на уроках производственного обучения).

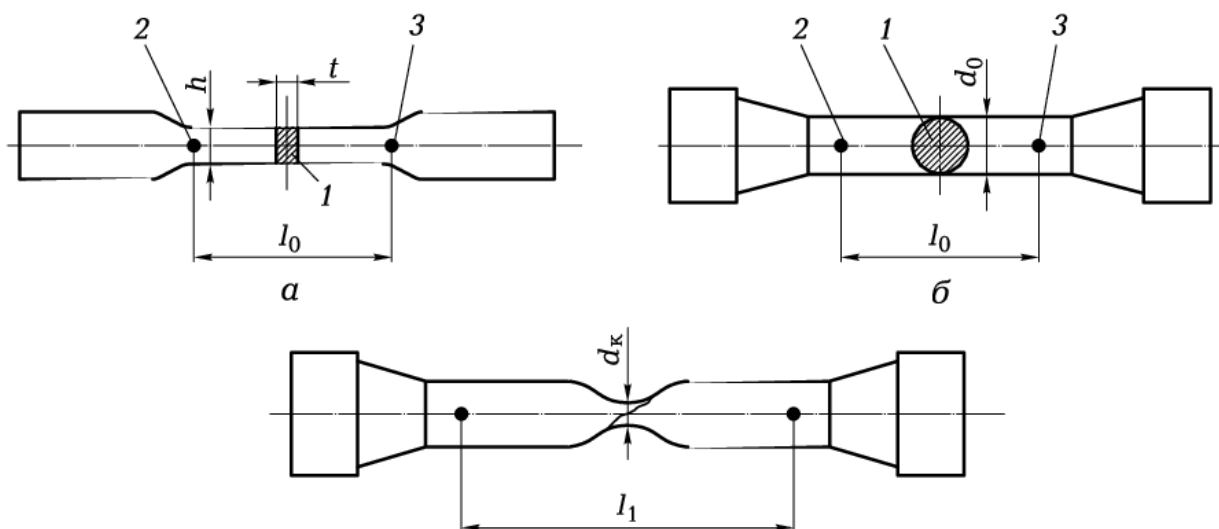


Рис. 1.3. Образцы для испытания металлов на растяжение:

- а — из листового и полосового проката; б — из круглого проката; в — из круглого проката после растяжения; 1—3 — контрольные сечения; d_0 , d_k — диаметр образца до и после испытания соответственно; l_0 , l_1 — длина образца до и после испытания соответственно; h — толщина образца; t — ширина шейки
3. Нанесите на образце с помощью молотка и кернера две точки (керны), ограничивающие расчетную длину образца $l_0 = 100$ мм для разрывной машины.
 4. Измерьте штангенциркулем с точностью до 0,1 мм начальный диаметр образца d_0 . Замер производите в двух взаимно-перпендикулярных направлениях посередине и по концам отрезка, равного расчетной длине образца (сечения 1, 2, 3). Данные измерений занесите в табл. 1.2.
 5. Рассчитайте среднее значение диаметра в каждом сечении как среднее арифметическое измерений 1 и 2. Определите общее среднее значение диаметра образца как среднее арифметическое средних диаметров в каждом сечении. Результаты расчетов занесите в табл. 1.2.
 6. Вычислите значение площади поперечного сечения образца по формуле (1.4), используя значение среднего диаметра образца.
 7. Для проведения механических испытаний на разрывной машине:
 - выберите необходимый груз и шкалу;
 - присоедините самопишущее устройство;
 - установите миллиметровую бумагу, нанесите на ней оси координат;
 - установите образец в захват машины;
 - проверьте положение стрелок прибора, установив их на «нуль» шкалы;
 - включите электродвигатель и проведите испытание;
 - выключите электродвигатель после разрушения образца.
 8. Проанализируйте диаграмму растяжения, вычерченную самопишущим устройством, расставив на ней соответствующие точки. По шкале определите максимальную нагрузку P_{max} , предшествующую разрушению образца.

Таблица 1.2. Результаты расчета среднего диаметра образца

Измерение	d_0 , мм, в сечениях		
	1	2	3
1			
2			
Среднее значение			
Общее среднее значение			

9. По формуле (1.3) определите временное сопротивление образца. По формуле (1.1) рассчитайте истинное сопротивление разрыву.

10. Выньте образец из разрывной машины, измерьте длину образца, полученную при растяжении. Измерьте шейку образца по двум взаимно-перпендикулярным направлениям и определите средний диаметр шейки d_k . По формулам (1.5) и (1.6) определите относительное удлинение и относительное сужение образца.

11. Выполните пп. 3—10 для каждого образца.

При испытании на школьном гидравлическом прессе применяют реверсор для превращения усилия сжатия в усилие растяжения. Замеры диаметров образцов и расчет площади поперечного сечения выполняют аналогично замерам и расчету при испытании на разрывной машине.

Испытание на школьном гидравлическом прессе выполняйте в такой последовательности.

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании металлов, устройство и принцип действия школьного гидравлического пресса (см. рис. 1.2).

2. Определите площадь поперечного сечения образца до испытания F_0 по формуле (1.3).

3. Установите образец в замок реверсора с помощью двух разрезных шайб. Создайте давление при помощи гидравлического насоса до полного разрушения образца. При нагнетании давления внимательно следите за показаниями манометра и зафиксируйте наибольшее усилие пресса, предшествующее разрушению образца.

4. Определите площадь поперечного сечения образца F_K после испытания по формуле (1.2).

5. Соедините образец по месту излома и замерьте расстояние l , между двумя накерненными точками (см. рис. 1.3, в).

6. Определите механические характеристики материала при испытании на школьном гидравлическом прессе аналогично испытанию материала на разрывной машине.

7. Выполните пп. 2 — 6 для каждого образца.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 1.3 и 1.4.

Сделайте выводы о соответствии полученных значений механических характеристик материала стандартным значениям, указанным в табл. 1.1.

Контрольные вопросы

1. Что называется прочностью? Приведите значения временного сопротивления стали, чугуна, меди и алюминия.

2. Опишите диаграмму растяжения стали, полученную в результате испытания.

3. Дайте определение пределу упругости металлов. Чем она характеризуется? Сравните упругость сталей Ст2 и У7, стали У10 и латуни ЛС59-1.

БЛАНК ОТЧЕТА
Практическое занятие №2

Определение предела прочности при растяжении

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

Таблица 1.3. Результаты испытаний по определению предела прочности при растяжении (временного сопротивления образцов)

Номер образца	Марка материала	Площадь поперечного сечения образца F_0 , мм ²	Показание манометра при P_{max} , МПа	Максимальная нагрузка при разрыве P_{max} , Н	Временное сопротивление σ_v , МПа
<i>Испытания на разрывной машине</i>					
<i>Испытания на гидравлическом прессе</i>					

Список оборудования

Вывод: _____

Лабораторная работа №3

Определение ликвации серы в стали методом Баумана

Цель работы: ознакомиться с методиками выявления макроструктуры и макронеоднородности химического состава заготовок.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №3 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Приборы и материалы:

1. Металлографический микроскоп «Метам ЛВ».

2. Набор микрошлифов стали.

3. Фотографии микроструктур стали.

4. Диаграмма Fe-Fe₃C.

5. Лупа

6. Наждачная бумага,

7. Фотобумага,

8. Реактивы.

Литература

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Макроанализ заключается в исследовании строения сплавов невооруженным глазом или при небольших увеличениях (до 30 раз). Строение металлов и сплавов, определяемое таким методом, называется макроструктурой.

Макроструктуру можно изучать непосредственно на поверхности отливки, поковки, детали или по излому. Чаще всего она изучается на макрошлифах. Макрошлифом называется специально подготовленная к макроисследованию часть детали, поковки, отливки и т.д. Размеры макрошлифов определяются размерами исследуемой детали.

Подготовка макрошлифа заключается в следующем: деталь разрезают на две части. Одну поверхность детали зачищают на станке и шлифуют различными номерами металлографической наждачной бумаги, последовательно переходя от грубого номера к тонкому; каждый раз макрошлиф поворачивают на 90°. Шлифовку в одном направлении ведут до тех пор, пока не исчезнут риски от предыдущего номера бумаги. Шлифование можно вести вручную или на специальном станке.

После шлифовки для выявления макроструктуры шлифы подвергают глубокому травлению химическими реактивами (растворами и смесью кислот и щелочей), которые выбирают в зависимости от состава сплава и цели исследования.

Макроанализ позволяет установить:

1. Строение металла в слитках (рис. 1, 3) или литых деталях (зернистое, дендритное), наличие и характер распределения зон кристаллизации, усадочной рыхлости, пузырей, трещин и т.д.
2. Химическую неоднородность, получаемую в процессе кристаллизации (рис. 2). Сера, фосфор и углерод в процессе кристаллизации имеют склонность к неравномерному распределению по сечению слитка, что сильно сказывается на свойствах отдельных их участков. Это явление, называемое ликвацией, полностью не устраняется последующей обработкой (рис. 4).
3. Строение металла после горячей обработки давлением (прокатки, штамповки,ковки и т.д.). После обработки давлением внутреннее строение металлов и сплавов получается более плотным, чем после литья, так как в процессе горячей обработки давлением частично уничтожаются пористость, рыхлоты, трещины и т.д.

Порядок выполнения работы

1. *Выявление неоднородности распределения серы в стальной заготовке по методу Баумана.*

- 1.1. Получить у преподавателя образец для макроанализа.
- 1.2. Провести шлифовку образца по вышеописанной методике.
- 1.3. Протереть образец ватой, смоченной спиртом, и положить на стол шлифом вверх для просушки в течение 2.3 мин.
- 1.4. Лист бромсеребряной фотобумаги поместить в ванночку с 5 %-ным водным раствором серной кислоты и выдержать на свету в течение 5.10 мин.
- 1.5. Просушить фотобумагу между двумя листами фильтровальной бумаги для удаления избытка раствора.
- 1.6. Наложить эмульсионной стороной фотобумагу на шлифованную заготовку и прикатать её к поверхности резиновым валиком для удаления пузырей. Выдержать 2.3 мин и осторожно снять отпечаток с поверхности заготовки.

1.7. Промыть полученный серный отпечаток в воде, перенести в ванну с фотографическим фиксажем для закрепления в течение 10.15 мин, а затем повторно промыть в воде.

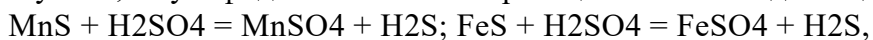


рис. 1

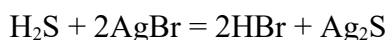


рис. 2.

Полученные на отпечатке Баумана коричневые области (рис. 1) соответствуют местам заготовки, обогащённым серой. При контакте серной кислоты, содержащейся в фотобумаге, с сульфидами железа и марганца заготовки идёт выделение сероводорода



который взаимодействует с бромидом серебра с образованием тёмно-коричневого сульфида серебра:



Если фотобумага имеет равномерную окраску бледно-коричневого цвета, сера распределена в заготовке равномерно.

2. Выявление неоднородности распределения фосфора в стальной заготовке.

2.1. Получить у преподавателя образец для макроанализа.

2.2. Провести шлифовку образца.

2.3. Протереть образец ватой, смоченной спиртом, и положить на стол шлифом вверх для просушки в течение 2.3 мин.

2.4. Произвести выявление ликвации фосфора травлением образца в растворе состава: 85 г хлорной меди, 53 г хлористого аммония в 1000 мл воды.

В местах, где железо более обогащено фосфором, оно сильнее растворяется, замещаясь медью из раствора. При этом поверхность шлифа покрывается медью.

2.5. Удалить медь с поверхности заготовки тампоном, смоченным в водном растворе нашатырного спирта и последующей промывкой в воде.

2.6. Высушить шлиф фильтровальной бумагой. Изучить и зарисовать дендритную структуру стали при увеличении 5-30х с помощью лупы и микроскопа МБС-9. Богатые фосфором дендриты будут иметь более темный цвет, как на рис. 2.

2.7. Зарисовать внешнюю форму заготовки и.

Описать макроструктуру (наименование дефекта, причины его возникновения, степень его опасности, меры для его предотвращения).

Содержание отчёта

1. Описание методов макроанализа со схемами, режимами подготовки образцов.

2. Макроструктура образцов. Описание структуры, характера дефектов.

БЛАНК ОТЧЕТА
Практическое занятие №3

Определение ликвации серы в стали методом Баумана

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

Список оборудования

Описание методов макроанализа

Выявление распределения серы

Выявление распределения фосфора



Вывод: _____

Лабораторная работа №4

Ознакомление со структурой и свойствами чугунов

Цель работы:

1. Выбирать материалы на основе анализа их свойств для применения в производственной деятельности.
2. Определить марку материала образца.

Задачи работы:

1. Научиться проводить испытания для различных материалов.
2. Научиться определить марку материала образца.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №4 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Оборудование:

1. Металлографический микроскоп «Метам ЛВ».
2. Набор микрошлифов серых чугунов.
3. Фотографии микроструктур металлов и сплавов.

Нормативная и учебная литература

1. Плешкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ
2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,
3. - ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств чугуна

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Из 106 элементов периодической системы Д.И. Менделеева 82 металла, поэтому изучение их структуры и свойств так важно для практических целей в машиностроении. Металлы обычно являются кристаллическими телами или кристаллами. Кристаллом называют бесконечное упорядоченное расположение атомов в пространстве. Все кристаллические материалы обладают анизотропией – зависимостью свойств материала от направления в нём. Это объясняется тем, что в каждом направлении в кристалле расстояние между атомами или молекулами строго определённое, а значит и силы взаимодействия между ними в каждом случае различные. Реальные кристаллы содержат большое количество нарушений в упорядоченном расположении атомов. Поэтому чаще встречаются не моно-, а поликристаллы (рис. 1, а), которые состоят из большого количества зёрен, в которых одна и та же кристаллическая решётка (показана штриховкой) ориентирована в пространстве по-разному.

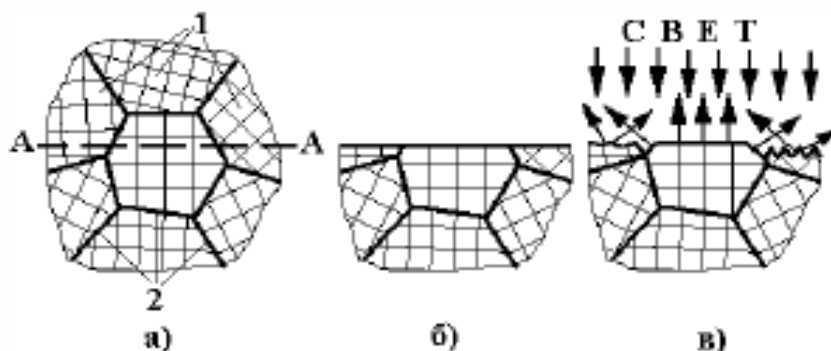


Рис. 1. Микроанализ поликристаллического материала:

а – схема поликристалла (*1* – зёрна или кристаллиты; *2* – границы зёрен);
б – полированный шлиф; *в* – отражение света от травленого шлифа

Для проведения микроанализа образец разрезают (плоскость разреза А–А) и на одной из его половин шлифовкой и полировкой приготавливают шлиф (рис. 1, б). Его поверхность гладкая и чаще всего не показывает структуры металла. Для выявления структуры шлиф подвергают действию специального реактива – травителя, состав которого зависит от изучаемого материала и цели металлографического исследования. Обычно травители – растворы кислот, щелочей или солей.

В процессе травления скорость и характер растворения разных зёрен шлифа будет разной из-за анизотропии, так как они выходят на поверхность шлифа разными направлениями.

Границы зёрен – это дефект кристалла, где атомы более активны и легче переходят в раствор. Поэтому на границах зёрен в поликристалле шлиф будет растравливаться сильнее (рис. 1, в). При освещении травленой поверхности лучи света будут по-разному

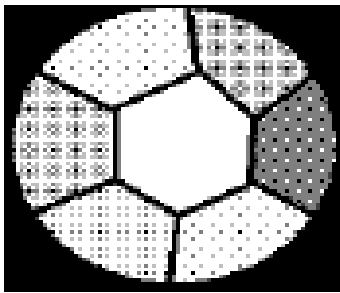


Рис. 2. Структура поликристалла однофазного сплава

отражаться от её рельефа. Поэтому при наблюдении шлифа в отражённых лучах будут видны светлые и тёмные зёрна, отделённые друг от друга темными полосками границ (рис. 2). Чаще всего размер зёрен в современных металлах и сплавах не превышает 10...100 микрометров (0,01...0,10 мм), что гораздо меньше разрешающей способности человеческого глаза (0,3 мм). Поэтому металлографический анализ обычно проводят с помощью оптического микроскопа, схема которого представлена на рис. 3.

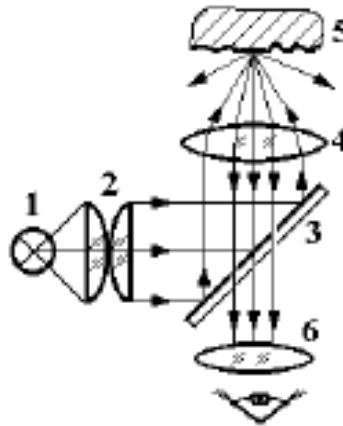


Рис. 3. Схема микроскопа на отражение:

1 – источник света; 2 – конденсор; 3 – полупрозрачное зеркало; 4 – объектив;
5 – объект; 6 – окуляр проецирует его в глаз оператора

Свет от лампы 1 попадает в конденсор 2, формирующий яркий равномерный пучок, который отражается от полупрозрачного зеркала 3, проходит через объектив 4 и фокусируется на объекте 5. Полученное изображение поверхности (в отражённых лучах) увеличивается объективом, проходит через полупрозрачное зеркало и попадает в окуляр 6. Окуляр дополнительно увеличивает изображение и проецирует его в глаз. Увеличение микроскопа можно определить по формуле $M_m = M_{об} \times M_{ок}$, где $M_{об}$ и $M_{ок}$ – увеличение объектива и окуляра. Для получения изображения необходимо установить изучаемый шлиф на предметный стол микроскопа полированной поверхностью в сторону объектива. Включить микроскоп тумблером на блоке питания. Посмотреть в окуляр микроскопа и, вращая рукоятку грубой настройки резкости микроскопа, приблизить объектив к шлифу до появления изображения. Получить резкое изображение с помощью рукоятки тонкой на-стройки. При изучении шлифа перемещать образец с помощью винтов предметного стола. В технике применяют обычно не чистые металлы, а сплавы, в состав которых входят два и более компонентов (элементов). В зависимости от химического состава и условий производства сплавы могут состоять из одной или нескольких фаз.

Фаза – это однородная часть сплава, отделённая от других поверхностью раздела, при переходе через которую кристаллическая решётка, химический состав и свойства резко изменяются.

Фазовый состав сплава показывает:

- какие фазы в него входят;
- химический состав каждой фазы;

- количество каждой фазы.

Структура сплава показывает форму, размеры и взаимное расположение зёрен каждой фазы в материале.

Только зная фазовый состав и структуру сплава, можно точно предсказать и объяснить его свойства! Рассмотрим различные структуры, которые может иметь технически чистый металл на стадиях его металлургического передела (рис. 4).

После выплавки и заливки в форму начинается затвердевание металла. При кристаллизации также проявляется анизотропия – зародыши образуются не круглой равноосной формы, а в виде иголочек в направлении, где его скорость роста максимальна. В кристаллах с кубической решёткой – это обычно направление ребра куба. Спустя некоторое время на образовавшихся иглах появляются «ветки» – отростки в направлении другого ребра куба. Такие кристаллы называют дендритами («dendros» – дерево). Полученная структура литого металла (рис. 4, а) имеет высокую неоднородность химического состава – все вредные примеси собираются между дендритами, резко охрупчивая металл.

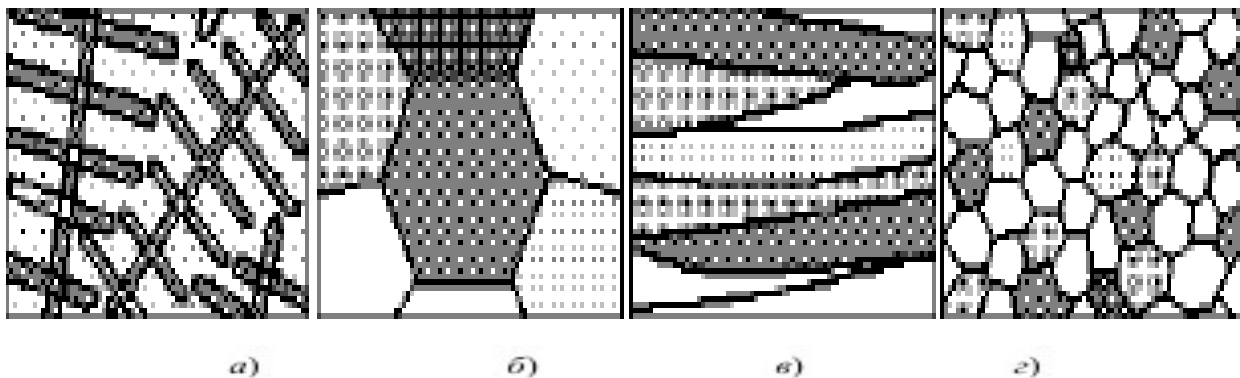


Рис. 4. Структуры передела металла:

а – литой; *б* – отожженный; *в* – деформированный; *г* – после рекристаллизации

Для улучшения качества слитки подвергают выравнивающему (гомогенизирующему) отжигу при температуре, близкой к температуре плавления, $t = (0,7...0,8)$ тпл. Такой нагрев активизирует диффузию атомов, и они располагаются равномерно по всему объёму. Одновременно при этом образуется крупное равноосное зерно в структуре отожжённого металла в виде правильных многогранников (рис. 4, б). Для придания металлу необходимой формы (с поперечным сечением в виде круга, квадрата, прямоугольника, двутавра и др.) слитков подвергают пластической деформации. При этом меняется структура металла: при холодной пластической деформации зерна вытягиваются и утоняются, превращаясь в волокна (рис. 4, в). Для улучшения комплекса механических и технологических свойств металл после пластической деформации подвергают повторному отжигу (рекристаллизационному) при более низкой температуре. При этом формируется мелкозернистая структура отожжённого металла (рис. 4, г), которая обеспечивает хорошую обрабатываемость резанием. Таким образом, в зависимости от состояния металла (стадии его передела) структура меняется, что вызывает изменение его свойств. Очень часто при микроанализе ставится вопрос – описать структуру сплава. При этом необходимо перечислить все структурные составляющие и указать фазы, из которых они состоят (обычно это пишут на рисунке структуры сплава на выносных линиях).

Ход работы

1. Изучить методические рекомендации к выполнению работы.

2. Получить у преподавателя набор микрошлифов чугуна и исследовать их под микроскопом, используя увеличение от 300 до 600 раз;
3. Сравнить изображения наблюдаемых структур с фотографиями;
4. Зарисовать схемы изученных микроструктур в квадратах размером 3х3 см;
5. Указать для каждой изученной структуры ее вид, увеличение, форму графита, структуру металлической основы, оценить приблизительно механические свойства, присвоить марку.
6. Указать применение каждого вида чугуна.

Серый чугун имеет в изломе серый цвет, что объясняется присутствием в его структуре графита. В зависимости от формы графита различают:

- серый чугун обычной прочности (пластинчатая форма графитовых включений),
- высокопрочный чугун (шаровидная форма графита),
- ковкий чугун (хлопьевидная форма графита).

Графит в структуре серых чугунов выделяется на фоне металлической основы.

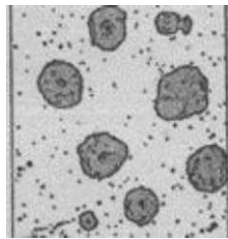
Металлическая основа чугунов имеет структуру стали и может быть трех видов: ферритная, ферритно-перлитная и перлитная.

Структура металлической основы в чугунах проявляется после травления микрошлифа, в то время, как форму графитовых включений можно увидеть и на нетравленном шлифе.

Формы графита в чугунах до травления представлены на схеме.



Графит пластинчатый

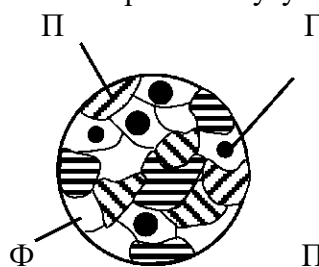


Графит шаровидный



Графит хлопьевидный

После травления становится ясной структура металлической основы, например: высокопрочный чугун на ферритно-перлитной основе схематически выглядит так:



П - перлит; Г - графит; Ф - феррит.

Контрольные вопросы

1. Что называется чугуном?
2. Какие чугуны называются серыми?
3. Какая форма графита характерна для структуры серого чугуна обычной прочности?
4. Какими свойствами характеризуются серые чугуны обычной прочности, как маркируются?
5. Какими свойствами характеризуются высокопрочные чугуны, как маркируются?
6. Какими свойствами характеризуются ковкие чугуны, как маркируются?

БЛАНК ОТЧЁТА О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4

«Ознакомление со структурой и свойствами чугунов».

Ф.И.О. студента _____

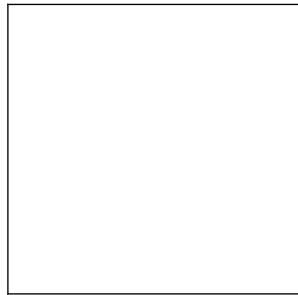
Группа _____

Дата _____

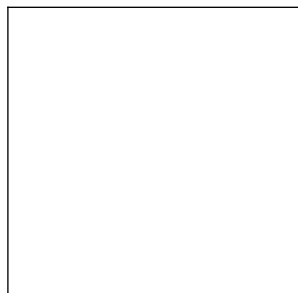
Преподаватель _____

Оценка _____

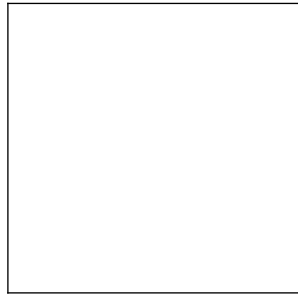
1. Серый чугун обычной прочности на ферритно-перлитной основе.



2. Высокопрочный чугун на перлитной основе



3. Ковкий чугун на ферритной основе.



Вывод: _____

Лабораторная работа №5 Определение структуры металла с помощью металлографического микроскопа

Цель работы:

1. Выбирать материалы на основе анализа их свойств для применения в производственной деятельности.
2. Определить марку материала образца.

Задачи работы:

1. Научиться проводить испытания для различных материалов.
2. Научиться определить марку материала образца.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №5 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Оборудование:

1. Металлографический микроскоп «Метам ЛВ».
2. Набор микрошлифов углеродистых сталей.
3. Фотографии микроструктур металлов и сплавов.
4. Диаграмма Fe-Fe₃C.

Литература

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ
2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,
3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Из 106 элементов периодической системы Д.И. Менделеева 82 металла, поэтому изучение их структуры и свойств так важно для практических целей в машиностроении. Металлы обычно являются кристаллическими телами или кристаллами. Кристаллом называют бесконечное упорядоченное расположение атомов в пространстве. Все кристаллические материалы обладают анизотропией – зависимостью свойств материала от направления в нём. Это объясняется тем, что в каждом направлении в кристалле расстояние между атомами или молекулами строго определённое, а значит и силы взаимодействия между ними в каждом случае различные. Реальные кристаллы содержат большое количество нарушений в упорядоченном расположении атомов. Поэтому чаще встречаются не моно-, а поликристаллы (рис. 1, а), которые состоят из большого количества зёрен, в которых одна и та же кристаллическая решётка (показана штриховкой) ориентирована в пространстве по-разному.

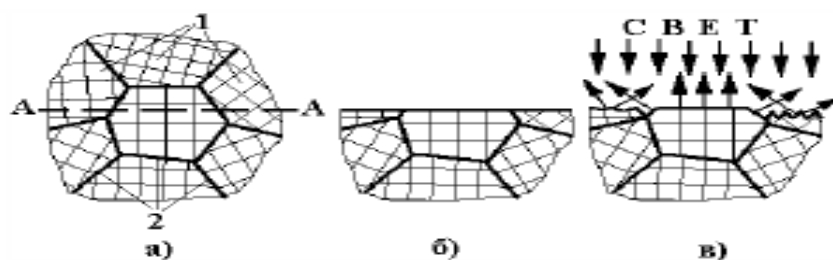


Рис. 1. Микроанализ поликристаллического материала:
а – схема поликристалла (1 – зёрна или кристаллиты; 2 – границы зёрен);
б – полированный шлиф; в – отражение света от травленого шлифа

Для проведения микроанализа образец разрезают (плоскость разреза А–А) и на одной из его половин шлифовкой и полировкой приготавливают шлиф (рис. 1, б). Его поверхность гладкая и чаще всего не показывает структуры металла. Для выявления структуры шлиф подвергают действию специального реактива – травителя, состав которого зависит от изучаемого материала и цели металлографического исследования. Обычно травители – растворы кислот, щёлочей или солей.

В процессе травления скорость и характер растворения разных зёрен шлифа будет разной из-за анизотропии, так как они выходят на поверхность шлифа разными направлениями.

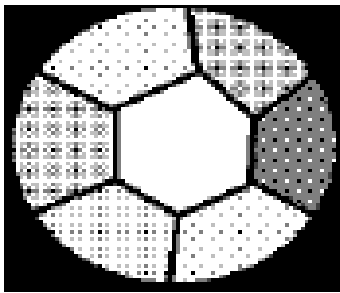


Рис. 2. Структура поликристалла однофазного сплава

Границы зёрен – это дефект кристалла, где атомы более активны и легче переходят в раствор. Поэтому на границах зёрен в поликристалле шлиф будет растравливаться сильнее (рис. 1, в). При освещении травленой поверхности лучи света будут по-разному отражаться от её рельефа. Поэтому при наблюдении шлифа в отражённых лучах будут видны светлые и тёмные зёрна, отделённые друг от друга темными полосками границ (рис. 2). Чаще всего размер зёрен в современных металлах и сплавах не превышает 10...100 микрометров (0,01...0,10 мм), что гораздо меньше разрешающей способности человеческого глаза (0,3 мм).

Поэтому металлографический анализ обычно проводят с помощью оптического микроскопа, схема которого представлена на рис. 3.

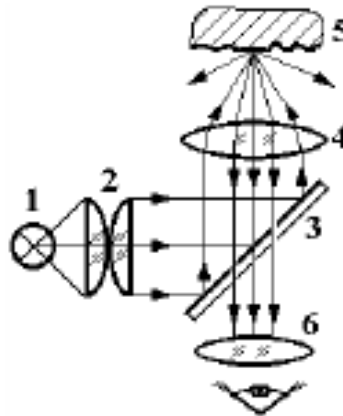


Рис. 3. Схема микроскопа на отражение:

1 – источник света; 2 – конденсор; 3 – полупрозрачное зеркало; 4 – объектив; 5 – объект; 6 – окуляр проецирует его в глаз оператора

Свет от лампы 1 попадает в конденсор 2, формирующий яркий равномерный пучок, который отражается от полупрозрачного зеркала 3, проходит через объектив 4 и фокусируется на объекте 5. Полученное изображение поверхности (в отражённых лучах) увеличивается объективом, проходит через полупрозрачное зеркало и попадает в окуляр 6. Окуляр дополнительно увеличивает изображение и проецирует его в глаз. Увеличение микроскопа можно определить по формуле $M_m = M_{об} \times M_{ок}$, где $M_{об}$ и $M_{ок}$ – увеличение объектива и окуляра. Для получения изображения необходимо установить изучаемый шлиф на предметный стол микроскопа полированной поверхностью в сторону объектива. Включить микроскоп тумблером на блоке питания. Посмотреть в окуляр микроскопа и, вращая рукоятку грубой настройки резкости микроскопа, приблизить объектив к шлифу до появления изображения. Получить резкое изображение с помощью рукоятки тонкой настройки. При изучении шлифа перемещать образец с помощью винтов предметного стола. В технике применяют обычно не чистые металлы, а сплавы, в состав которых входят два и более компонентов (элементов). В зависимости от химического состава и условий производства сплавы могут состоять из одной или нескольких фаз.

Фаза – это однородная часть сплава, отделённая от других поверхностью раздела, при переходе через которую кристаллическая решётка, химический состав и свойства резко изменяются.

Фазовый состав сплава показывает:

- какие фазы в него входят;
- химический состав каждой фазы;
- количество каждой фазы.

Структура сплава показывает форму, размеры и взаимное расположение зёрен каждой фазы в материале.

Только зная фазовый состав и структуру сплава, можно точно предсказать и объяснить его свойства! Рассмотрим различные структуры, которые может иметь технически чистый металл на стадиях его металлургического передела (рис. 4).

После выплавки и заливки в форму начинается затвердевание металла. При кристаллизации также проявляется анизотропия – зародыши образуются не круглой равноосной формы, а в виде иголочек в направлении, где его скорость роста максимальна. В кристаллах с кубической решёткой – это обычно направление ребра куба. Спустя некоторое время на образовавшихся иглах появляются «ветки» – отростки в направлении другого ребра куба. Такие кристаллы называют дендритами («dendros» – дерево). Полученная структура литого металла (рис. 4, а) имеет высокую неоднородность химического состава – все вредные примеси собираются между дендритами, резко охрупчивая металл.

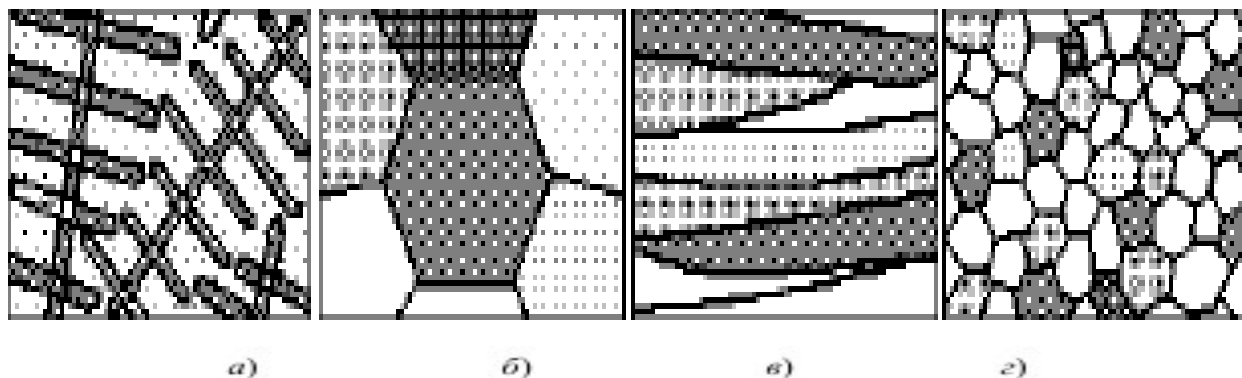


Рис. 4. Структуры передела металла:

а – литой; *б* – отожженный; *в* – деформированный; *г* – после рекристаллизации

Для улучшения качества слитки подвергают выравнивающему (гомогенизирующему) отжигу при температуре, близкой к температуре плавления, $t = (0,7...0,8)$ тпл. Такой нагрев активизирует диффузию атомов, и они располагаются равномерно по всему объёму. Одновременно при этом образуется крупное равноосное зерно в структуре отожжённого металла в виде правильных многогранников (рис. 4, б). Для придания металлу необходимой формы (с поперечным сечением в виде круга, квадрата, прямоугольника, двутавра и др.) слитков подвергают пластической деформации. При этом меняется структура металла: при холодной пластической деформации зерна вытягиваются и утоняются, превращаясь в волокна (рис. 4, в). Для улучшения комплекса механических и технологических свойств металл после пластической деформации подвергают повторному отжигу (рекристаллизационному) при более низкой температуре. При этом формируется мелкозернистая структура отожжённого металла (рис. 4, г), которая обеспечивает хорошую обрабатываемость резанием. Таким образом, в зависимости от состояния металла (стадии его передела) структура меняется, что вызывает изменение его свойств. Очень часто при микроанализе ставится вопрос – описать структуру сплава. При этом необходимо перечислить все структурные составляющие и указать фазы, из которых они состоят (обычно это пишут на рисунке структуры сплава на выносных линиях).

К углеродистым сталям относятся сплавы железа с углеродом с массовой долей углерода от 0,02 до 2,14 %. Основными компонентами углеродистых сталей являются железо и углерод. Железо является полиморфным металлом, имеющим разные кристаллические решетки в различных температурных интервалах. При температурах ниже 910 °С, железо существует в α -модификации, кристаллическое строение которой представляет собой объемно-центрированную кубическую решетку. Эта аллотропическая модификация

железа называется α -железом. В интервале температур от 910 °С до 1392 °С существует γ -железо с гранцентрированной кубической решеткой.

Углерод является неметаллическим элементом, обладающим полиморфизмом. В природе встречается в виде графита и алмаза. В углеродистых сталях эти компоненты взаимодействуют, образуя, и зависимости от их количественного соотношения и температуры, разные фазы, представляющие собой однородные части сплава. Это взаимодействие заключается том, что углерод может растворяться как в жидком (расплавленном) железе, так и в различных его модификациях в твердом состоянии. Кроме того, он может образовывать с железом химическое соединение. Таким образом, в углеродистых сталях различают следующие фазы: жидкий сплав (Ж), твердые растворы - феррит (Φ) и аустенит (А) и химическое соединение цементит (Π).

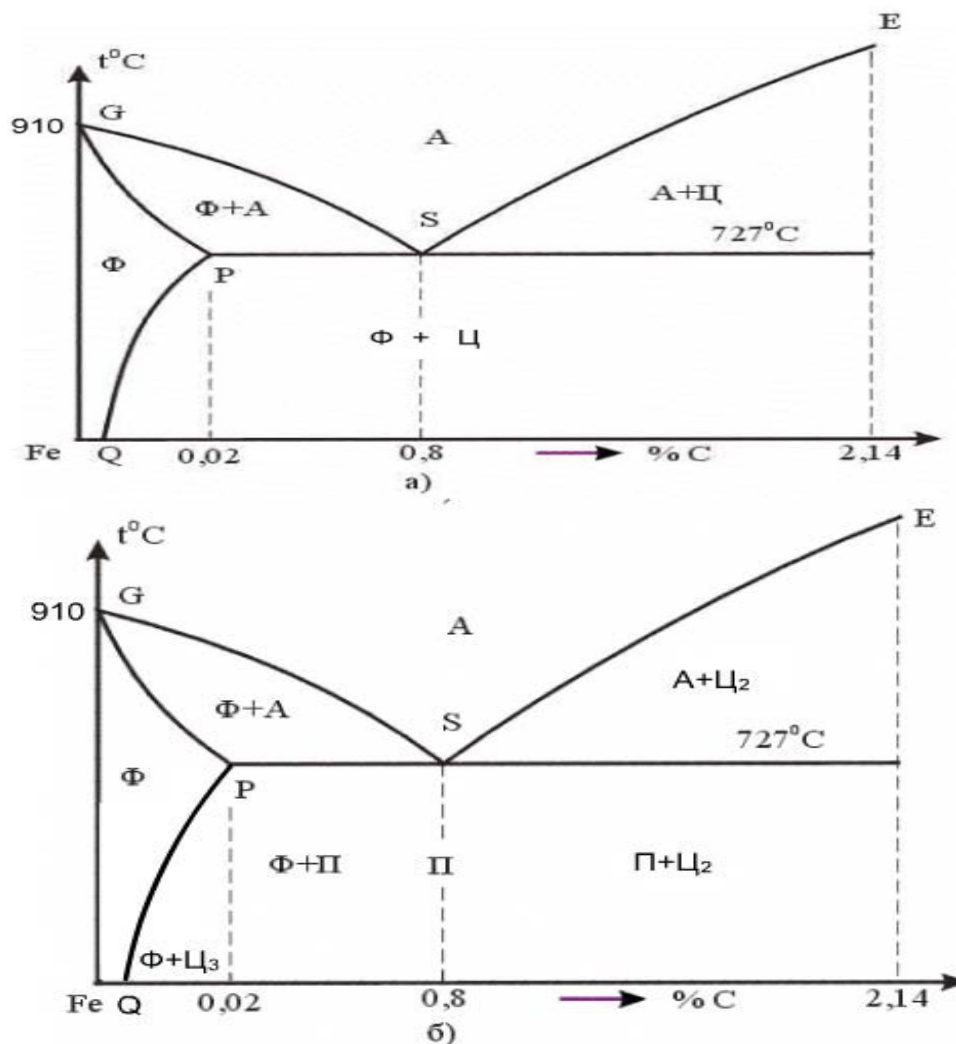


Рис. 1. Фрагмент диаграммы состояния “железо-цементит”:
а) фазовая ; б) структурная.

Феррит - твердый раствор внедрения углерода в α -железе. Имеет объемно-центрированную кубическую решетку и содержит при нормальной температуре менее 0,006 % углерода. У феррита низкие твердость и прочность, высокие пластичность и ударная вязкость.

Аустенит - твердый раствор внедрения углерода в γ -железе, при нормальной температуре в углеродистых сталях в равновесном состоянии не существует.

Цементит - химическое соединение железа с углеродом, карбид железа Fe_3C . Он обладает сложной кристаллической решеткой, содержит 6,67 % углерода. Для цементита характерна высокая твердость и очень низкая пластичность.

Согласно фазовой диаграмме "железо - цементит" (рис. 1а) углеродистые стали при нормальной температуре состоят из двух фаз: феррита и цементита. Одному проценту

углерода соответствует 15 процентов цементита. Исходя из этого массовая доля цементитной фазы находится умножением массовой доли углерода, содержащегося в стали, на 15. Поскольку в феррите содержится очень малая доля процента углерода, то практически весь углерод, имеющийся в стали, входит в состав цементита. Поэтому увеличение массовой доли углерода в стали ведет к увеличению массовой доли цементитной фазы, что приводит к повышению твердости и прочности, понижению пластичности и ударной вязкости.

Фазы в углеродистых сталях определенным образом располагаются в их объемах, образуя в зависимости от массовой доли углерода, ту или иную структуру. Равновесные структуры углеродистых сталей указываются на структурной диаграмме "железо - цементит" (рис. 16).

Влияние массовой доли углерода на структуру и механические свойства стали

По сопоставлению с эвтектоидным составом углеродистые стали подразделяются на: доэвтектоидные, эвтектоидную и заэвтектоидные. Эвтектоидная сталь содержит 0,8 % С и имеет перлитную структуру (рис. 2б) – эвтектоидная смесь феррита и цементита. Перлит любой углеродистой стали содержит 0,8 % С. Строение перлита таково, что дисперсные частицы цементита равномерно расположены в ферритной основе. В литой, горяче катанной и ковальной стали присутствует пластинчатый перлит, состоящий из пластинок феррита и цементита. В отожженной стали присутствует зернистый перлит, где цементит находится в форме зернышек. На рис. 2б схематически изображено пластинчатое строение перлита, в котором темные полосы представляют тени на светлом фоне феррита от выступающих после травления шлифа цементитных частиц. При микроскопическом исследовании для случая большой степени дисперсности цементитных частиц или малых увеличений микроскопа двухфазное строение перлита может не выявляться. В таких случаях перлит выявляется и виде сплошного темного фона.

Доэвтектоидные стали содержат от 0,02 до 0,8 % С и имеют ферритно-перлитную структуру (рис. 2а). Здесь светлые зерна – это феррит, а темные участки представляют собой перлит, являющийся двухфазной структурной составляющей, состоящей из пластинок феррита и цементита.

Количественное соотношение этих структурных составляющих зависит от массовой доли углерода в стали. Поскольку феррит содержит очень мало углерода (менее 0,006 %), то основным носителем углерода в доэвтектоидной стали является перлит, характеризующийся постоянной массовой долей углерода (0,8 %). Поэтому с увеличением в стали массовой доли углерода доля перлита в структуре увеличивается, а феррита соответственно уменьшается. Изменение структуры влечет за собой изменения механических свойств. Направление этих изменений можно определить на основе сопоставления свойств структурных составляющих. Перлит содержит 88 % ферритной фазы и 12 % цементитной и поэтому, по сравнению с ферритной структурной составляющей, обладает большей твердостью и прочностью. Следовательно, с увеличением массовой доли углерода в доэвтектоидной стали увеличивается доля перлита в ее структуре, что приводит к увеличению твердости и прочности и уменьшению пластичности и ударной вязкости.

Заэвтектоидные стали содержат углерода от 0,8 до 2,14 % и имеют структуру, которая состоит из перлита и цементита (рис. 2в). Структурно-свободный цементит (цементит вторичный) в объеме медленно охлажденной стали располагается вокруг перлитных зерен и металлографически это проявляется в виде цементитной сетки. Такое расположение вторичного цементита способствует повышению хрупкости и снижению вследствие этого, прочности. Поэтому от цементитной сетки избавляются путем отжига на зернистый перлит, добываясь более равномерного распределения зерен цементита в стали.

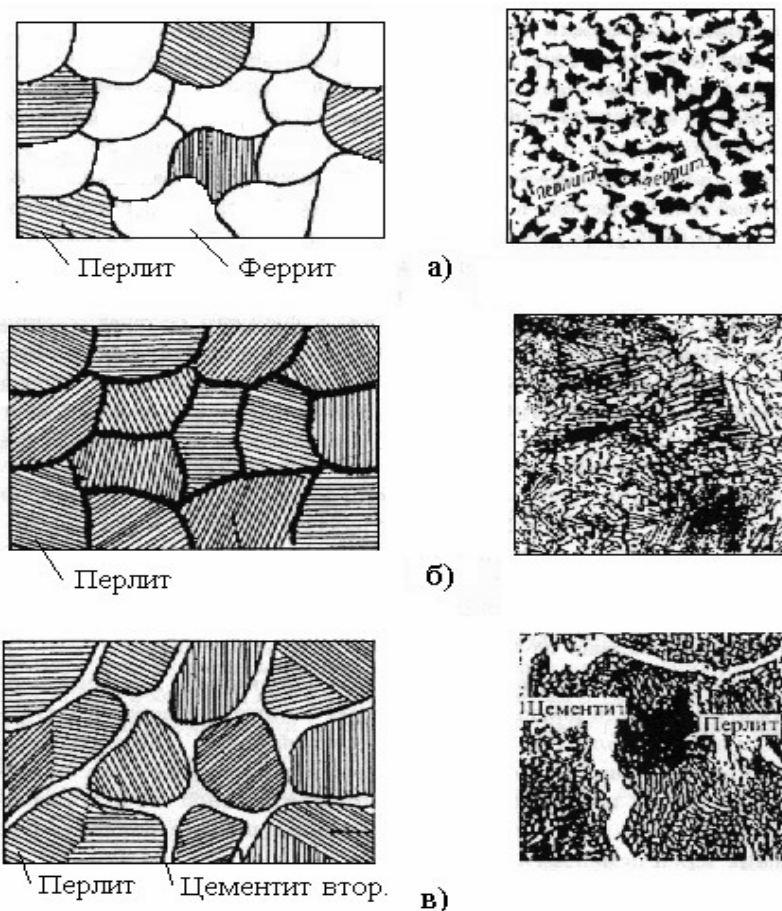


Рис .2. Микроструктура углеродистых сталей:

а) доэвтектоидной; б) эвтектоидной; в) заэвтектоидной
(слева – схематическое изображение).

Определение массовой доли углерода в стали и марки стали по ее структуре

Возможность определения массовой доли углерода в стали по структуре, обусловливается тем обстоятельством, что структурные составляющие медленно охлажденной, т.е. находящейся в равновесном состоянии стали, содержат определенные и постоянные массовые доли углерода. При изменении доли углерода в такой стали в пределах данной структурной группы (доэвтектоидная, заэвтектоидная) изменяется только количественное соотношение структурных составляющих. Из этого вытекает, что определение массовой доли углерода может производиться только по равновесной структуре.

Поскольку плотности структурных составляющих сталей близки,

то соотношение их массовых долей можно заменить соотношением занимаемых ими площадей.

В доэвтектоидных сталях массовая доля углерода определяется по формуле:

$$C = \frac{F_n \cdot 0.8\%}{100}$$

где F_n – площадь поля зрения микроскопа, занимаемая перлитом, %;
0,8 – % C в перлите.

Рассчитав массовую долю углерода заданной доэвтектоидной стали по формуле, можно по табл. 2 определить марку этой стали.

Пример. Визуально установлено, что в стали 60% перлита и 40% феррита.
Составляем пропорцию:

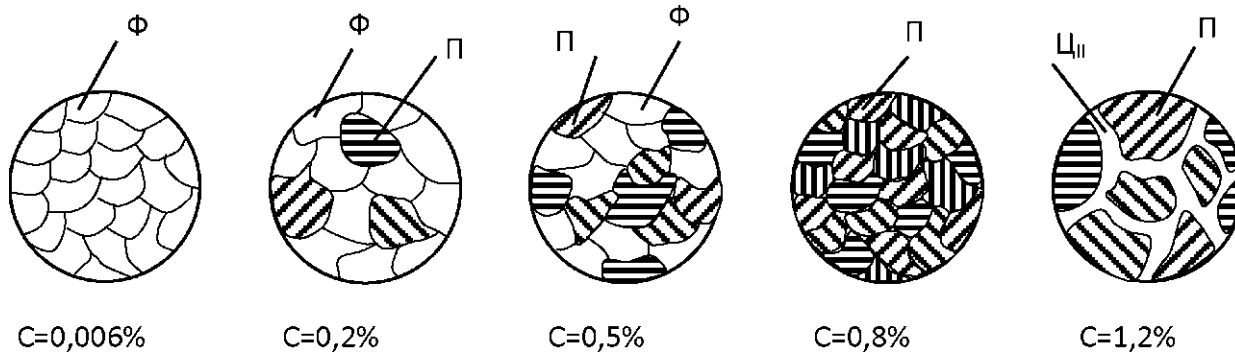
100% П - 0,8% С

60% П - x % С.

$$\text{отсюда: } x = \frac{0,8 \cdot 60}{100} = 0,48\%$$

Согласно ГОСТ 1050-88 качественную конструкционную углеродистую сталь маркируют согласно количеству углерода номерами (10, 15, 20, 25... 45, 50, 55).

Следовательно, в нашем примере ближайшей по содержанию углерода маркой будет сталь 50



Схемы микроструктуры железа и углеродистых сталей с различным содержанием углерода

Ход работы

1. Изучить методические рекомендации к выполнению работы.
2. Получить у преподавателя набор микрошлифов и исследовать их под микроскопом, используя увеличение от 300 до 600 раз;
3. Сравнить изображения наблюдаемых структур с фотографиями;
4. Зарисовать схемы изученных микроструктур в квадратах размером 3x3 см;
5. Указать для каждой изученной структуры ее вид, увеличение, примерное содержание углерода, структурные составляющие, примерную марку стали, предполагаемые свойства данной стали, ее применение.

Контрольные вопросы

1. Какие сплавы называются сталями?
2. На какие структурные группы делятся стали при нормальных условиях?
3. Какими структурными составляющими обладает до-, за- и эвтектоидная сталь?
4. Как определить марку эвтектоидной стали по ее микроструктуре?
5. Как определить марку доэвтектоидной стали по её микроструктуре?

БЛАНК ОТЧЁТА О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №5

«Определение структуры металла с помощью металлографического микроскопа».

Ф.И.О. студента _____

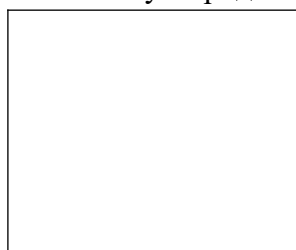
Группа _____

Дата _____

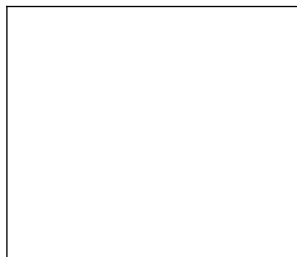
Преподаватель _____

Оценка _____

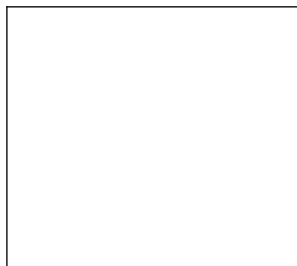
1. Техническое железо- феррит. Количество углерода не более 0,02%.



2. Эвтектоидная сталь - перлит



3. Доэвтектоидная сталь - феррит + перлит.



4. Заэвтектоидная сталь - перлит + цементит



Вывод: _____

Лабораторная работа №6 Ознакомление со структурой и свойствами цветных металлов.

Цель работы: изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение типовых цветных металлов машиностроения.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №6 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Оборудование:

1. Металлографический микроскоп «Метам ЛВ».
2. Набор микрошлифов цветных металлов.
3. Фотографии микроструктур цветных металлов.

Литература

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ
2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,
3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

К цветным относится обширная группа металлов следующих классов:

- *легкие* металлы являются основой сплавов для машиностроения, судостроения, самолетостроения. Это преимущественно алюминий и титан, реже магний;

- *легкоплавкие* металлы преимущественно используются для изготовления антифрикционных сплавов: это свинец, олово, цинк. Такие сплавы часто в виде тонкого слоя наносятся на рабочую поверхность стальной основы подшипников скольжения машин и механизмов;

- *редкоземельные* металлы применяются в качестве добавок к различным сплавам (сталям и др.) с целью улучшения их свойств;

- *благородные* металлы (золото, серебро, платина и др.) используются в электротехнике, электронике, радиотехнике;

- *урановые* металлы получили применение в атомной энергетике;

- *тугоплавкие* металлы (ниобий, тантал, молибден, вольфрам) применяются для изготовления изделий, работающих при особо высоких температурах до 1500...2000 °С.

Из цветных металлов наибольшее использование имеет **алюминий**, содержание которого в земной коре равно 8,8 %. Алюминиевые сплавы применяют для кузовов, рам, элементов дверей, радиаторов, колес автомобилей, блоков цилиндров, головок блоков, поршней двигателей внутреннего сгорания и других деталей машин.

Алюминиевые сплавы остаются одним из основных конструкционных материалов в производстве летательных аппаратов. Из них изготавливают элементы конструкций самолетов, воспринимающие действие механических сил: шпангоуты, лонжероны, нервюры и др. Сплавы в виде листов применяют для обшивки корпусов ракет и самолетов, изготовления топливных и масляных баков (сплав алюминий-магний, дуралюмин, алюминий - литые сплавы и др.). Поковки и штамповки получают из ковочных сплавов марок 1360 (АК6) и 1380 (АК8). В серийном производстве освоены новые алюминиевые сплавы, имеющие в два раза меньшее содержание вредных примесей и повышенное сопротивление к образованию трещин. Из этих сплавов промышленность производит листы длиной до 9 метров и плиты длиной до 25 метров.

Расширяется применение титановых сплавов преимущественно в судостроении и авиационной технике. Сплавы обычно получают способом вакуумно-дуговой плавки с расходуемым электродом. Выплавляемые титановые слитки имеют диаметр 500...800 мм, массу 5...8 тонн и далее подвергаются обработке давлением: ковке на молотах, прокатке на станах и др. Основными видами деформируемых титановых полуфабрикатов являются поковки, штамповки, прутки, профили, трубы.

На основе алюминия, меди, магния, титана и не которых других цветных металлов разработаны сплавы, перечень основных видов которых по государственным стандартам приведен в табл. 16.

Таблица 16. Перечень основных разновидностей промышленных цветных материалов по государственным стандартам

№ ГОСТа	Наименование стандарта
493-79	Бронзы безоловянные литейные. Марки
613-79	Бронзы оловянные литейные. Марки
1320-74	Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия
1583-89Е	Сплавы алюминиевые литейные. Марки
2856-79	Сплавы магниевые литейные. Марки
4784-74	Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки
5017-74	Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки
14957-76	Сплавы магниевые деформируемые. Марки
15527-70	Сплавы медноцинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки
17711-80	Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки
18175-78	Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки
19807-91	Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки
28873-90	Сплавы на основе тяжелых цветных металлов, обрабатываемые давлением. Унифицированные марки.

Описание микроструктур цветных сплавов лабораторной коллекции шлифов дано в табл. 17, а схемы микроструктур приведены на рис. 14. Применяемые в современной технике цветные материалы на основе алюминия, меди, титана и других металлов подразделяются на деформируемые и литейные. Из *деформируемых сплавов* получают различными способами горячей и холодной обработки давлением кованные и штампованные заготовки, прутки, листы и прочие полуфабрикаты. Основу их структуры составляют твердые растворы.

Детали из *литейных сплавов* не обрабатываются давлением и ставятся в конструкцию машин в литом состоянии в виде фасонных отливок. Для изготовления из них отливок они должны обладать хорошими литейными технологическими свойствами: высокой способностью жидких сплавов к заполнению полостей литейной формы (жидкотекучестью), малой усадкой, небольшой склонностью к образованию трещин и др.

Таблица 17. Перечень лабораторной коллекции микрошлифов цветных сплавов

№ шлифа	Наименование	Марка	ГОСТ	Химический состав, %	Обработка сплава	Структурные составляющие
42	Дуралюмин	1160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg; 0,3...0,9Mn.	Отжиг	α -раствор и частицы интерметаллидов
43	Медно-цинковый сплав (латунь)	Л68	15527-70	Cu – основа 30-33 Zn	Холодная деформация и отжиг	Зерна α -раствора с двойниковыми кристаллами (светлые и темные)
44	Титановый сплав	BT3-1	19807-91	Ti-основа; 5,5...7Al; 2...3Mo;1; 2...5Cr; 0,15...0,4 Si; 0,2...0,7 Fe.	Отжиг	α -раствор (светлый) и β -раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё без модифицирования	Эвтектика (α +Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё с модифицированием	Дисперсная эвтектика (α +Si) и α -раствора (светлый)
47	Магниевый сплав	МЛ5	2856-79	Mg – основа 7,5...9 Al; 0,2...0,8 Zn; 0,15...0,5 Mn.	Литьё и закалка	Перенасыщенный α -раствор и Mg ₄ Al ₃
48	Бронза оловянная	BrO10Ф1	-	Cu – основа 9...11 Sn; 0,8...1,2 P	Литьё	Дендриты α -раствора (темные),

						эвтектоид (светлый) и Cu_3P
49	Баббит	Б83	1320-74	Sn – основа; 10...12 Sb; 5,5...6,5 Cu	Литьё	α -раствор, светлые крупные кристаллы β и мелкие Cu_3Sn

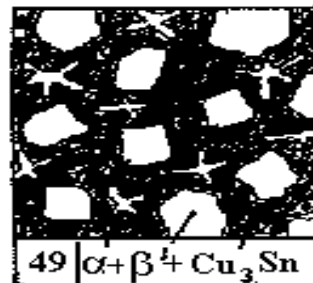
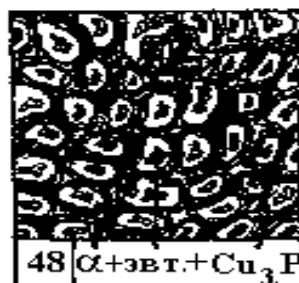
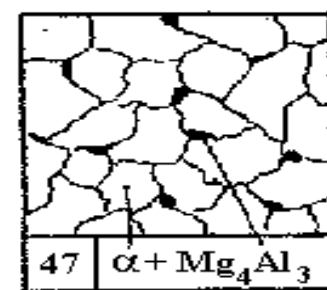
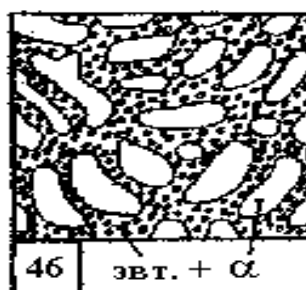
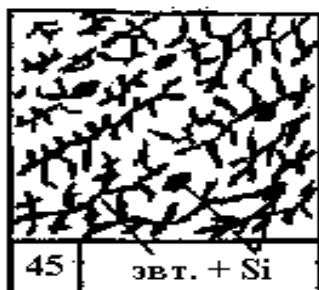
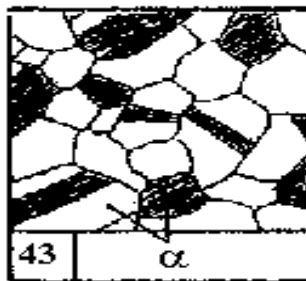
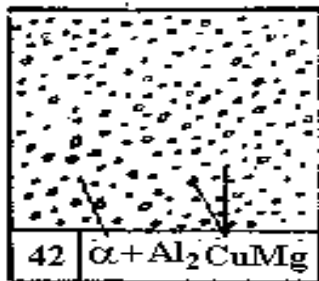


Рис. 14. Схемы микроструктур цветных сплавов.

Широкое использование получили материалы алюминий – медь – магний, дополнительно легированные марганцем (*дуралюмины*). В отожженном состоянии при содержании 3,8...4,8 % меди микроструктура дуралюминов состоит из α - твердого раствора меди в алюминии и вторичных дисперсных включений интерметаллических соединений CuAl_2 , Al_2CuMg (S-фазы).

Наиболее распространенными деформируемыми медными сплавами являются *медно-цинковые сплавы* (латуни). Двухкомпонентные сплавы медь-цинк при содержании до 39 % цинка имеют микроструктуру из одного α -твердого раствора цинка в меди (латунь Л68). Микроструктура образца, подвергнутого холодной деформации и рекристаллизационному отжигу, состоит из равновесных зерен твердого раствора α , имеющих вследствие анизотропии (зависимости свойств от направления) различных цвет от светлого до разных оттенков темного. Эти латуни применяются для получения ленты, трубок.

У латуни с содержанием 39...46 % цинка микроструктура состоит из зерен α - твердого раствора и фазы β' (упорядоченный твердый раствор на основе соединения CuZn). Такие двухфазные латуни имеют повышенную прочность при пониженной пластичности и изготавливаются в виде прутков и других полуфабрикатов.

Большинство деформируемых промышленных *титановых сплавов* получают после отжига микроструктуры из α - раствора или $\alpha+\beta$ - растворов на основе титана. Твердый раствор α на основе Ti α имеет гексагональную кристаллическую решетку, β -раствор на основе Ti β - решетку объемно-центрированного куба. Титановые сплавы характеризуются высокой удельной прочностью, хорошей сопротивляемостью коррозии.

Широкое применение имеют литейные сплавы алюминий-кремний (*силумины*). У заэвтектического сплава микроструктура состоит из эвтектики и первичных более крупных кристаллов кремния, например, у силумина АК12. Эвтектика представляет собой смесь α - твердого раствора кремния в алюминии и грубых игольчатых кристаллов кремния, играющих роль внутренних надразов (концентраторов напряжения). При модифицировании жидкого силумина натрием в количестве 0,05...0,08 % эвтектика измельчается и состоит из α раствора и мелких зерен кремния. Микроструктура модифицированного доэвтектического силумина имеет первичные светлые дендриты твердого раствора α и мелкозернистую эвтектику. Измельчение эвтектики и отсутствие в микроструктуре грубых кристаллов первичного хрупкого кремния позволяет несколько повысить прочность и пластичность силумина. Силумины применяют для изготовления фасонных отливок сложной формы.

Из литейных сплавов меди используются наиболее широко *бронзы*. Литая оловянная бронза с содержанием олова до 5...6 % имеет структуру α - твердого раствора олова в меди с развитой дендритной ликвацией. Микроструктура литой бронзы, содержащей более 6 % олова, состоит из дендритов твердого раствора α и извилистых светлых включений хрупкого эвтектоида (дисперсной смеси двух фаз: α - раствора и Cu₃₁Sn₈ (δ -фазы)).

Оловянная бронза, раскисленная фосфором, дополнительно имеет в микроструктуре небольшие включения химического соединения Cu₃P светло-голубого цвета, например, бронза марки БрО10Ф1. Оловянные бронзы применяются для изготовления сложных по форме отливок, подшипников скольжения, арматуры.

Из *магниевого* литейных сплавов наиболее широко используются сплавы магний – алюминий – цинк, например, марки МЛ5. В литом состоянии микроструктура сплава МЛ5 состоит из α -твердого раствора алюминия и цинка в магнии и включений хрупкого химического соединения Mg₄Al₃. Применение длительного нагрева отливок при 400 °С приводит к растворению части включений химического соединения в твердом растворе, что позволяет повысить пластические свойства. Охлаждение в воде дает перенасыщенный α -раствор с частицами Mg₄Al₃ (закалка). Магниевого сплавы характеризуются небольшой плотностью (1,7 г/см³).

Для заливки вкладышей подшипников скольжения широкое применение получили сплавы олово – сурьма – медь, например, *оловянный баббит* Б83. Микроструктура баббита состоит из мягкого α -твердого раствора сурьмы в олове и крупных светлых кристаллов упорядоченной β' -фазы на основе химического соединения SnSb с высокой твердостью. Введение небольшого количества меди обеспечивает кристаллизацию в жидком растворе олова с сурьмой разветвленных дендритов ранее затвердевающего химического соединения Cu₃₁Sn₈, которые препятствуют ликвации в сплаве по плотности ("всплыванию") кристаллов β' - фазы.

Наличие в микроструктуре баббита мягкой, пластичной основы из раствора α и включений кристаллов химических соединений с высокой твердостью обеспечивает сочетание прирабатываемости подшипника к валу с износостойкостью и небольшой коэффициент трения между валом и подшипником при наличии жидкостного трения.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры типовых цветных сплавов машиностроения: алюминиевых, медных, титановых, магниевых, баббита. Микроанализ проводится, как правило, при увеличении микроскопа $\times 100$. Студентам предоставляется лабораторная коллекция микрошлифов, подготовленных для анализа.

При изучении микроструктуры с помощью описания в табл. 17 и схем микроструктур (рис. 14) устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование и марку сплава, химический состав и обработку.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
3. Теоретические положения: перечень классов цветных металлов; краткие сведения о типовых литейных и деформируемых цветных сплавах машиностроения.
4. Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка схем микроструктур всех цветных сплавов коллекции шлифов; наименование сплава, марка, химический состав, обработка, структурные составляющие.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ И САМОПРОВЕРКИ

1. Как классифицируются цветные металлы?
2. Где применяются редкоземельные, благородные, урановые, тугоплавкие, легкие, легкоплавкие металлы?
3. Какие типичные цветные металлы используются в качестве основы для создания конструкционных материалов машиностроения?
4. Какие цветные металлы применяются в качестве основы для антифрикционных сплавов подшипников скольжения?
5. Какое применение находят алюминий и его сплавы в машиностроении?
6. Какие требования предъявляются к микроструктуре деформируемых и литейных цветных сплавов?
7. Какую микроструктуру должны иметь антифрикционные сплавы?
8. Что представляет собой твердый раствор α в дуралюминах?

Лабораторная работа №7

Ознакомление со структурой и свойствами сплавов цветных металлов.

Цель работы: изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение типовых цветных сплавов машиностроения.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №7 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Оборудование:

4. Металлографический микроскоп «Метам ЛВ».

5. Набор микрошлифов сплавов цветных металлов.

6. Фотографии микроструктур сплавов цветных металлов.

Нормативная и учебная литература

1. Плешкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

К цветным относится обширная группа металлов следующих классов:

- *легкие* металлы являются основой сплавов для машиностроения, судостроения, самолетостроения. Это преимущественно алюминий и титан, реже магний;

- *легкоплавкие* металлы преимущественно используются для изготовления антифрикционных сплавов: это свинец, олово, цинк. Такие сплавы часто в виде тонкого слоя наносятся на рабочую поверхность стальной основы подшипников скольжения машин и механизмов;

- *редкоземельные* металлы применяются в качестве добавок к различным сплавам (сталям и др.) с целью улучшения их свойств;

- *благородные* металлы (золото, серебро, платина и др.) используются в электротехнике, электронике, радиотехнике;

- *урановые* металлы получили применение в атомной энергетике;

- *тугоплавкие* металлы (ниобий, тантал, молибден, вольфрам) применяются для изготовления изделий, работающих при особо высоких температурах до 1500...2000 °С.

Из цветных металлов наибольшее использование имеет **алюминий**, содержание которого в земной коре равно 8,8 %. Алюминиевые сплавы применяют для кузовов, рам, элементов дверей, радиаторов, колес автомобилей, блоков цилиндров, головок блоков, поршней двигателей внутреннего сгорания и других деталей машин.

Алюминиевые сплавы остаются одним из основных конструкционных материалов в производстве летательных аппаратов. Из них изготавливают элементы конструкций самолетов, воспринимающие действие механических сил: шпангоуты,

лонжероны, нервюры и др. Сплавы в виде листов применяют для обшивки корпусов ракет и самолетов, изготовления топливных и масляных баков (сплав алюминий-магний, дуралюмин, алюминий - литейные сплавы и др.). Поковки и штамповки получают из ковочных сплавов марок 1360 (АК6) и 1380 (АК8). В серийном производстве освоены новые алюминиевые сплавы, имеющие в два раза меньшее содержание вредных примесей и повышенное сопротивление к образованию трещин. Из этих сплавов промышленность производит листы длиной до 9 метров и плиты длиной до 25 метров.

Расширяется применение титановых сплавов преимущественно в судостроении и авиационной технике. Сплавы обычно получают способом вакуумно-дуговой плавки с расходуемым электродом. Выплавляемые титановые слитки имеют диаметр 500...800 мм, массу 5...8 тонн и далее подвергаются обработке давлением: ковке на молотах, прокатке на станах и др. Основными видами деформируемых титановых полуфабрикатов являются поковки, штамповки, прутки, профили, трубы.

На основе алюминия, меди, магния, титана и не некоторых других цветных металлов разработаны сплавы, перечень основных видов которых по государственным стандартам приведен в табл. 16.

Таблица 16. Перечень основных разновидностей промышленных цветных материалов по государственным стандартам

№ ГОСТа	Наименование стандарта
493-79	Бронзы безоловянные литейные. Марки
613-79	Бронзы оловянные литейные. Марки
1320-74	Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия
1583-89Е	Сплавы алюминиевые литейные. Марки
2856-79	Сплавы магниевые литейные. Марки
4784-74	Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки
5017-74	Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки
14957-76	Сплавы магниевые деформируемые. Марки
15527-70	Сплавы медноцинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки
17711-80	Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки
18175-78	Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки
19807-91	Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки
28873-90	Сплавы на основе тяжелых цветных металлов, обрабатываемые давлением. Унифицированные марки.

Описание микроструктур цветных сплавов лабораторной коллекции шлифов дано в табл. 17, а схемы микроструктур приведены на рис. 14. Применяемые в современной технике цветные материалы на основе алюминия, меди, титана и других металлов подразделяются на деформируемые и литейные. Из *деформируемых сплавов* получают различными способами горячей и холодной обработки давлением кованные и штампованные заготовки, прутки, листы и прочие полуфабрикаты. Основу их структуры составляют твердые растворы.

Детали из *литейных сплавов* не обрабатываются давлением и ставятся в конструкцию машин в литом состоянии в виде фасонных отливок. Для изготовления из них отливок они должны обладать хорошими литейными технологическими свойствами:

высокой способностью жидких сплавов к заполнению полостей литейной формы (жидкотекучестью), малой усадкой, небольшой склонностью к образованию трещин и др.

Таблица 17. Перечень лабораторной коллекции микрошлифов цветных сплавов

№ шлифа	Наименование	Марка	ГОСТ	Химический состав, %	Обработка сплава	Структурные составляющие
42	Дуралюмин	1160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg; 0,3...0,9Mn.	Отжиг	α -раствор и частицы интерметаллидов
43	Медно-цинковый сплав (латунь)	Л68	15527-70	Cu – основа 30-33 Zn	Холодная деформация и отжиг	Зерна α -раствора с двойниковыми кристаллами (светлые и темные)
44	Титановый сплав	BT3-1	19807-91	Ti-основа; 5,5...7Al; 2...3Mo; 1; 2...5Cr; 0,15...0,4 Si; 0,2...0,7 Fe.	Отжиг	α -раствор (светлый) и β -раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё без модифицирования	Эвтектика (α +Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё с модифицированием	Дисперсная эвтектика (α +Si) и α -раствора (светлый)
47	Магниевый сплав	МЛ5	2856-79	Mg – основа 7,5...9 Al; 0,2...0,8 Zn; 0,15...0,5 Mn.	Литьё и закалка	Перенасыщенный α -раствор и Mg ₄ Al ₃
48	Бронза оловянная	БрО10Ф1	-	Cu – основа 9...11 Sn; 0,8...1,2 P	Литьё	Дендриты α -раствора (темные), эвтектоид (светлый) и Cu ₃ P
49	Баббит	Б83	1320-74	Sn – основа; 10...12 Sb; 5,5...6,5 Cu	Литьё	α -раствор, светлые крупные кристаллы β и мелкие Cu ₃ Sn

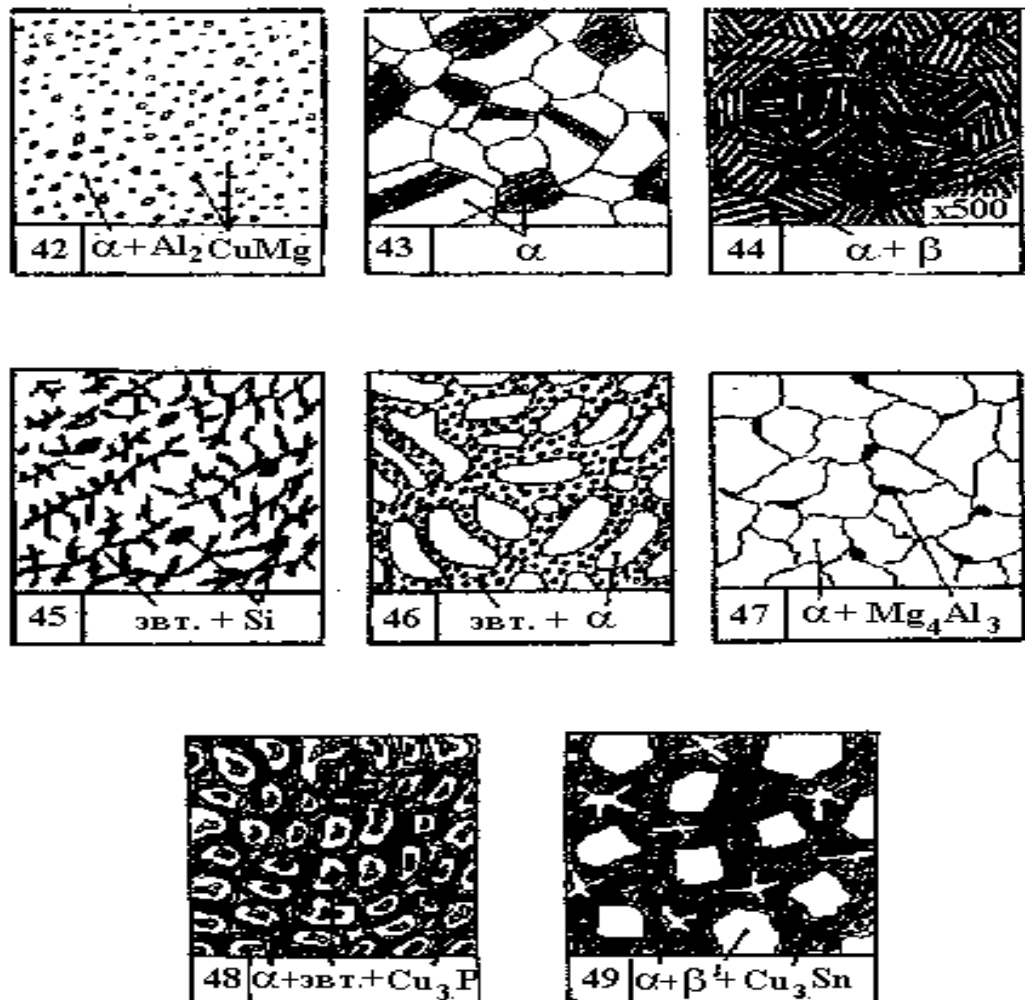


Рис. 14. Схемы микроструктур цветных сплавов.

Широкое использование получили материалы алюминий – медь – магний, дополнительно легированные марганцем (*дуралюмины*). В отожженном состоянии при содержании 3,8...4,8 % меди микроструктура дуралюминов состоит из α - твердого раствора меди в алюминии и вторичных дисперсных включений интерметаллических соединений CuAl_2 , Al_2CuMg (S-фазы).

Наиболее распространенными деформируемыми медными сплавами являются *медно-цинковые сплавы* (латуни). Двухкомпонентные сплавы медь-цинк при содержании до 39 % цинка имеют микроструктуру из одного α -твердого раствора цинка в меди (латунь Л68). Микроструктура образца, подвергнутого холодной деформации и рекристаллизационному отжигу, состоит из равновесных зерен твердого раствора α , имеющих вследствие анизотропии (зависимости свойств от направления) различный цвет от светлого до разных оттенков темного. Эти латуни применяются для получения ленты, трубок.

У латуней с содержанием 39...46 % цинка микроструктура состоит из зерен α - твердого раствора и фазы β' (упорядоченный твердый раствор на основе соединения CuZn). Такие двухфазные латуни имеют повышенную прочность при пониженной пластичности и изготавливаются в виде прутков и других полуфабрикатов.

Большинство деформируемых промышленных *титановых сплавов* получают после отжига микроструктуры из α - раствора или $\alpha + \beta$ - растворов на основе титана. Твердый раствор α на основе $\text{Ti}\alpha$ имеет гексагональную кристаллическую решетку, β -раствор на основе $\text{Ti}\beta$ - решетку объемно-центрированного куба. Титановые сплавы характеризуются высокой удельной прочностью, хорошей сопротивляемостью коррозии.

Широкое применение имеют литейные сплавы алюминий-кремний (*силумины*). У заэвтектического сплава микроструктура состоит из эвтектики и первичных более крупных кристаллов кремния, например, у силумина АК12. Эвтектика представляет собой смесь α - твердого раствора кремния в алюминии и грубых игольчатых кристаллов кремния, играющих роль внутренних надразов (концентраторов напряжения). При модифицировании жидкого силумина натрием в количестве 0,05...0,08 % эвтектика измельчается и состоит из α раствора и мелких зерен кремния. Микроструктура модифицированного доэвтектического силумина имеет первичные светлые дендриты твёрдого раствора α и мелкозернистую эвтектику. Измельчение эвтектики и отсутствие в микроструктуре грубых кристаллов первичного хрупкого кремния позволяет несколько повысить прочность и пластичность силумина. Силумины применяют для изготовления фасонных отливок сложной формы.

Из литейных сплавов меди используются наиболее широко *бронзы*. Литая оловянная бронза с содержанием олова до 5...6 % имеет структуру α - твердого раствора олова в меди с развитой дендритной ликвацией. Микроструктура литой бронзы, содержащей более 6 % олова, состоит из дендритов твердого раствора α и извилистых светлых включений хрупкого эвтектоида (дисперсной смеси двух фаз: α - раствора и $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ (δ -фазы)).

Оловянная бронза, раскисленная фосфором, дополнительно имеет в микроструктуре небольшие включения химического соединения Cu_3P светло-голубого цвета, например, бронза марки БрО10Ф1. Оловянные бронзы применяются для изготовления сложных по форме отливок, подшипников скольжения, арматуры.

Из *магниевого* литейных сплавов наиболее широко используются сплавы магний – алюминий – цинк, например, марки МЛ5. В литом состоянии микроструктура сплава МЛ5 состоит из α -твердого раствора алюминия и цинка в магнии и включений хрупкого химического соединения Mg_4Al_3 . Применение длительного нагрева отливок при 400 °С приводит к растворению части включений химического соединения в твердом растворе, что позволяет повысить пластические свойства. Охлаждение в воде дает перенасыщенный α -раствор с частицами Mg_4Al_3 (закалка). Магнневые сплавы характеризуются небольшой плотностью (1,7 г/см³).

Для заливки вкладышей подшипников скольжения широкое применение получили сплавы олово – сурьма – медь, например, *оловянный баббит* Б83. Микроструктура баббита состоит из мягкого α -твердого раствора сурьмы в олове и крупных светлых кристаллов упорядоченной β' -фазы на основе химического соединения SnSb с высокой твердостью. Введение небольшого количества меди обеспечивает кристаллизацию в жидком растворе олова с сурьмой разветвленных дендритов ранее затвердевающего химического соединения $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, которые препятствуют ликвации в сплаве по плотности ("всплыванию") кристаллов β' - фазы.

Наличие в микроструктуре баббита мягкой, пластичной основы из раствора α и включений кристаллов химических соединений с высокой твердостью обеспечивает сочетание прирабатываемости подшипника к валу с износостойкостью и небольшой коэффициент трения между валом и подшипником при наличии жидкостного трения.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры типовых цветных сплавов машиностроения: алюминиевых, медных, титановых, магниевого, баббита. Микроанализ проводится, как правило, при увеличении микроскопа $\times 100$. Студентам предоставляется лабораторная коллекция микрошлифов, подготовленных для анализа.

При изучении микроструктуры с помощью описания в табл. 17 и схем микроструктур (рис. 14) устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование и марку сплава, химический состав и обработку.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

5. Цель работы.
6. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
7. Теоретические положения: перечень классов цветных металлов; краткие сведения о типовых литейных и деформируемых цветных сплавах машиностроения.
8. Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка схем микроструктур всех цветных сплавов коллекции шлифов; наименование сплава, марка, химический состав, обработка, структурные составляющие.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ И САМОПРОВЕРКИ

1. Как классифицируются цветные металлы?
2. Где применяются редкоземельные, благородные, урановые, тугоплавкие, легкие, легкоплавкие металлы?
3. Какие типичные цветные металлы используются в качестве основы для создания конструкционных материалов машиностроения?
4. Какие цветные металлы применяются в качестве основы для антифрикционных сплавов подшипников скольжения?
5. Какое применение находит алюминий и его сплавы в машиностроении?
6. Какие требования предъявляются к микроструктуре деформируемых и литейных цветных сплавов?
7. Какую микроструктуру должны иметь антифрикционные сплавы?
8. Что представляет собой твердый раствор α в дуралюминах?

Лабораторная работа №8

Выбор режимов термообработки для деталей

Цель работы - ознакомление с методами металлографического анализа металлических материалов, получение навыков работы с металлографическим микроскопом и определение размера зерен технически чистых металлов.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №8 - овладение профессиональными компетенциями:

- ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.
- ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.
- ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.
- ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.
- ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.
- ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.
- ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.
- ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.
- ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.
- ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.
- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Оборудование:

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Термической обработкой называют процессы нагрева и охлаждения металла, проведённые по определённому режиму (рис. 1) для направленного изменения его структуры с целью получения необходимых эксплуатационных свойств.

В соответствии с равновесной диаграммой железо-углерод структура сталей мало зависит от условий их кристаллизации и полностью определяется превращениями в твёрдом состоянии при распаде аустенита. Поэтому при выборе их термообработки следует использовать «стальной» угол диаграммы Fe-Fe₃C. На рисунке 2 представлены основные режимы термообработки, применяемые для углеродистых и малолегированных сталей.

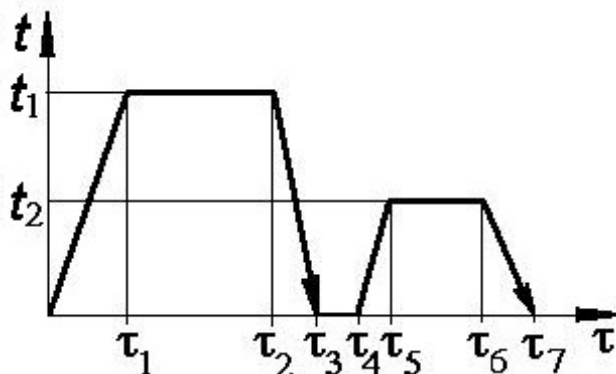


Рис. 1. График термообработки

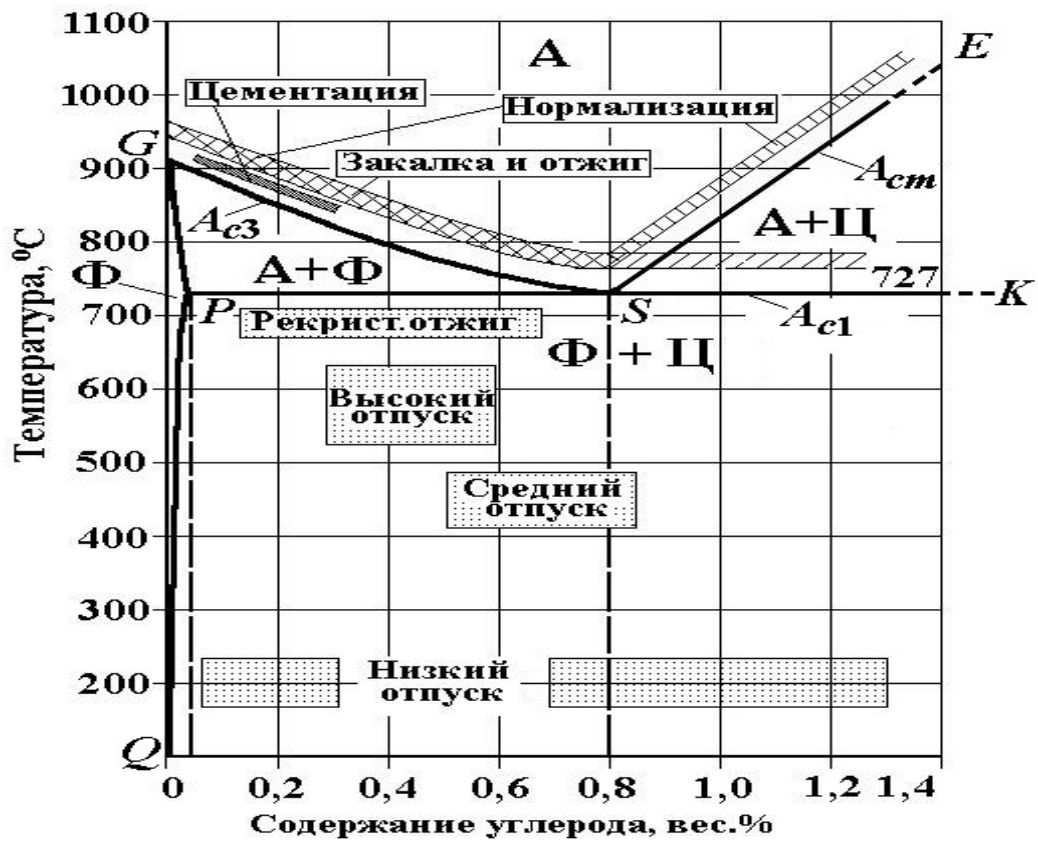
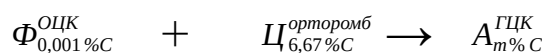


Рис. 2. Основные виды термообработки сталей

Следует помнить, что равновесная диаграмма строится в предположении, что все процессы идут при бесконечно медленном нагреве и охлаждении так, чтобы все превращения должны успеть произойти полностью. В реальных режимах термической обработки скорости намного выше как в целях получения требуемых структуры и свойств сталей, так и из экономических соображений.

При выборе режимов нагрева и охлаждения необходимо знать следующие четыре превращения, которые происходят при термической обработке стали:

I. Образование аустенита при нагревании



Цель нагрева – получение химически однородного мелкозернистого аустенита (m % C – содержание углерода по марке стали).

Механизм превращения – диффузионный (образование и рост зародышей новой фазы) с изменением кристаллической решетки железа.

Окончательная структура – равносторонние (равноосные) многоугольные зерна аустенита.

При очень медленном нагревании сталей при температуре 727 °С (линия PSK на диаграмме железо-углерод) перлит превращается в аустенит.

Критическая точка, соответствующая превращению перлита в аустенит, называется А1. В доэвтектоидных сталях при дальнейшем нагревании идёт превращение феррита в аустенит, которое заканчивается при температуре критической точки А3 (линия GS). В заэвтектоидных сталях при увеличении температуры выше А1 происходит растворение вторичного цементита, которое заканчивается в точке Аm (линия SE).

При больших скоростях нагрева, которые применяются в технологической практике,

процессы диффузии не успевают за ростом температуры, поэтому критические точки сталей при нагревании находятся выше равновесных и обозначают A_{c1} , A_{c3} и A_{cm} , соответственно.

Обычно рекомендуют для получения требуемой однородности аустенита нагревать сталь на $30...50$ °С выше соответствующей критической точки. Нагрев аустенита выше критических точек на 100 °С и более приводит к укрупнению его зерна и охрупчиванию стали.

II. Распад переохлажденного аустенита при охлаждении.

III. Мартенситное превращение аустенита при быстром охлаждении (закалке).

IV. Превращения мартенсита при нагревании (отпуске).

Эти превращения были подробно разобраны в лабораторной работе № 5.

Различные сочетания этих процессов позволяют получить необходимый комплекс свойств стали (твёрдость, прочность, упругость, вязкость и др.).

Стали по назначению делят на конструкционные и инструментальные. Для изготовления деталей конструкций необходим материал, который сочетает в себе прочность и упругость с высокой вязкостью при разрушении, которая обеспечивает его надёжность в процессе эксплуатации.

В инструментальных сталях важнейшей характеристикой является твёрдость, что сочетается часто с хрупкостью (т.е. с более низким значением вязкости).

С учётом этих требований и выбирают схемы термообработки различных сталей.

Основные виды термической обработки сталей следующие.

Отжиг – термообработка, при которой сталь нагревают до температуры выше критических точек на $30...50$ °С, выдерживают при этой температуре для прогрева заготовки и затем медленно (вместе с печью) охлаждают. Если при нагреве получают полностью однофазную структуру аустенита – это полный отжиг, если кроме аустенита присутствует феррит (в доэвтектоидных сталях) или цементит (заэвтектоидные) – неполный отжиг. Такой режим применяют для получения равновесной структуры, измельчения зерна, снижения твёрдости и улучшения обрабатываемости стальных заготовок.

Дешёвой разновидностью полного отжига является **нормализация**, которая отличается тем, что после нагрева и выдержки заготовки выгружают из горячей печи, и они остывают на воздухе. При этом структура стали будет менее равновесная, твёрдость повыше, но обрабатываемость на металлорежущих станках остаётся высокой.

Пластинчатые структуры второго превращения, получаемые после нормализации или отжига, не обеспечивают высокой надёжности стали (низкая ударная вязкость), поэтому, чтобы не допустить их появления, скорость охлаждения резко увеличивают для подавления диффузии.

Закалка стали – термообработка, при которой сталь нагревают до температуры выше критических точек на $30...50$ °С, выдерживают при этой температуре для прогрева заготовки и затем быстро охлаждают. При этом в стали из аустенита образуется мартенсит закалки.

Различают полную закалку с температуры $A_{c3} + (30...50)$ °С для доэвтектоидных сталей или $A_{c1} + (30...50)$ °С для эвтектоидной (из полностью аустенитного состояния) и неполную $A_{c1} + (30...50)$ °С для заэвтектоидных сталей. Полную закалку для заэвтектоидных сталей не применяют из-за большого количества остаточного аустенита (с низкой твёрдостью) и риска коробления или разрушения деталей.

Способность стали принимать закалку на определённую глубину называется **прокаливаемость**. Углеродистые стали имеют низкую прокаливаемость, поэтому их закалывают в воду. Прокаливаемость легированных сталей намного больше, поэтому их можно калить в масле.

Закаливаемость – это способность стали повышать твёрдость в результате закалки (чем

больше углерода растворено в аустените при нагревании, тем больше твёрдость мартенсита закалки).

Мартенсит закалки нестабилен, очень хрупок и имеет высокие остаточные напряжения из-за сильного искажения кристаллической решётки. В таком состоянии он не применим для использования в деталях конструкций или инструментах.

Для получения требуемого комплекса механических свойств и надёжности сталь после закалки подвергают нагреву.

Отпуск стали – нагрев закалённой стали, выдержка и охлаждение. Проводится с целью снятия остаточных термических напряжений и получения требуемого комплекса механических свойств стали.

В зависимости от температуры различают:

- низкий отпуск при 150...200°C, с целью снижения остаточных напряжений при сохранении высокой твёрдости на структуру мартенсита отпуска;
- средний отпуск при 450...500 °C на структуру зернистого тростита отпуска обеспечивает высокую упругость и повышенную вязкость стали;
- высокий отпуск при 550...600 °C – обработка на зернистый сорбит отпуска, сочетающий высокую вязкость и достаточно высокую прочность стали.

Иногда после среднего или высокого отпуска рекомендуется быстрое охлаждение (в сталях, легированных хромом) для предотвращения отпускной хрупкости.

В некоторых случаях при изготовлении деталей необходимо, чтобы на поверхности материал обладал высокой твёрдостью, прочностью, износостойкостью, а в сердцевине сохранял высокую вязкость. Для получения такого распределения свойств применяют методы химико-термической обработки (ХТО).

Цементация – вид ХТО, заключающийся в поверхностном насыщении стальной детали углеродом при температуре $A_{C3} + (10...20) ^\circ C$ в течение трёх – шести часов с последующей полной закалкой и низким отпуском. В результате на поверхности деталей будет твёрдый высокоуглеродистый мартенсит отпуска, а в сердцевине – вязкий малоуглеродистый мартенсит отпуска или исходная феррито-перлитная структура в случае низкой прокаливаемости стали.

Схемы термообработки сталей

Конструкционные стали

1. Цементуемые (0,15...0,30) % C – цементация; полная закалка + низкий отпуск.
2. Улучшаемые (0,35...0,50) % C – полная закалка + высокий отпуск.
3. Пружинно-рессорные (0,55...0,80) % C – полная закалка + средний отпуск.

Инструментальные стали

1. Доэвтектоидные и эвтектоидные – полная закалка + низкий отпуск.
2. Заэвтектоидные – неполная закалка + низкий отпуск на структуру мартенсит отпуска + вторичный цементит + остаточный аустенит.

Этой термообработке обычно предшествует маятниковый отжиг заэвтектоидных сталей циклические нагрев и охлаждение в диапазоне температур $A_{c1} \pm 50 ^\circ C$).

Порядок выполнения работы

1. Получить от преподавателя образцы трёх сталей с различным содержанием углерода. Измерить твёрдость на приборе Роквелла. Выбрать температуру нагрева под закалку и время выдержки для каждого из образцов. Поместить образцы в печь, нагретую до выбранной температуры, и после прогрева провести закалку в воду или масло. Измерить твёрдость на приборе Роквелла. Сравнить полученные до и после закалки значения и сделать вывод о закаливании каждой стали.
2. Назначить режим термической обработки стали (варианты в табл. 1) для получения оптимальных механических свойств, исходя из её назначения:

- определить по марке стали её назначение;
- выбрать схему термообработки стали;
- определить температурные режимы обработки;
- описать изменение структуры стали в процессе термической обработки (за исходное состояние взять отожженный металл).

При выборе режимов термической обработки в зависимости от назначения и состава стали можно пользоваться схемами, приведёнными выше.

1. Варианты марок сталей к заданию 2

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Марка стали	65С2В А	18ХГ Т	У9А	80	У7А	20Х
№ варианта	7	8	9	10	11	12
Марка стали	70С3А	9ХФ	45Г2	30ХГС	У13А	60С2ХА

№ варианта	13	14	15	16	17	18
Марка стали	50ХФ А	35ХМ	У8	60С2	4ХМФС	38ХА
№ варианта	19	20	21	22	23	24
Марка стали	75	50ХГ	У12А	15ХФ	50ХГФ А	У8Г
№ варианта	25	26	27	28	29	30
Марка стали	60С2Н 2	40ХФ А	20ХГ Р	9ХС	50Г2	50ХН

Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Описание образцов сталей, выбранные температуры закалки, значения их твёрдости до и после термообработки, сравнение закаливаемости сталей с разным содержанием углерода.
3. Результаты выбора режима термообработки стали по заданию 2.

Контрольные вопросы

1. Образование аустенита при нагревании стали. Критические точки стали.
2. Виды термообработки стали.
3. Прокаливаемость и закаливаемость стали.
4. Какую структуру имеет сталь после нагрева до выбранной температуры закалки?
5. Какую структуру имеет сталь после закалки?
6. Какую структуру имеет сталь после выбранного отпуска?

БЛАНК ОТЧЁТА О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №8

«Выбор режимов термообработки для деталей».

Ф.И.О. студента _____
Группа _____
Дата _____
Преподаватель _____
Оценка _____

Описание образцов сталей, выбранные температуры закалки.

Вывод: _____

Лабораторная работа №9

Методы получения и свойства порошковых материалов.

Цель работы: ознакомиться со способами получения порошков, технологией изготовления деталей методом порошковой металлургии и отраслями их применения, изучить влияние параметров прессования и спекания на свойства порошковых материалов.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №9 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
 2. определять виды конструкционных материалов;
- закрепление знаний:
1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Оборудование:

1. Медный порошок.
2. Пресс-форма.
3. Дозировочное устройство.
4. Гидравлический пресс.
5. Штангенциркуль.
6. Металлографический микроскоп.
7. Микрошлифы порошковых материалов.
8. Планшет порошковых электротехнических изделий.

Нормативная и учебная литература

1. Плешкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ
2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,
3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Порошковые материалы и детали из них производят из порошков методом порошковой металлургии, который является изобретением российских ученых П.С. Соболевского и В.В. Любарского в 1826 г. Метод порошковой металлургии ценен прежде всего тем, что позволяет получать материалы, которые имеют комплекс специальных физико-механических и эксплуатационных свойств,



Основные операции порошковой металлургии:

1. Изготовление порошков,
2. Формование,
3. Спекание,
4. Окончательная обработка.

Для получения порошковых (металлокерамических) изделий используют порошки с размером частиц от 0,5 до 500 мкм разной формы (осколочной, чешуйчатой, сферической). Производят порошки механическими или физико-химическими методами.

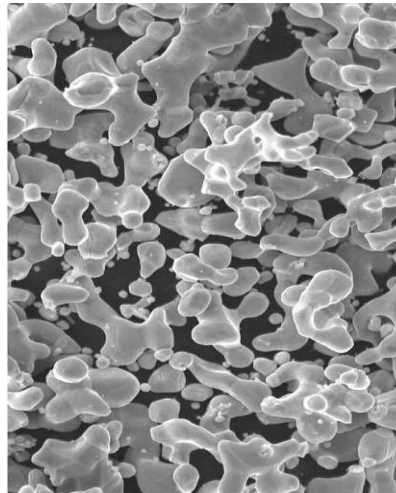
Основные технологические операции метода порошковой металлургии.

1. Изготовление порошков нужной чистоты, размеров и формы
2. Приготовление шихты определенного состава
3. Формование порошков для получения заготовки необходимой формы
4. Спекание спрессованной заготовки
5. Заключительная механическая обработка
6. Термическая, термомагнитная или химико-термическая обработка

Методы получения порошков

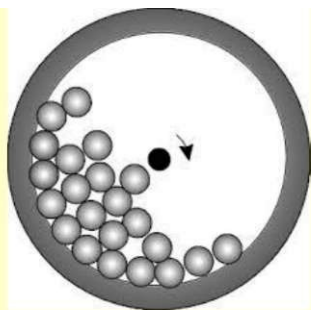
К механическим методам относятся: размол отходов (окалина, стружка, обрезки) в шаровых, вихревых или молотковых мельницах, а также распыление расплавленного металла струей воды или газа.

Физико-химические методы производства порошков - это восстановление металлов из окислов, электролитическое осаждение из растворов солей, термическая диссоциация

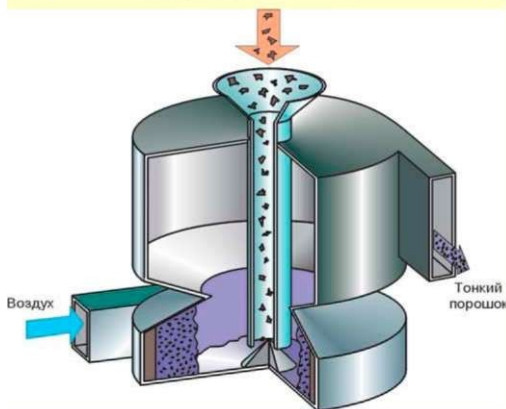


Поведение порошков при прессовании и спекании в процессе производства детали зависит от их химического состава и свойств, которые, в свою очередь, обуславливаются способом изготовления.

Механические методы получения порошков

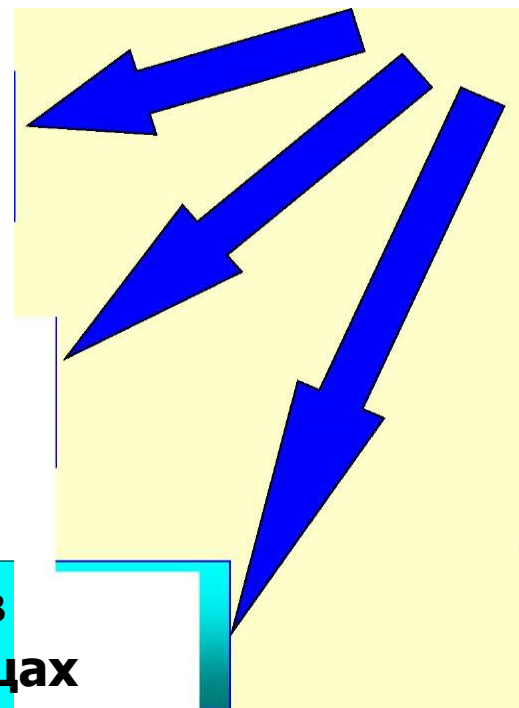
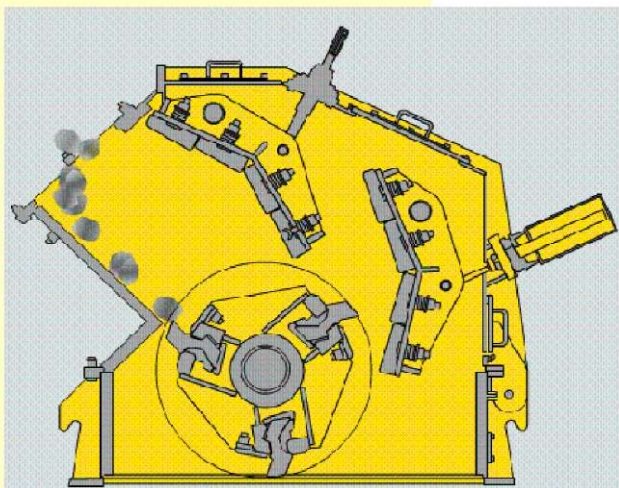


Размол отходов в шаровых мельницах



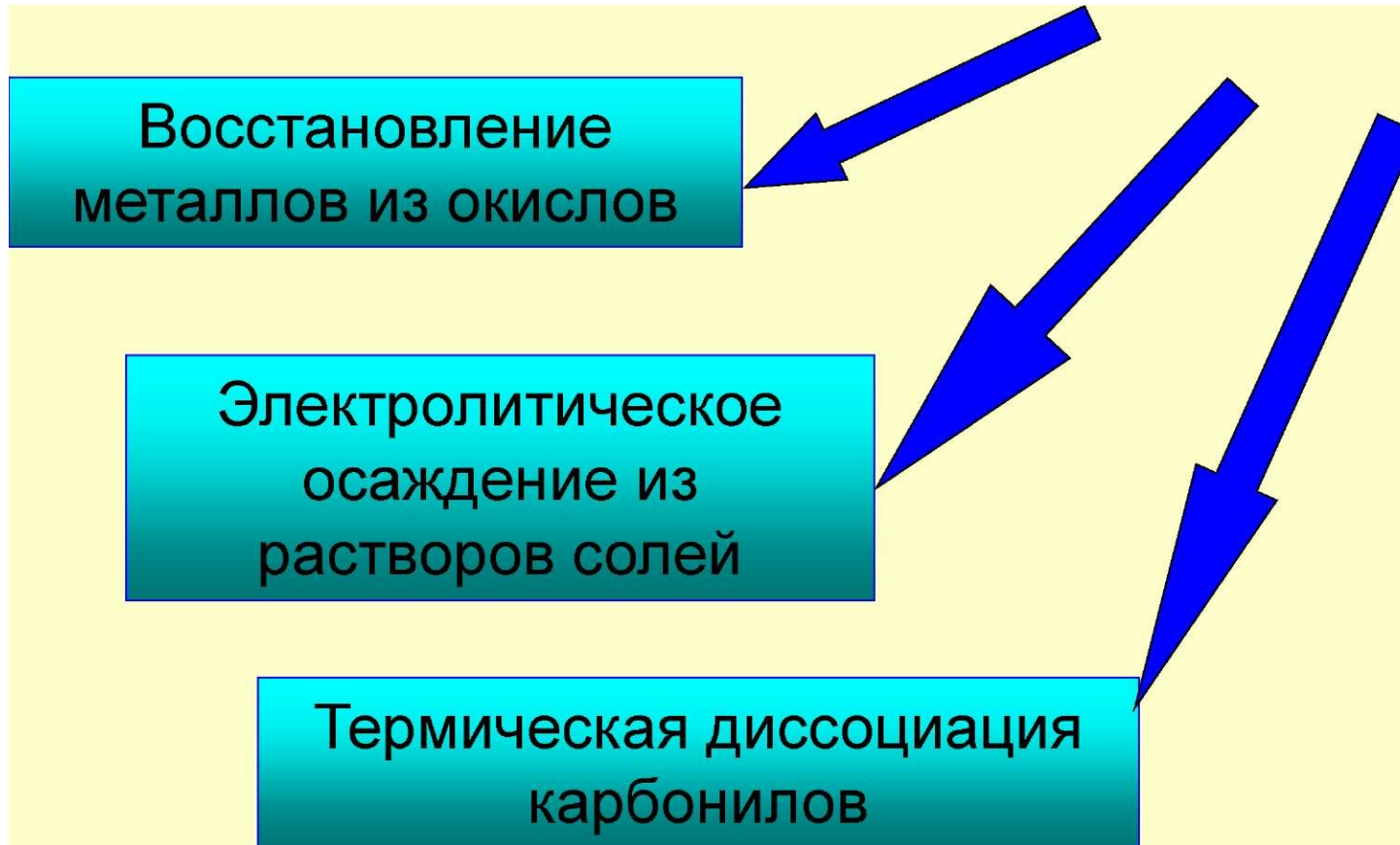
Размол отходов в вихревых мельницах

Размол отходов в молотковых мельницах



Распыление расплавленного металла

Физико-химические методы получения порошков



СВОЙСТВА ПОРОШКОВ

Технологические свойства характеризуются насыпной массой, текучестью, способностью к прессованию и спеканию порошка.

Насыпная масса - масса единицы объема свободно насыпанного порошка.



Она зависит от формы и размеров частиц, от состояния их поверхности и является очень важной характеристикой порошка.

От массы зависит стабильность размеров и формы изделия.

СВОЙСТВА ПОРОШКОВ

Текучесть - это способность порошка заполнять форму. Низкая текучесть приводит к неоднородности по плотности изделия.

Способность к прессованию зависит от пластичности материала частиц, их размеров, формы и характеризует прочность сцепления частиц под воздействием внешних усилий.



Смеситель

Спекание - это термическая обработка для обеспечения металлической связи между частицами в результате диффузии и как результат - повышение прочности, пластичности и других свойств.

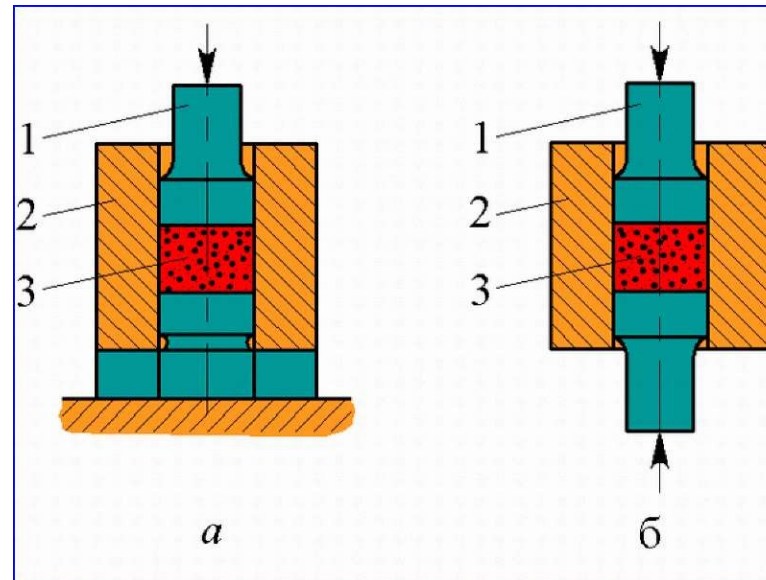
Подготовленные порошки сортируют по размерам, подбирают необходимые для изделия компоненты и тщательным образом смешивают в специальных смесителях.

Все эти операции необходимы для приготовления шихты.

ПРОЦЕССЫ ФОРМОВКИ ИЗДЕЛИЯ

Формование -это придание порошковому материалу определённой формы и размеров, обеспечение плотности и прочности, что необходимо для выполнения следующих операций изготовления изделия.

Формование может осуществляться холодным и горячим прессованием в пресс-формах, выдавливанием и прокаткой.



Холодное прессование в стальных пресс-формах - это наиболее распространённый способ формования порошков.

Схемы одностороннего (а) и двустороннего (б) холодного прессования: 1 - пуансон; 2 - пресс-форма; 3 - порошок

Для выбора режима прессования необходимо установить зависимость плотности прессовок от давления прессования. Увеличение плотности заготовки с возрастанием удельного давления прессования происходит неравномерно.

На первом этапе (1) прессования уста навливается прямолинейная зависимость между усилием прессования и плотностью



o

Усилие прессования

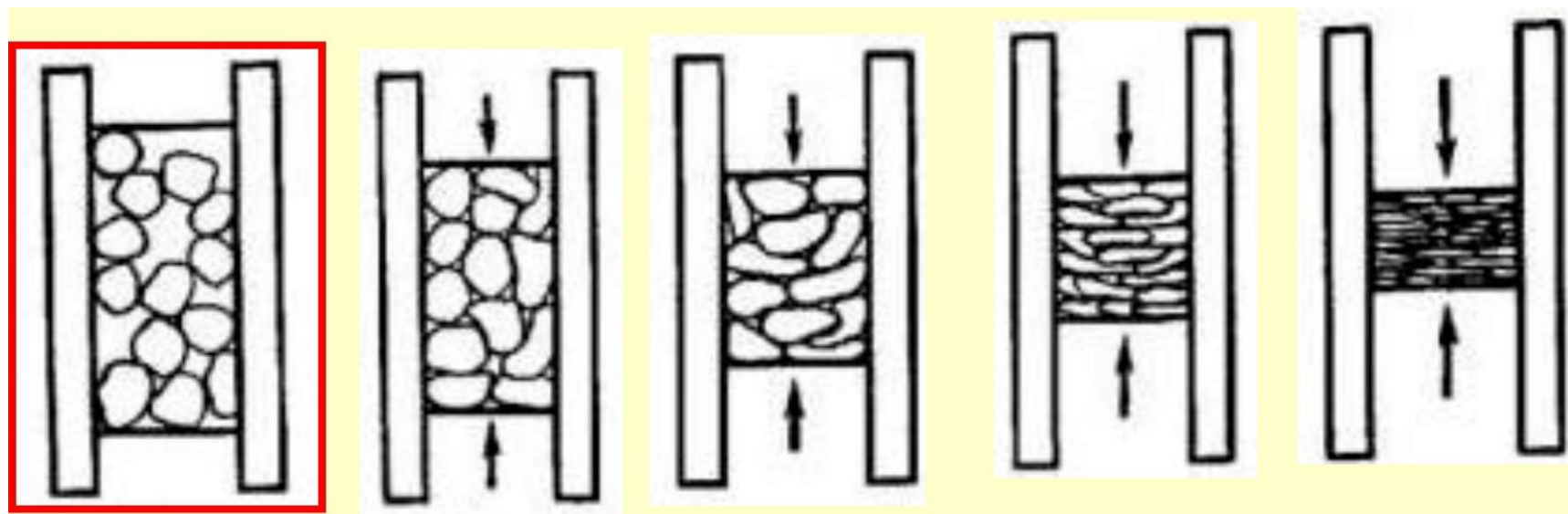
На втором этапе (2) с увеличением давления происходит дальнейшее возрастание плотности заготовок, но менее активно, чем на первом этапе, а на третьем (3) из-за наклепа повышение удельного давления не приводит к увеличению плотности прессовок.

С увеличением удельного давления прессования пористость уменьшается.

Стадии формирования порошков

При засыпке порошка в пресс-форму его частицы располагаются хаотически, образуя при этом так называемые мостики или арки.

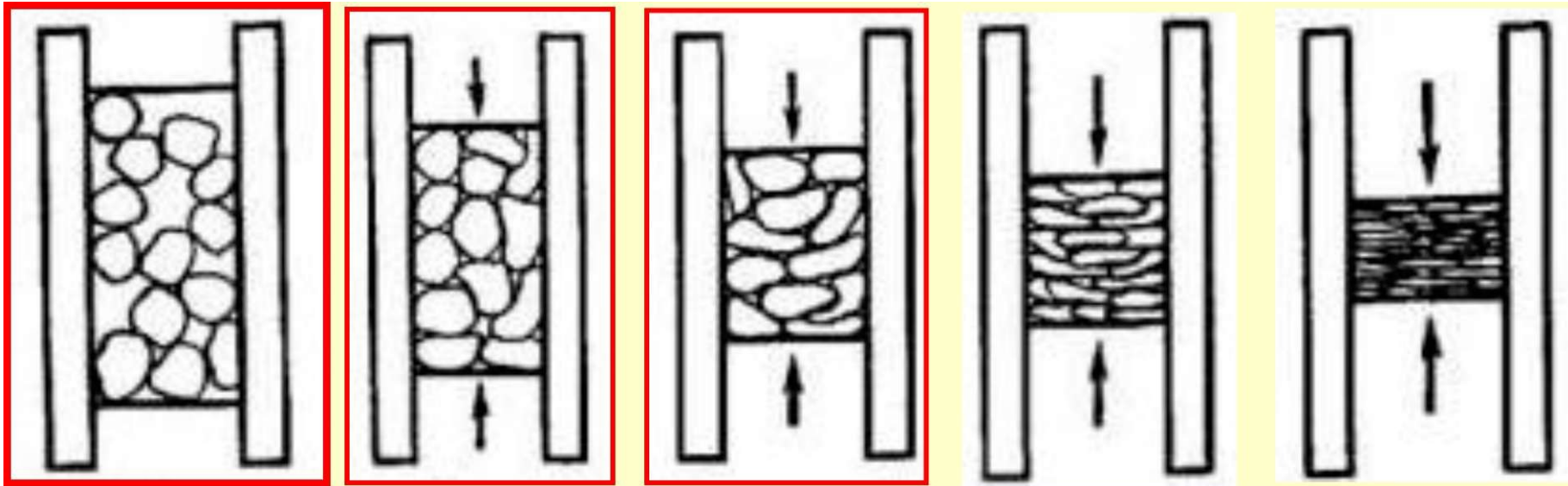
Плотность засыпанного порошка в этом случае равна его насыпной массе (а).



а

Стадии формирования порошков

По мере увеличения прилагаемого давления мостики и арки разрушаются (б, в) и частицы проникают в мелкие поры.



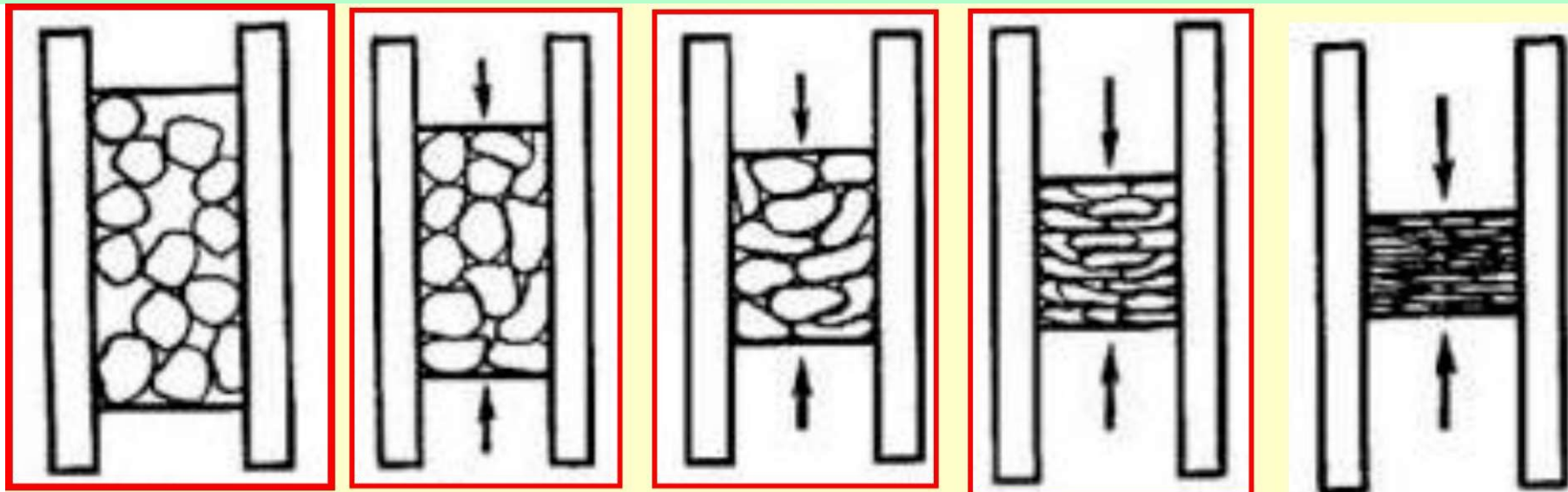
а

б

в

Стадии формирования порошков

От трения частиц при перемещении друг относительно друга сдираются окисные пленки, контакты между частицами в этих местах из неметаллических переходят в металлические, в результате чего повышается прочность заготовки (г).



а

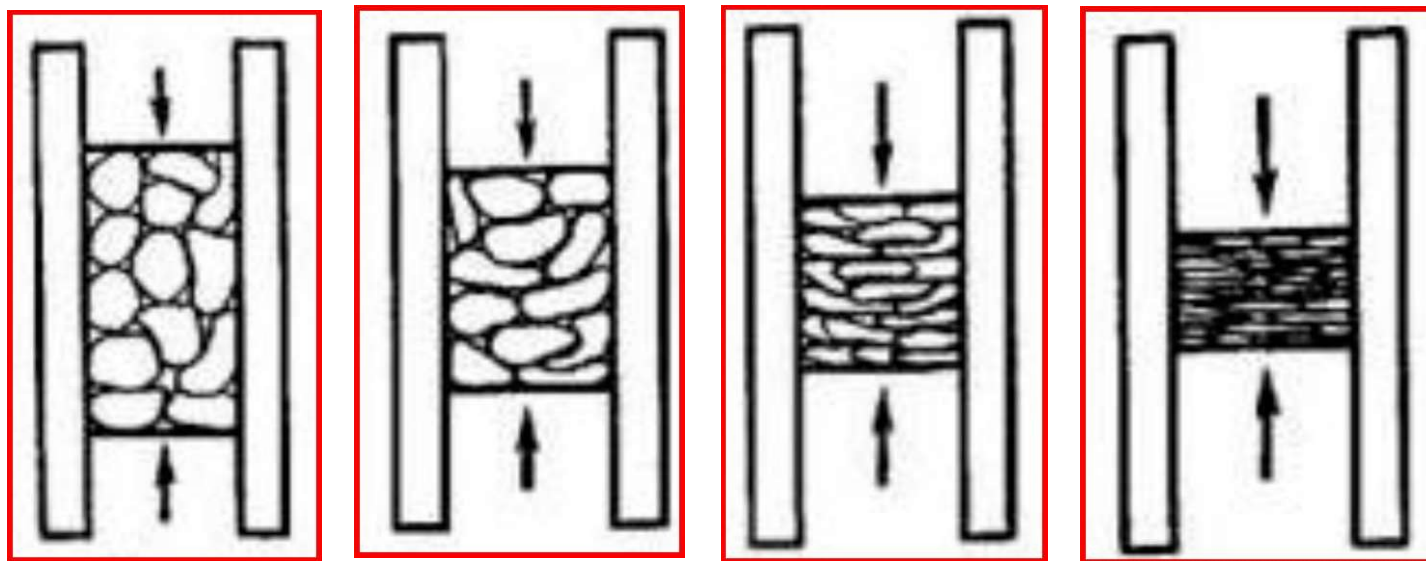
б

в

г

Стадии формирования порошков

При дальнейшем увеличении давления происходит хрупкое разрушение частиц порошков из твердых металлов и пластическая деформация частиц из мягких металлов (д).



а

б

в

г

д

ПРОЦЕСС СПЕКАНИЯ ИЗДЕЛИЯ

После прессования заготовка становится конгломератом порошинок, которые не имеют металлической связи, и поэтому ее прочность очень низкая.

Для повышения прочности, пластичности и других специальных эксплуатационных свойств заготовки (прессовки) подвергают спеканию.



Прессовка



Эта операция происходит в электропечах, как правило, в восстановительной или защитной среде.

Очень важно предотвратить окисление заготовки. Восстановительной средой могут быть естественный газ, пропан, диссоциированный аммиак, водород и другие газы.

ПРОЦЕСС СПЕКАНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Температура спекания должна составлять $2/3$ - $3/4$ от температуры плавления порошка однокомпонентной системы или основного компонента шихты.

Спекание обеспечивает металлическую связь между порошинками и, как следствие, уменьшение пористости и увеличение плотности.



При этом повышаются также магнитные и электрические характеристики изделия.

Определенное количество пор у изделий из порошка сохраняется. В связи с этим прочность и пластичность таких изделий ниже, чем у компактных материалов этого рода.

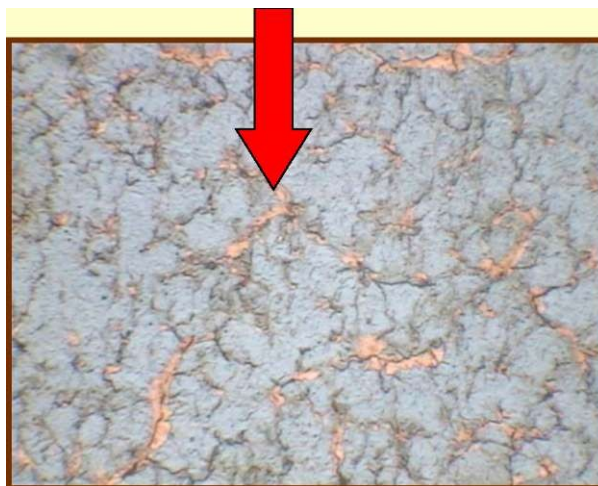


ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для уменьшения пористости или ее полного устранения спекание заготовок из многокомпонентной шихты нужно производить при определенной температуре.температуре,

Эта температура должна быть выше температуры плавления наиболее легкоплавкой составляющей, то есть при наличии жидкой фазы.

Поры



Расплавленный металл заполняет поры, и изделие будет иметь более высокие физико-механические свойства.

После спекания в зависимости от назначения и требований, которые предъявляются к изделиям, они поступают непосредственно в эксплуатацию или на дополнительную механическую, термическую, термомагнитную или химико-термическую обработку.

изделия из порошков



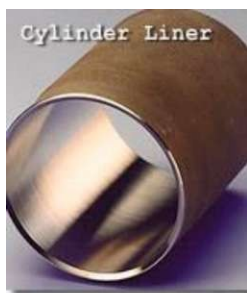
Сердечники



ПРЕИМУЩЕСТВА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ



Преимущества порошковой металлургии по сравнению с традиционными методами изготовления деталей



Безотходность метода: потери материала не превышают 2-7%

Экономия за счёт использования отходов (окалина, стружка) для получения порошков

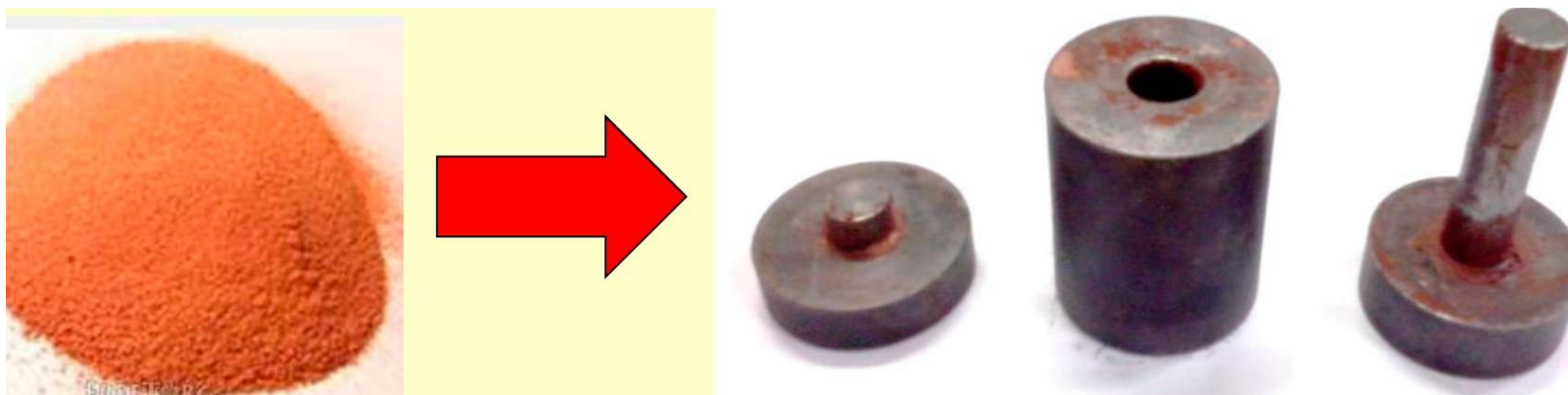
Получение изделий, которые другими способами нельзя получить: фильтры, медно-графитовые щётки, медно-вольфрамовые контакты, твёрдые сплавы.

Получение таких свойств, которые нельзя получить другими способами

Снижение трудоёмкости производства за счёт автоматизации

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подготовить навески медного порошка по 7 г, используя дозирующее оборудование.
2. Засыпать порошок в пресс-форму.



Навеска медного порошка и пресс-форма.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

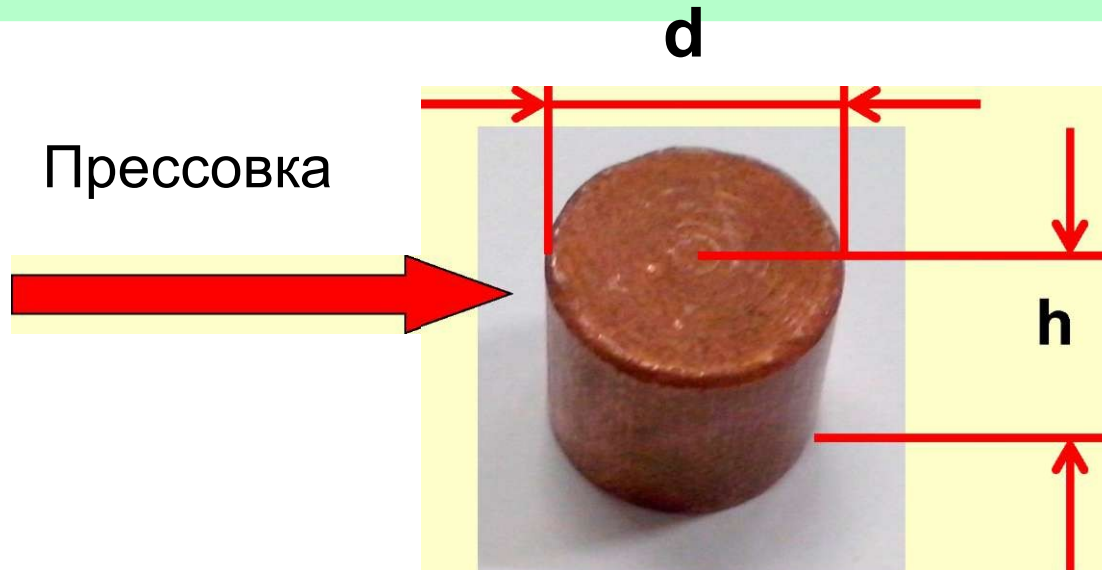
2. Спрессовать заготовки при удельных давлениях 100, 200, 300, 400 и 500 МПа (1,2,3,4,5 т/см²).

P



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3. Определить массу, объем и плотность заготовок -
прессовок.



4. Определить пористость заготовок:

$$n = \frac{\rho_k - \rho_z}{\rho_k} 100\%$$

ρ_k - плотность компактной меди (8,9 г/см³);

ρ_z - плотность порошковой заготовки.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5. Упаковать заготовки в ящик для последующего спекания в печи.

Лабораторная
печь



6. Провести испытание на сжатие заготовок до и после спекания (удельное давление прессования - 400 МПа), определить усилие, которое вызывало появление трещины в заготовке.

7. Оформить отчет о лабораторной работе.

Удельное давление прес-сования Р, МПа	Масса брикета, m, г	Диаметр брикета, d, см	Высота брикета, h, см	Объём брикета, V, см ³	Плотность брикета, ρ , г/см ³	Пористость брикета П, %
Отчет должен включать :	ОТЧЁТ О РАБОТЕ					
1.	Цель работы.					
2.	Сжатое изложение теоретических основ работы.					
3.	Экспериментальные данные, которые занести в табл. 1.					

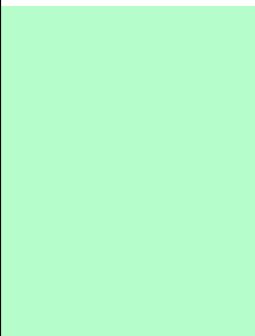


Таблица
1 -
**Данные
экспери
мента**

ОТЧЁТ О РАБОТЕ

1. Построить графики изменения плотности и пористости заготовки в зависимости от удельного давления прессования и проанализировать их.
2. Объяснить причины различия в свойствах заготовок после прессования до и после спекания.

ЗАДАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Изучить существующие методы получения порошков.
2. Изучить методы формования заготовок.
3. Ознакомиться с областями применения порошковой металлургии в машиностроении и электротехнике.
4. Усвоить преимущества и недостатки порошковой металлургии.

Удельное давление прессова- ния P, МПа	Масса брикета, m, г	Диаметр брикета, d, см	Высота брикета, И, см	Объём брикета, V, см ³	Плотность брикета, γ г/см ³	Пористость брикета П, %
Протокол к лабораторной работе ПОЛУЧЕНИЕ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЛУЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ						

Выводы:

ВЫПОЛНИЛ РАБОТУ

ПРИНЯЛ



Лабораторная работа №10

Определение необходимости, выбор вида и параметров термической обработки металла по заданию.

Цель работы: Изучить назначение и виды операций термообработки. Ознакомиться с практикой термической обработки углеродистых сталей и исследовать зависимость микроструктуры и механических свойств от режимов термической обработки.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения лабораторной работы №8 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Оборудование:

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Общие сведения

Под термической обработкой понимают нагрев сплава до критической (определенной) температуры в зависимости от химического состава сплава и цели проводимой операции.

Критическая температура - это точка пересечения параметров сплава с критическими линиями диаграммы (рис. 2.1), имеющая координаты «химический состав - температура».

Учитывая размеры изделия, выдерживают определённое время при этой температуре и охлаждают с заданной скоростью, что дает возможность получить соответствующую микроструктуру. Скорость охлаждения зависит от среды, в которую помещают нагретое изделие. Охлаждающие среды: вода, масло, воздух, жидкий газ (азот), расплавы металлов,

жидкие растворы. Изменение микроструктуры позволяет варьировать свойствами сплавов. Виды операций термической обработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск (рис. 2.1).

(приложение 1). Основная структурная составляющая - перлит пластинчатый

1. Отжиг. Отжигом называется операция нагрева сталей в зависимости от вида (рис. 2.1) до - или выше критической температуры на 30—50°C, выдержка при этой температуре и последующее медленное охлаждение (вместе с печью). Структура и фазы отожженных сталей после всех видов равновесные (стабильные), т. е. соответствуют диаграмме железо - углерод в зависимости от содержания углерода. Перлит представляет собой механическую смесь двух фаз- феррита и цементита.

Например, при полном отжиге (рис. 2.1) доэвтектоидных сталей нагрев на 30 — 50°C выше критической линии А3> а заэвтектоидных и эвтектоидной – на 30 — 50° выше А1 (727°C), выдержка при этой температуре и последующее медленное охлаждение (вместе с печью). Структура и фазы отожженных сталей равновесные (стабильные), т. е. соответствуют диаграмме «железо - углерод» в зависимости от содержания углерода в марке обработки.

2. Нормализация. Нормализацией называется нагрев сталей сплава (приложение 1).

Назначение отжига: снижение твердости, устранение дендритной ликвации (гомогенизационный отжиг), улучшение обрабатываемости давлением, подготовка к последующим операциям термической на 30 — 50°C выше линии А3 (рис.2.1) доэвтектоидных, а эвтектоидной и заэвтектоидных - выше линии Аm, выдержка при этой температуре и последующее охлаждение на воздухе. После нормализации изделия из доэвтектоидной, заэвтектоидной и эвтектоидной сталей приобретают однородную структуру по сечению -пластинчатый сорбит. Сорбит представляет собой механическую смесь двух фаз феррита и цементита. Нормализацию применяют для снижения внутренних напряжений, измельчения зерна после литья, для подготовки структуры к последующей операции термической обработки. Нагрев заэвтектоидной стали выше линии -Аm при нормализации проводится с целью растворения цементитной сетки для улучшения обрабатываемости резанием и для подготовки структуры к закалке.

3. Закалка.

Закалкой называется нагрев сталей на 30—50°C выше критической точки А3 доэвтектоидной, а заэвтектоидной и эвтектоидной выше А, (рис. 2.1) с последующим быстрым охлаждением углеродистых сталей в воде или в масле.

Цель закалки - повышение твердости стали. Основные структурные составляющие закаленной углеродистой стали после охлаждения в воде - мартенсит и аустенит остаточный (переохлажденный). Мартенсит - пересыщенный твердый раствор углерода в α—железе с тетрагональной кристаллической решеткой, обладающий высокой твердостью и хрупкостью. Твердость мартенсита зависит от содержания в нем углерода (HRC 55—65). Под твердостью металла или сплава понимается его способность сопротивляться местной пластической деформации при контактном приложении нагрузки. Твердость измеряется в условных единицах в зависимости от типа прибора (твердомера) по Роквеллу (HR), Бринеллю (HB).

Перевод твердости из одних условных единиц в другие осуществляется с помощью специальных таблиц (приложение 2). В данной работе твердость измеряется на приборе Роквелла алмазным конусом. Показания снимаются по черной шкале (HRC) при нагрузке 150 кг. Структура доэвтектоидной и эвтектоидной углеродистых сталей после закалки в воде состоит из мартенсита закалки и остаточного аустенита, а заэвтектоидных – из мартенсита, остаточного аустенита и вторичного цементита. Структура доэвтектоидной и эвтектоидной углеродистых сталей после закалки в масле — троостит пластинчатый, а

заэвтектоидной стали — троостит и цементит вторичный. Троостит представляет собой механическую смесь двух фаз феррита и цементита.

4. Отпуск

Отпуск классифицируют по температуре: низкий (до 200 °С), средний (300 - 400 °С), высокий (500 - 600 °С) для углеродистых и легированных сталей.

1. Варианты марок сталей к заданию 2

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Марка стали	65С2В А	18ХГ Т	У9А	80	У7А	20Х
№ варианта	7	8	9	10	11	12
Марка стали	70С3А	9ХФ	45Г2	30ХГС	У13А	60С2ХА

№ варианта	13	14	15	16	17	18
Марка стали	50ХФ А	35ХМ	У8	60С2	4ХМФС	38ХА
№ варианта	19	20	21	22	23	24
Марка стали	75	50ХГ	У12А	15ХФ	50ХГФ А	У8Г
№ варианта	25	26	27	28	29	30
Марка стали	60С2Н 2	40ХФ А	20ХГ Р	9ХС	50Г2	50ХН

Содержание отчёта

1. Название и цель работы.
2. Описание образцов сталей, выбранные температуры закалки, значения их твёрдости до и после термообработки, сравнение закаливаемости сталей с разным содержанием углерода.
3. Результаты выбора режима термообработки стали по заданию 2.

Контрольные вопросы

1. Образование аустенита при нагревании стали. Критические точки стали.
2. Виды термообработки стали.
3. Прокаливаемость и закаливаемость стали.
4. Какую структуру имеет сталь после нагрева до выбранной температуры закалки?
5. Какую структуру имеет сталь после закалки?
6. Какую структуру имеет сталь после выбранного отпуска?

БЛАНК ОТЧЁТА О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №10

«Выбор режимов термообработки для деталей».

Ф.И.О. студента _____
Группа _____
Дата _____
Преподаватель _____
Оценка _____

Описание образцов сталей, выбранные температуры закалки.

Вывод: _____

Практическое занятие №1

Составление таблицы железоуглеродистых сплавов

Цель: рассмотреть механизм и алгоритм составления таблицы железоуглеродистых сплавов используя диаграмму «железо-цементит для разных сплавов»

Задание: в соответствии с заданными характеристиками сплавов составление таблицы железоуглеродистых сплавов, обозначив на ней все точки.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №1 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
 2. определять виды конструкционных материалов;
- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Приборы и принадлежности:

микроскопы,
металлографические шлифы

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ
2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,
3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

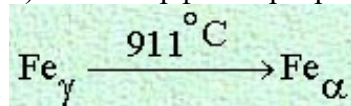
Теоретические сведения

Железо. Широкое применение сплавов на основе железа (сталь и чугун) определяется следующими характерными особенностями железа: его дешевизной, большим содержанием железа в земной коре (5,1 %), легкостью извлечения железа из его окислов, т.е. его легкой восстанавливаемостью. Особенно важным свойством железа является его аллотропия, т.е. наличие нескольких кристаллических модификаций, что дает возможность упрочнять сплавы на основе железа посредством термообработки с получением мартенсита.

Железо находится в периодической системе Д.И. Менделеева в 1У периоде, в восьмой группе (порядковый номер 26).

Это переходный металл с электронной структурой $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$. Застройка более высокого 4S уровня при незаполненной 3d оболочке приводит при определенных условиях к возможности обмена 4S и 3d электронов; чем можно объяснить переменную валентность и другие свойства железа.

Температура плавления чистого железа (99,9917 %) равна 1539 °С, кипения – 3200 °С. Плотность – 7,874 т/м³, атомный вес – 55,85. Твердость железа зависит от чистоты металла. Твердость чистого железа равна 490 МПа, технического (99,8 – 99,9 %) – около 900 МПа. Механические свойства железа: предел прочности при растяжении $\sigma_b = 300 - 350$ МПа, относительное удлинение $\delta = 40$ %, поперечное сужение $\Psi = 70$ %, т.е. железо хорошо подвергается пластической деформации. Железо имеет две полиморфные модификации α и γ . Кристаллическая решетка $Fe\alpha$ – ОЦК (объемноцентрированная кубическая); $Fe\gamma$ – ГЦК (гранцентрированная кубическая). Полиморфное превращение



сопровождается изменением объема, поскольку переход $Fe_{\gamma} \rightarrow Fe_{\alpha}$ связан с уменьшением компактности решетки. Различие объемов составляет около 1 %. Впервые критические точки железа были определены в 1868 г. Д.К. Черновым по цвету каления, изменению объема, пластичности и другим свойствам. В 1888 г. французский ученый Флорис Осмонд предложил каждую критическую точку обозначить индексом А (от французской “arret” – что означает остановку на термической кривой).

Для различия критических точек при нагревании и охлаждении к обозначению критической точки А добавляется индекс “с” (от французского слова chofstage –

нагревание) или индекс “r” (от французского refroidissement – охлаждение). В табл. 1 приводятся обозначения критических точек чистого железа и сплавов железо-углерод.

Таблица 1

Критические точки чистого железа и сплавов Fe-Fe₃C

Температура превращения, °С	Обозначение критических точек		Примечание
	при нагреве	при охлаждении	
1539	–	–	Плавление, кристаллизация
910	A _{c3}	A _{r3}	Fe α \leftrightarrow Fe γ
770	A ₂	A ₂	Магнитное превращение железа
727	A _{c1}	A _{r1}	Эвтектоидное превращение цементита
210	A ₀		Магнитное превращение цементита

Углерод. Вторым основным компонентом железоуглеродистых сплавов является углерод. Углерод неметаллический элемент II периода, IV группы. Он занимает шестое место в периодической системе Д.И. Менделеева. Распределение электронов в атоме углерода имеют вид: 1S²2S²2P². Обладает относительно малой плотностью 2,3 т/м³, температура плавления около 3500 °С. Углерод полиморфен. В обычных условиях углерод находится в виде графита с гексагональной слоистой решеткой (рис. 15).

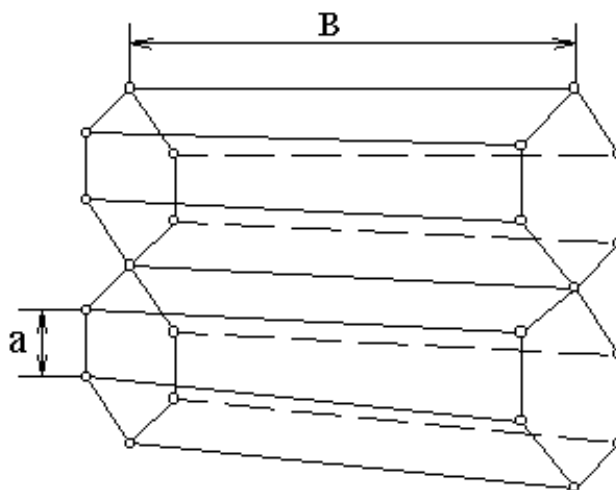


Рис.1. Кристаллическая решетка графита

В каждом слое (в плоскости базиса) атомы углерода находятся на небольшом расстоянии друг от друга и между ними действуют прочные ковалентные связи. Расстояние между слоями значительно больше и между ними действуют слабые связи (типа сил Ван-дер-Ваальса). Метастабильная модификация углерода – алмаз имеет кубическую решетку. Диаграмма состояния железо-углерод должна, очевидно, охватывать все сплавы от 0 до

100 % углерода. Однако, как правило, приводится небольшой участок системы от железа до ближайшего химического соединения Fe_3C . Это обусловлено тем, что практически применяются сплавы железа с углеродом (стали и чугуны) с содержанием углерода не более 5 %.

Обычно на диаграмме фазового равновесия системы железо-углерод наносят одновременно систему железо-карбид железа ($Fe-Fe_3C$) – сплошные линии диаграммы – метастабильное равновесие и пунктирные линии – стабильное равновесие $Fe-C$. В настоящем домашнем задании мы рассматриваем только упрощенную (без перитектического превращения) диаграмму фазового равновесия железо-цементит.

2.1.1. Основные фазы, их строение и свойства

В сплавах системы $Fe-Fe_3C$ встречаются следующие фазы: жидкий раствор, твердые растворы на основе различных кристаллических модификаций железа, химическое соединение Fe_3C (цементит). На рис.2 представлена диаграмма состояния железо-цементит в фазовом виде.

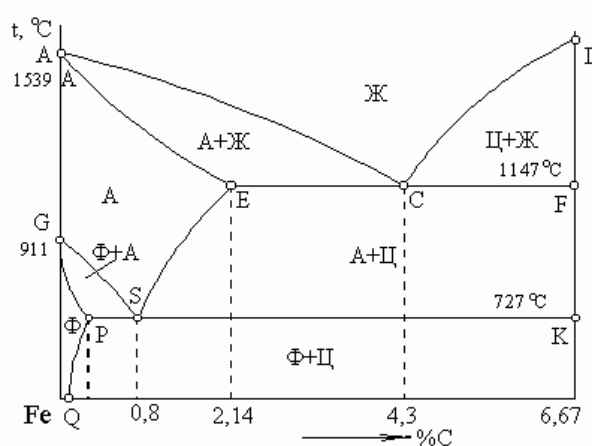


Рис.2. Фазовая диаграмма состояния железо-цементит

Жидкая фаза представляет собой неограниченный раствор железа и углерода, распространяющийся выше линии ликвидус ACD – от 0 до 6.67 %C.

Твердые растворы. В данной системе имеются твердые растворы железа с углеродом на основе двух кристаллических модификаций железа. Они являются твердыми растворами внедрения, т.е. атомы железа занимают узлы пространственной решетки, а атомы углерода размещаются в междоузлиях.

Твердый раствор углерода в α -железе называется ферритом. В феррите сохраняется кристаллическая решетка α -железа – объемно-центрированный куб. Феррит занимает на диаграмме узкую область, примыкающую к железу QPG . Максимальная растворимость углерода в нем не более 0,025 %, при комнатной температуре она равна 0,006 %. Твердость феррита около 800–1000 МПа, предел прочности $\sigma_{в-}$ 250 МПа; $\sigma_{т-}$ 120 МПа, относительное удлинение (δ) до 50 %, а поперечное сужение Ψ - до 80 %. До температуры 770 °C феррит ферромагнитен, выше – парамагнитен. Значительно большую область на диаграмме железо-углерод занимает твердый раствор углерода в γ -железе с гранцентрированной кубической решеткой, который называется **аустенитом**.

В аустените предел растворимости достигает 2,14 %. Твердость его равна 1700 – 2000 МПа, σ_b – 50 – 80 МПа. Аустенит обладает и малой склонностью к хрупкому разрушению. Как в феррите, так и в аустените осуществляется металлический тип связи.

Цементит. При обычном охлаждении в металлической изложнице, т.е. при значительных переохлаждениях (ΔT) процесс затвердевания протекает по метастабильной диаграмме. Углерод в этом случае находится в связанном состоянии в виде карбида железа Fe_3C , называемого цементитом. Цементит содержит 6,67 %С, обладает сложной орторомбической решеткой. В решетке цементита реализуются связи как ковалентные так и металлического типа. Это подтверждается высокой твердостью (~ 10000 МПа) и хрупкостью, характерными для промежуточных фаз. Температура плавления цементита точно не установлена и принимается равной ~ 1600 °С.

2.1.1. Линии, точки, концентрации, температуры

Все линии диаграммы можно разделить на следующие группы: линии *ликвидус* – начало затвердения при охлаждении или конец плавления при нагревании; линии *солидус* – конец затвердевания при охлаждении и начало плавления при нагревании; линии превращения в твердом состоянии. Из них особо выделяются горизонтальные линии (параллельные оси составов), отвечающих нонвариантному равновесию.

В табл.2 приведены основные характеристики линий диаграммы.

Таблица 2. Характеристики линий диаграммы

Индекс линий	Температурный интервал, °С	Интервал концентраций (% углерода)	Основная характеристика линии
<i>Линия ликвидуса</i>			
AC	1539° – 1147°	0 – 4,3	Линия ликвидус (начало затвердевания аустенита). Линия ликвидус (начало затвердевания первичного цементита)
CD	1147° ~ 1600°	4,3 – 6,67	
<i>Линия солидуса</i>			
AE	1539° – 1147°	0 – 2,14	Конец затвердевания аустенита
ECF	1147°	2,14 – 6,67	Линия эвтектического равновесия
<i>Линии превращения в твердом состоянии</i>			
SE	727° – 1147°	0,8 – 2,14	Линия ограниченной растворимости углерода в аустените. Начало выделения вторичного цементита.
GS	911° – 727°	0 – 0,8	Начало аллотропического превращения аустенита в феррит
GP	911° – 727°	0 – 0,025	Конец аллотропического превращения (аустенита в феррит)
PSK	727°	0,025 – 6,67	Линия эвтектоидного равновесия аустенита, феррита, цементита
PQ	727° – комн.	0,025 – 0,006	Линия выделения третичного цементита

Концентрация углерода в характерных точках диаграммы приводится в табл.3.

Таблица 3 Характеристики точек диаграммы

Индекс точки	Содержание углерода, %	Температура, °С	Характеристика
A	0	1539	Точка затвердевания жидкого железа
C	4,3	1147	Состав жидкой фазы при эвтектическом равновесии с аустенитом и цементитом
E	2,14	1147	Предельное содержание углерода в аустените. Состав аустенита при эвтектическом равновесии с жидкой фазой и цементитом
S	0,8	727	Состав аустенита при эвтектоидном равновесии с ферритом и цементитом
P	0,025	727	Предельное содержание углерода в феррите. Состав феррита при эвтектоидном равновесии с аустенитом и цементитом
Q	0,006	Комнатная	Предельное содержание углерода в феррите при комнатной температуре

2.2. Горизонтальные линии диаграммы

В системе железо-цементит имеет место безвариантное трехфазное равновесие: при *эвтектическом* метастабильном (1147 °С) равновесии, при метастабильном (727 °С) *эвтектоидном* равновесии.

В табл.4 приведены линии трехфазного равновесия.

Таблица 4. Линии трехфазного равновесия

Индекс линии	Температура равновесия, °С	Фазы, находящиеся в равновесии	Название превращения	Взаимодействие фаз
ECF	1147	Ж+А+Ц	эвтектическое	$J_c \leftrightarrow A_{E_c} + Ц$ (ледебурит)
PSK	727	А+Ф+Ц	эвтектоидное	$A_c \leftrightarrow \Phi_p + Ц$ (перлит)

2.3. Кристаллизация и формирование структуры сплавов

Стаями называются железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода до 2,14 %. Сплавы с большим содержанием углерода (2,14 до 6,67 %) называются чугунами. Границей между сталями и чугунами принято считать проекцию точки E, т.е. точки максимального насыщения аустенита углеродом, от которой начинается линия эвтектического равновесия. В результате первичной кристаллизации стали образуется аустенит (линия AE).

В отличие от сталей структура чугуна характеризуется наличием эвтектики, которая состоит из аустенита и цементита.

Первичная кристаллизация стали. На рис. 17 показан верхний участок упрощенной диаграммы Fe-Fe₃C.

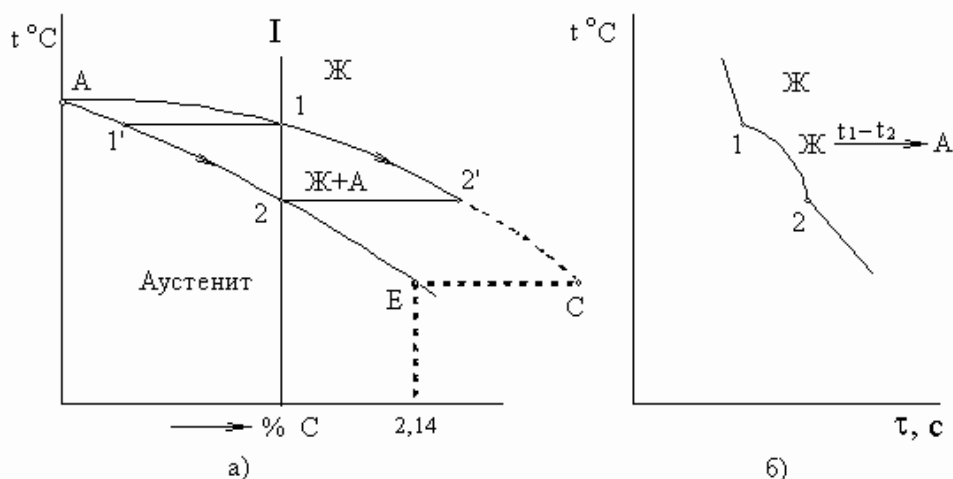


Рис. 3. Верхний левый участок упрощенной диаграммы состояния железо-цементит.

а) Первичная кристаллизация сплавов до 2,14 %С (сталей); б) кривая охлаждения сплава 1

В сталях из жидкой фазы кристаллизуется аустенит. Состав жидкой фазы меняется по проекции линии АС на ось концентраций, твердой фазы по проекции линии АЕ.

Превращения в твердом состоянии. Окончательное формирование структуры стали происходит в результате превращений аустенита при дальнейшем охлаждении. Основой этого превращения является полиморфизм, связанный с перегруппировкой атомов из ГЦК решетки аустенита в ОЦК решетку феррита, а также изменение растворимости углерода по линии ES в аустените и PQ в феррите. В сплавах с содержанием от 0,025 до 2,14 %С вторичные превращения начинаются при температурах, соответствующих линиям GS и SE и заканчиваются при температуре ниже 727 °С и линии PSK, в результате эвтектоидной реакции.

Сплавы с содержанием углерода менее 0,025 % не испытывают эвтектоидного превращения. Критические точки аустенит → феррит превращения (линия GS) в доэвтектоидных сталях обозначаются так же, как аллотропическое превращение в чистом железе, с индексом А₃, т.е. при нагреве Ас₃, т.е. при охлаждении Ar₃. Выделение цементита из аустенита в заэвтектоидной стали (линия SE) обозначается индексом Ас_м. При температуре 727 °С (линия PSK) критические точки обозначаются индексом А₁; при нагреве Ас₁; при охлаждении Ar₁. Распад аустенита при эвтектоидном превращении по метастабильной системе проходит с образованием феррита и цементита при переохлаждении ниже 727 °С.

(Эвтектоидная смесь феррита и цементита называется *перлитом*).

Рассмотрим структурообразование нескольких групп сплавов. На рис. 4 приведена левая нижняя часть диаграммы состояния железо-цементит с кривыми охлаждения типичных сплавов и микроструктурой.

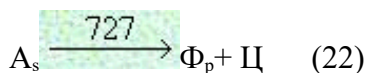
Сплавы, содержание углерода в которых не превышает 0,006 %С (на примере сплава 1). До температуры несколько ниже t₃ (линия GS) аустенит охлаждается без изменения состава. В интервале t₃– t₄ происходит полиморфное А → Ф превращение. На стыках и границах зерен аустенита возникают зародыши феррита, которые растут и развиваются за счет атомов аустенитной фазы. Ниже температуры t₄ сплав состоит из однородного α -

твердого раствора – феррита. При дальнейшем охлаждении никаких превращений не происходит.

Сплавы с содержанием углерода от 0,006 до 0,025 % (сплав II рис. 4в). Так же как и в предыдущем сплаве в интервале температур $t_5 - t_6$ происходит полиморфное $A \rightarrow \Phi$ превращение. Ниже t_6 в сплаве имеется ферритная фаза. Однако ниже температуры t_7 изменение состава феррита, согласно предельной растворимости углерода в феррите по линии PQ, приводит к образованию более высокоуглеродистой фазы – цементита. Этот цементит называется третичным. Как правило третичный цементит располагается по границам

ферритных зерен (рис. 18в). Максимальное количество третичного цементита составляет около 0,3 %. Несмотря на такое малое количество, расположение его вокруг зерен феррита в виде хрупких оболочек сообщает малоуглеродистому сплаву низкие пластические свойства, т.е. приводит к его охрупчиванию. Во избежание этого проводится специальная термическая обработка – старение, в результате которой третичный цементит выделяется в виде дисперсных частиц, равномерно распределенных по всему зерну.

температуре 727°C . При этой температуре аустенит находится в равновесии с ферритом и В этом случае при охлаждении аустенита имеется только одна критическая точка A_s , отвечающая цементитом:



Сталь эвтектоидного состава – содержание углерода 0,8 % (рис.4, сплав III).

Эвтектоидный распад аустенита состава точки S (0,8 %C) на феррит состава точки P (0,025 %C) и цементит происходит при некотором переохлаждении, т.е. ниже 727°C . Эвтектоидная смесь феррита с цементитом называется *перлитом*. Соотношение феррита и цементита в перлите составляет примерно 7,3 : 1.

Дозэвтектоидные стали. Сплавы с содержанием углерода от 0,025 до 0,8 % называются доэвтектоидными сталями. Рассмотрим фазовые и структурные изменения доэвтектоидной стали на примере сплава III (рис. 18г). В интервале температур $t_8 - 727^\circ\text{C}$ идет полиморфное превращение $A \rightarrow \Phi$. Состав аустенита меняется по линии GS, а феррита – по линии GP. При 727°C концентрация углерода в аустените равна 0,8 % (точка S) и в феррите – 0,025 % (точка P).

Ниже этой температуры происходит эвтектоидное превращение. В равновесии находятся три фазы: феррит состава точки P, аустенит состава точки S, цементит. Так как число степеней свободы равно нулю, т.е. имеется инвариантное равновесие, то процесс протекает при постоянном составе фаз. На кривых охлаждения или нагрева наблюдается температурная остановка. Таким образом, структура доэвтектоидной стали характеризуется избыточными кристаллами феррита и эвтектоидной смесью феррита с цементитом, называемой перлитом. Количественные соотношения феррита и перлита зависят от состава сплава. Чем больше углерода в доэвтектоидной стали, тем больше в структуре ее перлита и, наоборот, чем меньше углерода, тем больше феррита и меньше перлита. При дальнейшем охлаждении в результате изменения растворимости углерода в феррите (соответственно линии PQ) выделяется третичный цементит. Однако в структуре обнаружить его при наличии перлита невозможно.

Заэвтектоидные стали. Сплавы с содержанием углерода от 0,8 до 2,14 % называются заэвтектоидными. Процессы структурообразования рассмотрим на примере сплава V. До температуры t_{10} (линия ES) аустенит охлаждается без изменения состава. Несколько ниже этой температуры аустенит достигает предельного насыщения углеродом согласно линии растворимости углерода в аустените ES. В интервале температур $t_{10} - 727$ °C из пересыщенного аустенита выделяется высокоуглеродистая фаза – цементит, который называется **вторичным**. Состав аустенита меняется по линии ES и при температуре 727 °C достигает точки S (0,8 %C). Максимальное количество вторичного цементита:

$$\% C_{\text{вторичн.}} = (2,14 - 0,8) 15 \cong 18$$

Ниже 727 °C происходит эвтектоидное превращение: аустенит состава точки S (0,8 %C) распадается на смесь феррита состава точки P (0,025 %C) и цементита. Таким образом, структура заэвтектоидной стали характеризуется зернами перлита и вторичного цементита.

В реальной стали с 1,2 %C (У12) количество вторичного цементита составляет всего около 6 %.

$$\% C_{\text{вторичн.}} = (1,2 - 0,8) 15 = 6$$

При медленном охлаждении цементит, как правило располагается в виде тонкой оболочки. В разрезе это выглядит как сетка цементита. Более благоприятной формой цементита является зернистая, она не приводит к значительному снижению пластических свойств стали.

Чугуны. Все превращения в белых чугунах, начиная от затвердевания и до комнатных температур, полностью проходят по метастабильной диаграмме Fe-Fe₃C. Наличие цементита придает излому светлый блестящий цвет, что привело к термину “белый чугун”. Независимо от состава сплава обязательной структурной составляющей белого чугуна является цементитная эвтектика (**ледебурит**). На рис. 5 изображена структурная диаграмма равновесия железо-цементит и кривые охлаждения типичных сплавов.

Эвтектический белый чугун. Рассмотрим процессы затвердевания, формирования первичной структуры и дальнейших структурных превращений в твердом состоянии сплава эвтектического состава с 4,3 %C (сплав 1 рис. 5).

Затвердевание происходит в один этап при температуре ниже 1147 °C. Жидкая фаза с 4,3 %C образует эвтектическую структуру: смесь аустенита с 2,14 %C и цементита. Эта эвтектика называется ледебуритом. Как и всякая эвтектическая реакция, отвечающая нонвариантному (безвариантному) равновесию протекает при постоянной температуре и постоянном составе фаз. При эвтектической реакции ниже (1147 °C) содержание углерода в аустените максимально (2,14 %). Дальнейшее охлаждение от температуры 1147 °C до 727 °C приводит к непрерывному уменьшению в нем углерода согласно линии ограниченной растворимости ES. Углерод выделяется из аустенита в виде цементита, который называется вторичным цементитом ($C_{\text{вторичн.}}$). Однако он, как правило, не обнаруживается, т.к. присоединяется к эвтектическому цементиту. Ниже температуры 727 °C аустенит эвтектики состава (0,8 %C) претерпевает эвтектоидное превращение, т.е. образуется перлит.

Рис.5. Диаграмма состояния “железо-цементит” (структурная) и кристаллизация белых чугунов.

а) – диаграмма, б), в), г) – кривые охлаждения сплавов со схемами микроструктур при нормальной температуре

3. Индивидуальное задание

Варианты задания

В таблице 5 приведены исходные данные для выполнения второго индивидуального задания, указана массовая доля углерода (колонка 2 табл.).

Таблица 5. Варианты заданных сплавов

№ варианта	% углерода (по массе)	№ варианта	% углерода (по массе)	№ варианта	% углерода (по массе)
1	5,0	11	0,1	21	4,5
2	4,3	12	3,5	22	0,6
3	1,0	13	0,9	23	0,25
4	3,0	14	0,022	24	1,1
5	0,8	15	0,018	25	4,7
6	0,4	16	2,0	26	0,5
7	1,3	17	2,8	27	1,2
8	2,2	18	0,35	28	0,9
9	5,5	19	0,7	29	0,05
10	0,012	20	1,8	30	0,045

4. Порядок выполнения задания

1. В соответствии с номером Вашего варианта выписать из табл. 5 массовую долю углерода контрольного сплава.
 2. На листе формата А4 вычертить диаграмму состояния Fe-Fe₃C. Обозначить структурные составляющие во всех областях диаграммы.
 3. Нанести на диаграмму фигуративную линию контрольного сплава, выполнить построение необходимых конод.
 4. Построить кривую охлаждения контрольного сплава. Дать подробное описание его микроструктуры при медленном охлаждении. Привести необходимые реакции.
 5. Указать к какой группе железоуглеродистых сплавов он относится, по возможности привести марку рассмотренного сплава, его применение.
 6. Схематически изобразить микроструктуру сплава в интервале температур первичной кристаллизации и при комнатной температуре. На рисунке отметить структурные составляющие.
- Отчет по индивидуальному заданию выполняется по установленной форме.

Составить отчет о результатах практической работы

Отчет о работе должен содержать :

- а) Название и цель работы;
- б) Результаты выполнения работы;
- в) Подробные выводы о результатах выполнения работы

5. Контрольные вопросы для защиты задания

1. Какое превращение происходит в железоуглеродистых сплавах при температуре 1147 °С?
2. Какое превращение происходит в железоуглеродистых сплавах при температуре 727 °С?
3. Какой фазовый состав имеют стали по завершению процесса первичной кристаллизации?
4. Какой фазовый состав имеют стали при комнатной температуре?
5. Чем отличается ледебурит от ледебурита превращенного?
6. Чем отличаются структурные составляющие “цементит первичный”, “цементит вторичный”, “цементит третичный”?
7. Назовите все характерные точки диаграммы и их общепринятые международные обозначения.
8. Каким образом отличаются обозначения критических точек при нагреве и охлаждении?
9. Назовите стабильную и метастабильную модификации углерода.
10. Назовите характеристики точек и линий диаграммы.
11. Что называют перлитом?
12. Что называют ледебуридом?
13. Что называют аустенитом?
14. Что называют ферритом?
15. Чем отличаются превращения в твердом состоянии у доэвтектоидной и заэвтектоидной стали?
16. Какая фаза первично кристаллизуется в заэвтектических белых чугунах?
17. Изобразите фазовую диаграмму железо-цементит.
18. Как называется чугун в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида?
19. Какая фаза первично кристаллизуется в доэвтектических белых чугунах?
20. Какой сплав называют техническим железом?

Практическое занятие № 1

Составление таблицы железоуглеродистых сплавов

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

таблица железоуглеродистых сплавов

Температура превращения, °С	Обозначение критических точек		Примечание
	при нагреве	при охлаждении	
1539	–	–	Плавление, кристаллизация
910	A _{c3}	A _{r3}	Feα ↔ Feγ
770	A ₂	A ₂	Магнитное превращение железа
727	A _{c1}	A _{r1}	Эвтектоидное превращение цементита
210	A ₀		Магнитное превращение цементита

Вывод: _____

Практическое занятие №2

Расшифровка марок чугунов и соотнесение их с областью применения

Цель работы: изучить принципы обозначения марок чугунов, научиться читать маркировку, соотнесению с областью применения.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №2 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ
2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,
3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств чугуна.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Серые чугуны подразделяют по микроструктуре металлической основы в зависимости от полноты графитизации:

а) на ферритной основе;

б) на феррито-перлитной основе;

в) на перлитной основе.

Серые чугуны маркируются по ГОСТ 1412–85 буквами СЧ, после которых следует величина временного сопротивления (предел прочности) при растяжении в кг/мм².

Пример. Серые чугуны СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ35.

Вермикулярный чугун содержит графит червеобразной (вермикулярной) формы, получаемый за счёт модификации жидкого металла магнием и редкоземельными металлами. От пластинчатого вермикулярный графит отличается округлыми краями, меньшими размерами и меньшим отношением длины включения к его толщине (рис. 4, б). Поэтому вермикулярный графит не является таким концентратором напряжений, как пластинчатый. Его можно рассматривать как переходную форму от пластинчатого к шаровидному графиту.

Чугуны с вермикулярным графитом широко используют вместо серого чугуна в автомобилестроении, тракторостроении и энергетическом машиностроении для деталей, работающих при значительных механических нагрузках в условиях износа, гидрокавитации, переменном повышении температуры (например, для производства головок цилиндров крупных дизелей).

В зависимости от полноты графитизации встречается так же, как и в сером чугуне, ферритная, перлитная и феррито-перлитная основа вермикулярного чугуна. Он маркируется по ГОСТ 2894–89 буквами ЧВГ, после которых следует величина временного сопротивления (предел прочности) при растяжении в кг/мм².

Пример: ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40, ЧВГ45.

Высокопрочный чугун выплавляют с присадкой большего количества модификаторов: магния или церия, которые в процессе кристаллизации придают графиту глобулярную или шаровидную форму (рис. 5, а). Такие графитные включения меньше ослабляют структуру чугуна, что позволяет повысить прочность материала и сопротивление ударной нагрузке (ударную вязкость).

В зависимости от степени графитизации высокопрочный чугун имеет такие же структуры металлической основы, как серый и ковкий чугуны.

В соответствии с ГОСТ 7293–85 высокопрочные чугуны маркируют буквами ВЧ, после которых следует величина временного сопротивления (предел прочности) при растяжении в кг/мм².

Пример. Высокопрочные чугуны ВЧ35, ВЧ45, ВЧ60, ВЧ80, ВЧ100.

Высокопрочные чугуны используют в изделиях ответственного назначения (станины металлорежущих станков, молотов и прессов), а также для замены сталей при производстве сложных по форме деталей (коленчатые валы дизельных и автомобильных двигателей и др.).

Ковкий чугун получают путём длительного графитизирующего отжига отливок из белого доэвтектического чугуна. При отжиге цементит распадается с образованием графита в форме хлопьевидных включений с рваными краями (рис. 5, б). Благодаря этому ковкий чугун имеет механические свойства (высокая ударостойкость, обрабатываемость и износостойкость), близкие к высокопрочному чугуну. Поэтому его широко применяют для изготовления шестерён, поршней, шатунов и других литых деталей сложной формы.

В зависимости от полноты графитизации встречаются так же, как и в сером чугуне, ферритная, феррито-перлитная и перлитная основы.

Отливки из ковкого чугуна маркируют по ГОСТ 1215–79 буквами КЧ, после которых указана величина временного сопротивления (предел прочности) при растяжении в кг/мм² и (через тире) значение относительного удлинения δ при растяжении в %.

Пример. Ферритные КЧ30-6, КЧ33-8, феррито-перлитные КЧ35-10, КЧ37-12 и перлитные КЧ64-3 и КЧ80-1,5.

Механические свойства графитных чугунов определяются формой графита и структурой металлической матрицы (табл. 1).

Твердость чугунов не зависит от формы графитных включений и определяется структурой металлической матрицы, увеличиваясь от ферритной к перлитной.

Прочность определяется структурой металлической матрицы и растёт от ферритной к перлитной основе. Включения графита ослабляют металл и служат концентраторами напряжений (как обсуждено выше), поэтому их форма заметно влияет на прочность (табл. 1).

Относительное удлинение δ (пластичность) максимально у чугунов с ферритной матрицей и с увеличением количества перлита уменьшается. Максимальную пластичность имеет чугун с шаровидным графитом

($\delta = 22\%$ в ВЧ35), меньше она при хлопьевидной форме (12%), мала в вермикулярном чугуне и равна нулю в сером чугуне.

Примеры решения.

КЧ30-6- КЧ-ковкий чугун 30- предел прочности при растяжении в кг/мм²

6- относительного удлинения δ при растяжении в %.

ВЧ100 - ВЧ-высокопрочный чугун 100- предел прочности при растяжении в кг/мм²

Задание

Дать характеристику чугуна:

1. Расшифровать марку чугуна.
2. Указать:
 - а) металлургическое качество чугуна;
 - б) назначение чугуна;
 - в) химический состав чугуна,

Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3	Вариант №4	Вариант № 5
СЧ15	СЧ20	СЧ25	СЧ30	СЧ35
ЧВГ30	ЧВГ35	ЧВГ40	ЧВГ45	ЧВГ41
ВЧ35	ВЧ45	ВЧ60	ВЧ80,	ВЧ100
КЧ30-6,	КЧ33-8	КЧ35-10	КЧ37-12	КЧ34-9

Составить отчет о результатах практической работы

Отчет о работе должен содержать :

- а) Название и цель работы;
- б) Результаты выполнения работы;
- в) Подробные выводы о результатах выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Какие сплавы железа с углеродом называются чугунами?
2. Какие чугуны называют доэвтектическими, эвтектическими и заэвтектическими? В чём отличие их структур?

3. В каком виде находится углерод в белых, серых, ковких и высокопрочных чугунах?
4. Как различают чугуны по металлической основе?
5. Как маркируют чугуны и где их используют?

Практическое занятие №2

Расшифровка марок чугунов и соотнесение марок с областью применения.

Ф.И.О. студента _____
Группа _____
Дата _____
Преподаватель _____
Оценка _____

Анализ показателей марок чугуна.

Вывод: _____

Практическое занятие №3

Расшифровка марок углеродистых сталей, определение их класса и области применения

Цель работы:

1. Изучить принципы классификации и обозначения марок углеродистых сталей.
2. Изучить принципы классификации и маркировки коррозионностойких сталей России и зарубежных стран.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №3 - овладение профессиональными компетенциями:

- ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.
- ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.
- ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.
- ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.
- ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.
- ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.
- ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.-

ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

1. Общее положение

Сталью называют железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода от сотых долей процента до 2,14 процентов. Стали, содержащие в своем составе углерод, кремний, марганец, серу и фосфор, называют углеродистыми.

С увеличением содержания углерода прочность и твердость сталей возрастают, а пластичность и ударная вязкость уменьшается.

Углеродистые стали, в зависимости от назначения и свойств, подразделяются на конструкционные (мягкие стали и стали средней твердости) и инструментальные (твердые).

Качество стали определяется способом выплавки и содержанием вредных примесей S и P.

2. Основы классификации углеродистых сталей

Углеродистые стали классифицируют по следующим признакам:

1. По структуре в отожженном состоянии согласно диаграмме железа-углерода:

а) доэвтектоидная сталь $C < 0,8 \%$, структура перлит + феррит;

б) эвтектоидная сталь $C = 0,8 \%$, структура перлит (феррит + цементит);

в) заэвтектоидная сталь $C > 0,8 \%$, структура перлит + цементит (цементит

образует тонкую сетку на поле перлита).

Феррит - фаза мягкая, пластичная.

Цементит - твердый, хрупкий.

2. По способу раскисления (способу металлургического производства):

- а) спокойная (сп) - сталь полностью раскисленная Si, Mn, Al, содержание кремния 0,15 - 0,35 %, повышает предел текучести (σ_T), снижает пластичность;
- б) полуспокойная (пс) - сталь раскисленная Mn, Al, содержание кремния до 0,2 %;
- в) кипящая (кп) - сталь раскисленная только Mn, содержание кремния до 0,1 %. Эти стали выпускаются с содержанием углерода до 0,27 %, а следовательно, имеют повышенную пластичность (низкий предел текучести σ_0).

Процесс кипения ($FeO + C = CO \uparrow + Fe$) частично протекает при затвердевании слитка. Пузырьки CO всплывают и частично остаются в литой стали.

В процессе горячей деформации такие пустоты завариваются.

Марки стали СтЗсп, СтЗпс, СтЗкп при одинаковом содержании углерода имеют близкие величины прочностных свойств, но различаются пластичностью (так как содержание кремния понижается).

3. По химическому составу:

- а) низкоуглеродистая, углерода до 0,25 %... 0,3 %;
- б) среднеуглеродистая, углерода 0,25... 0,6 % (0,45 %);
- в) высокоуглеродистая, углерода больше 0,6 % (0,45 %).

4. По назначению:

- а) общего назначения;
- б) конструкционная качественная;
- в) инструментальная нелегированная.

5. По качеству:

- а) обыкновенного качества $S < 0,05$ %; $P < 0,04$ %;
- б) качественная конструкционная $S < 0,04$ %; $P < 0,035$ %;
- в) качественная инструментальная $S < 0,03$ %; $P < 0,035$ %;
- г) высококачественная инструментальная $S < 0,025$ %; $P < 0,025$ %;
- д) особо высококачественная $S < 0,015$; $P < 0,015$ %.

При одинаковом содержании углерода качественные стали имеют более высокие пластичность и вязкость, особенно при низких температурах.

Качественность стали определяется содержанием вредных примесей, газов и неметаллических включений.

3. Маркировка углеродистых сталей

1. Сталь углеродистая общего назначения ГОСТ 380-71.

Углеродистая сталь поставляется по 3 группам:

А - поставляемая по механическим свойствам: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Они используются в изделиях в состоянии поставки, без обработки давлением и сварки;

Б - поставляемая по химическому составу: БСт0, БСт1, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6 - могут подвергаться деформации (ковке, штамповке) и термической обработке;

В - поставляемая по химическому составу и механическим свойствам: ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5 (могут подвергаться сварке).

Ст 1, 2, 3, 4 - кипящие, полуспокойные, спокойные ($C = 0,06...0,27$ %).

Ст 5, 6 - полуспокойные и спокойные ($C = 0,28...0,49$ %).

Пример: Обозначение - СтЗкп.

Ст - сталь.

Цифра 3 обозначает условный номер марки.

кп-Степень раскисления:

«кп» - кипящая;

«пс» - полуспокойная;

«сп» - спокойная.

С увеличением номера марки содержание углерода увеличивается, и повышаются механические свойства.

Применение: для арматуры, крепежа, деталей, не несущих больших нагрузок.

2. Углеродистая качественная конструкционная сталь ГОСТ 1050-88.

ГОСТ 1050-88 - прокат сортовой, калиброванный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной стали.

Марки: 05кп, 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10, 11кп, 15кп, 15пс, 15, 18кп, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58 - (55шп), 60.

Марки 10, 25 - цементируемые, 35-50 - улучшаемые = закалка + высокий отпуск.

Обозначение - сталь 10кп.

10 - двузначные цифры в марке обозначают содержание углерода в сотых долях процента.

Применение: для ответственных деталей машин, поковок, штамповок.

Таблица № 1

Марки сталей	Назначение
05, 08	Для деталей, изготавливаемых холодной штамповкой и глубокой вытяжкой: кузова, кабины, топливные баки, каркасы и пр.
10-15, 18	Болты, гайки, заклепки, трубы
20-25	Крепежный материал, соединительные муфты, лонжероны автомобилей, поперечны, косынки рам, рамы автомобилей
30, 35	Слабонагруженные оси, валы, цилиндры, шестерни
40, 45, 50	Средненагруженные оси, валы, шестерни, втулки, коленчатые валы
55, 58, 60	Пружины, рессоры, пружинные шайбы, подвески

Ход работы

На основании теоретической части учащиеся выполняют задания (таблица № 3)

Задание

1.Расшифровать марку стали по ее написанию, указать ГОСТ на материал и назначение согласно этому ГОСТу.

2.Указать область применения стали.(Таблица 1,2)

Таблица № 3

Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3	Вариант №4	Вариант № 5
2	3	4	5	6
У7	БСт0	ВСт3	20	БСт3кп
45	У13	45	У8	У9
Ст1пс	Ст2кп	У7А	Ст3пс	55

Вариант №6	Вариант №7	Вариант №8	Вариант №9	Вариант №10
20 У8А Ст2кп	Ст5пс 08кп У12А	У13 35 Ст3сп	55 У9 Ст4пс	Ст 6 пс 10 БСт2
Вариант № 11	Вариант № 12	Вариант № 13	Вариант № 14	Вариант № 15
У7А 35 Ст4	БСт1кп 40 У13А	45 У7 Ст1сп	08 У12 БСт3пс	Ст 6 пс 10кп У11
Вариант № 16	Вариант № 17	Вариант № 18	Вариант № 19	Вариант № 20
У8 Ст5сп 08	У13А 10кп Ст1кп	У7 Ст4 30	10 У8А Ст5пс	15 У9А Ст4пс
Вариант № 21	Вариант № 22	Вариант № 23	Вариант № 24	Вариант № 25
Ст2кп 35 У8	У10Ш 25 Ст6	У11 Ст5сп 08	У11А 25 БСт4пс	Ст1пс 20 У8А
Вариант № 26	Вариант № 27	Вариант № 28	Вариант № 29	Вариант № 30
18кп У7А БСт1сп	15кп У13А Ст4кп	Ст3пс У7 08	10 Ст1пс 60	У7А 45 Ст1сп

Составить отчет о результатах практической работы

Отчет о работе должен содержать :

- а) Название и цель работы;
- б) Краткую теоретическую часть с перечислением ГОСТа на углеродистые стали и принципов классификации;
- в) Выписка задания согласно варианту;
- в) Результаты выполнения работы;
- д) Подробные выводы о результатах выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Что называется углеродистой сталью?
2. Как разделяются по качеству углеродистые конструкционные стали?
3. Как разделяются по качеству углеродистые инструментальные стали?
4. Как маркируются углеродистые конструкционные стали?
5. Как маркируются углеродистые качественные инструментальные стали?

Как маркируются углеродистые высококачественные инструментальные стали

Практическое занятие №3

Расшифровка марок углеродистых сталей, определение их класса и области применения

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

Анализ показателей марок стали.

Вывод: _____

Практическое занятие №4

Расшифровка марок легированных сталей, определение их класса и области применения

Цель работы: изучить принципы обозначения марок легированных сталей и научиться читать маркировку.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №4 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ
2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,
3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Углеродистые стали имеют недостаточную прочность, повышенную склонность к старению и низкую коррозионную стойкость, плохо прокаливаются, хрупки при низких температурах и т.д. Поэтому очень важно улучшить эксплуатационные характеристики сталей, получить стали с особыми свойствами, например, жаропрочные, нержавеющие и т.д. Это достигается изменением химического состава стали.

Сталь называется легирующей, если в неё вводятся специальные (легирующие) элементы, изменяющие её свойства, или в ней имеется более 1% Si, или Mn. Эти легирующие элементы в буквенном виде включаются в марки сталей(см. табл. №1)

Таблица №1

А (внутри марки) азот	А (в начале марки) автоматная	А (в конце марки) высококачественная	Б ниобий
В вольфрам	Г марганец	Д медь	Е селен
К кобальт	Л литейная	М молибден	Н никель
П фосфор	Р бор	Р (в начале марки) быстрорежущая	С кремний
Т титан	У инструментальная	Ф ванадий	Х хром
Ц цирконий	Ч церий	Ш шарикоподшипниковая	Ю алюминий

Влияние легирующих элементов на механические свойства стали

При легировании особенно сильно повышается предел текучести, относительное сужение, ударная вязкость. Легирующие элементы уменьшают критическую скорость закалки, повышая прокаливаемость. После термической обработки легированные стали имеют более мелкое зерно и более мелкие дисперсные структуры.

Однако высокое легирование может ухудшать обрабатываемость резанием, свариваемость, повысить порог хладноломкости.

V, Ti, Nb, Zr (до 0,05-0,15%) – образуют труднорастворимые карбиды, измельчают зерно, понижают порог хладноломкости, снижают хрупкость, уменьшают чувствительность к концентратам напряжений.

Mo, W – повышает прокаливаемость, измельчают зерно, повышают устойчивость перед отпуском.

Si – обеспечивает высокую вязкость, замедляет процесс отпуска мартенсита.

Mn – приводит к упрочнению наклепом.

W, Mo, Cr, V – повышают красностойкость.

V – повышает износостойкость.

Mn, Cr, V, Ni, Mo – обеспечивают высокую прокаливаемость.

Cr, Mo, S – сильно упрочняют сталь, сохраняя высокую плотность дефектов; увеличивают дисперсность карбидных частиц.

Cu, Ni или одновременно **Cu и P** – повышают коррозионную стойкость в атмосфере (10ХСНД, 15ХСНД).

V (0,05-0,12%) и N (0,015-0,025) – измельчают зерно (балл 10-12).

Ni – повышает сопротивление крупному разрушению, увеличивает пластичность и вязкость, понижает температуру порога хладноломкости

Сочетания букв и цифр дают характеристику легированной стали.

Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Одна цифра впереди марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента.

Если впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%. Цифры, стоящие за буквами, указывают среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%).

Указанная система маркировки охватывает большинство существующих легированных сталей.

Исключение составляют отдельные группы сталей, которые дополнительно обозначаются определенной буквой:

P – быстрорежущие, **E** – магнитные, **Ш** – шарикоподшипниковые, **Э** – электротехнические.

Буква А в начале обозначения марки стали говорит о том что это **Автоматная сталь** например А12, АС12ХН, АС14, АС19ХГН, АС35Г2 в большинстве используется в автомобилестроении, для обработки на специализированных станках с большой скоростью резания.

Буква А в конце маркировки сталей относит её к **высококачественным сталям**. Например 40ХГНМ относится к качественным сталям, а 40ХГНМА уже к высококачественным, т.е. сталь, содержащую меньше серы и фосфора.

Ход работы

Сначала учащиеся расшифровывают марки легированных сталей вместе с преподавателем

Примеры. Сталь 10ХСНД – сталь качественная конструкционная с содержанием 0,10 % углерода, хрома, кремния, никеля, меди до 1 % каждого.

Сталь 18Г2АФ – сталь качественная конструкционная с содержанием 0,18 % углерода, марганца 2 %, азота, ванадия до 1 % каждого.

Сталь 9ХС – сталь качественная инструментальная с содержанием 0,9 % углерода, хрома и кремния до 1 % каждого.

Сталь ХГ2ВМ – сталь качественная инструментальная с содержанием до 1 % углерода, марганца 2 %, вольфрама и молибдена до 1 % каждого.

Сталь 90Х4М4Ф2В6Л – сталь высококачественная конструкционная с содержанием 0,90 % углерода, 4 % хрома, 4 % молибдена, 2 % ванадия, 6 % вольфрама, литейная.

Сталь 18Х2Н4ВА – сталь высококачественная конструкционная с содержанием 0,18 % углерода, хрома 2 %, никеля 4 %, вольфрама до 1 %.

Сталь Р18К5Ф2 – сталь высококачественная быстрорежущая инструментальная с содержанием углерода до 1 %, 18 % вольфрама, 5 % кобальта, 2 % ванадия.

Сталь 9Х18 – сталь высококачественная инструментальная с содержанием 0,9 % углерода, 18 % хрома.

Сталь А11 – сталь автоматная с содержанием 0,11 % углерода

Сталь АСЦ30ХМ – сталь автоматная, легированная свинцом и кальцием с содержанием 0,30 % углерода, хрома и молибдена до 1 % каждого.

На основании теоретических знаний учащиеся выполняют индивидуальное задание, в тетрадях для практических работ

Задание

Дать характеристику стали (варианты заданий в табл. 2):

1. Записать индивидуальное задание
2. При расшифровке марок легированных сталей указать:
 - а) металлургическое качество стали;
 - б) назначение стали;
 - в) химический состав стали .

Отчет о работе должен содержать :

- а) Название и цель работы;
- б) Краткую теоретическую часть с перечислением ГОСТа на углеродистые стали и принципов классификации;
- в) Выписка задания согласно варианту;
- в) Результаты выполнения работы;
- д) Подробные выводы о результатах выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Что называется легированной сталью?
2. Как какие материалы используют для легирования стали?
3. Какие свойства приобретает сталь после ввода легирующих элементов ?
4. С какой целью осуществляется легирование сталей?

Практическое занятие №4

Расшифровка марок легированных сталей, определение их класса и области применения

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

Анализ показателей марок стали.

Вывод: _____

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
20XP	50Г2	38ХМЮА	40ХФА
12ХГНФАЮ	15Г2СФ	16Г2АФпс	12Г2СМФ
2Х13В8К10	5ХНМ	2Х12В3МФ	6ХНФ
Р6М5	Р12	Р7Т	Р9
14Х17Н2	07Х13АГ20	08Х21Н6М2Т	09Х15Н8Ю
Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8
50ХГ	20ХГР	50ХГА	45ХН
15ХГ2СФР	14ХГНСФР	12ХГ2СМФ	12ХГНФАЮ
9ХФ	8Х4В4Ф	4Х5В4ФСМ	2Х12В7К5
Р6М3	Р9М4	Р12М3	Р18Ф2
14Х18Н4Г4Л	12Х18Н12БЛ	31Х19Н9МВБТ	15Х23Н18Л
Вариант 9	Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12
60С2ХА	40ХН3А	18ХГТ	40ХС
15 ГСМХР	14Х2ГМР	14ГНФБАЮ	09Г2СЮЧ
ХГ3М	У11А	4ХНМ	4Х13
Р14Ф4	Р9Ф5	Р6М5Ф3	Р5М4Ф4
12Х18Н12М3 Т	12Х25Н5ТМФЛ	120Г10ФЛ	20Х21Н46В8Р
Вариант 13	Вариант 14	Вариант 15	Вариант 16
50ХН	85ГР	50ХФА	70ГТ
10ХСНД	15ХСНД	15ГФ	09Г2С
Х6ВФ	9Г2Ф	ХВГ	ХВСГ
Р18Ф3	Р14Ф4	Р9Ф5	Р12Ф3
10Х18Н11БЛ	11Г13ФТЛ	11Г13Х2БРЛ	15Х18Н22В6М2Р
Вариант 17	Вариант 18	Вариант 19	Вариант 20
60С2Н2А	70С2ХА	70С3А	65ГС
15 Г2АФДпс	12ГН2МФАЮ	12Г2АМФ	15ХСНД
У10А	Х12Ф1	6Х2С	9ХВФ
Р9К10	Р18К5Ф2	Р10К5Ф5	Р12Ф4К5
10Х18Н9Л	10Х18Н3Г3Д2Л	130Г14ХМФА	15Х18Н22В6М
Вариант 21	Вариант 22	Вариант 23	Вариант 24
35ХМ	45Г2	50ХГФА	12Х5МА
16Г2АФД	12ГН2МФАЮ	18Г2АФДпс	12ХГН2МБА Ю
7ХГ2ВМ	3Х2В8Ф	У13А	6ХС
Р10М4Ф3К10	Р18Ф2К5	Р18Ф2К8М	Р15Ф2К5
09Х16Н4БЛ	09Х17Н3С	10Х17Н10Г4М БЛ	08Х17Н34В5Т 3Ю2Р
Вариант 25	Вариант 26	Вариант 27	Вариант 28
08кп	38ХА	15ХФ	65С2ВА
15Х2ГН2ТА	12ГН2МФАЮ	12Г2СМФЮ	12Г2АМФ
4Х5МС	4Х3ВМФС	9ХФ	4Х5В2ФС
Р10Ф5К5	Р2М8К5	Р14Ф4	Р9Ф5
07Х17Н16ТЛ	07Х18Н9Л	08Х14Н7М	16Х18Н12С4Т ЮЛ

Практическое занятие №5

Расшифровка марок инструментальных сталей, их качество и область применения

1. Изучить принципы классификации и обозначения марок инструментальных сталей.
2. Изучить область применения инструментальных сталей.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №5 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

2. классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения.

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Сталь нелегированная инструментальная ГОСТ 1435-74.

Марки: У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13, У7А, У8А, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А.

Пример: Обозначение - У12А. У - углеродистая инструментальная.

Цифра 12 обозначает содержание углерода в десятых долях=0,12

А - высококачественная.

Применение: для ударного и режущего инструмента.

У7А, У8А - зубила, штампы, молотки (обладает некоторой вязкостью).

У9А, У10А напильники, шаберы, калибры (высокая твердость и износостойкость) применяются для изготовления инструмента, не подвергающегося при эксплуатации сильным ударам.

Таблица № 2

Марки сталей	Назначение
У7, У7А	Зубила, молотки, пневмоинструмент и пр.
У8, У8А	Фрезы, зенковки, штампы, матрицы, пуасоны, ножи, ножницы, столярный инструмент, деревообрабатывающий инструмент и пр.
У9, У9А, У10, У10А	Сверла, метчики, развертки, матрицы для холодной штамповки и пр.
У11, У11А, У12, У12А, У13, У13А	Напильники, резцы, сверла, мерительный инструмент (калибры, штангенциркули и др.), граверный инструмент, керны и пр.

Задание

Дать характеристику стали (варианты индивидуальных заданий в табл. 5):

1. Расшифровать марку стали.
2. Указать:
 - а) металлургическое качество стали;
 - б) назначение стали;
 - в) химический состав стали по марке

Составить отчет о результатах практической работы

Отчет о работе должен содержать :

1. Название и цель работы;
2. Результаты выполнения работы;
3. Подробные выводы о результатах выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Что называется инструментальной сталью?
2. Какие материалы используют для инструментальных сталей?
3. Какие свойства приобретает инструментальная сталь при повышении концентрации углерода?
4. Назначение инструментальных сталей?

Практическое занятие №5

Расшифровка марок инструментальных сталей, их качество и область применения

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

Анализ показателей марок стали.

Вывод: _____

Практическое занятие №6

Составление сводной таблицы свойств и областей применения цветных металлов и сплавов.

Цель работы:

1. Изучить цветные металлы и сплавы, свойства и область применения.
2. Рассмотреть механизм и алгоритм составления таблицы применения цветных металлов и сплавов.

Приборы и материалы

Микроскоп металлографический.

Коллекция микрошлифов однофазных и двухфазных латуней и бронз.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4, 3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №6 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

2. классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения.

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств .

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Медь

Медь – это пластичный металл светло-розового цвета, плавится при 1083 °С, имеет плотность 8,96 г/см³ обладает гранцентрированной кубической решеткой. Отличительная особенность меди – ее малое электросопротивление, высокая теплопроводность, хорошая коррозионная стойкость во многих естественных средах (атмосфера, земля, морская и пресная вода). Последнее свойство объясняется как химической стойкостью самой меди (по электрохимическому потенциалу медь положительнее водорода), так и устойчивостью образующихся продуктов коррозии.

Предел прочности меди в отожженном состоянии составляет $\sigma_b = 250$ МПа, относительное удлинение 50 %, относительное сужение 75 %. Для упрочнения меди используется наклеп. Путем наклепа можно довести σ_b до 450 МПа, но при этом пластичность понижается. Примеси оказывают существенное влияние на механические, технологические и физические свойства меди. Растворимые примеси (Al, Sn, Zn и др.) повышают механические свойства, но значительно снижают электро - и теплопроводность. Нерастворимые примеси (Pb, Bi) образуют легкоплавкие эвтектики, которые затрудняют горячую обработку давлением из-за горячеломкости. Примеси (S, O) образуют тугоплавкие эвтектики, которые располагаются по границам зерен, что приводит к появлению хрупкости меди. Микроструктура литой меди полиэдрическая, зернистая (рис. 1а). Микроструктура холодно-деформированной меди, подвергнутой последующему рекристаллизационному отжигу, такая же, но с наличием двойников (рис. 1б).

Химический состав меди и свойства нормированы ГОСТом 859-78. Медь поставляют в мягком (отожженном) и твердом состоянии. Она применяется для изготовления сплавов на медной основе, токопроводящих деталей, фольги и т.п. (табл. 1).

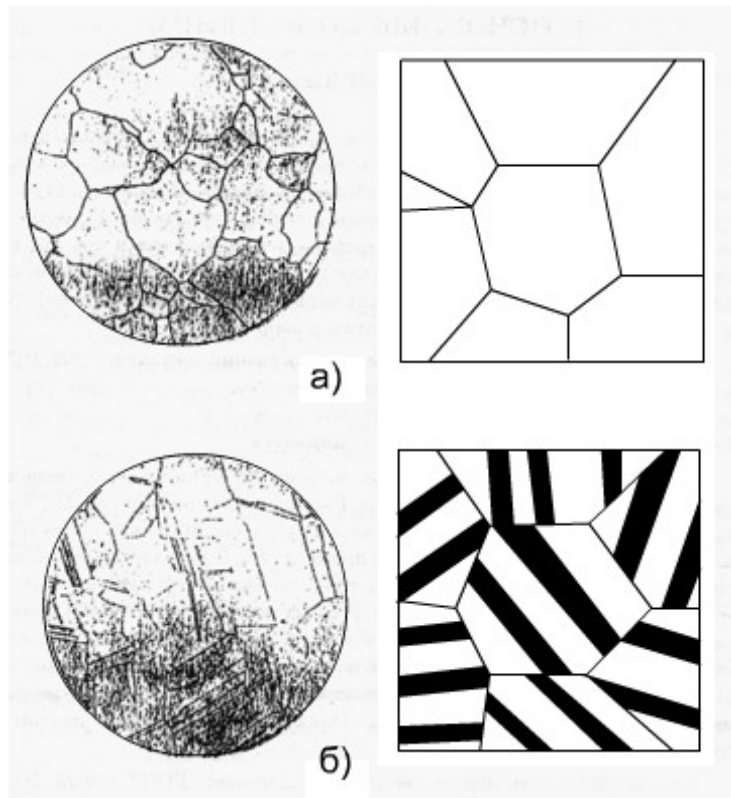


Рис. 1. Микроструктура меди (справа - схематическое изображение):

а) литая; б) холоднодеформированная, после рекристаллизационного отжига.

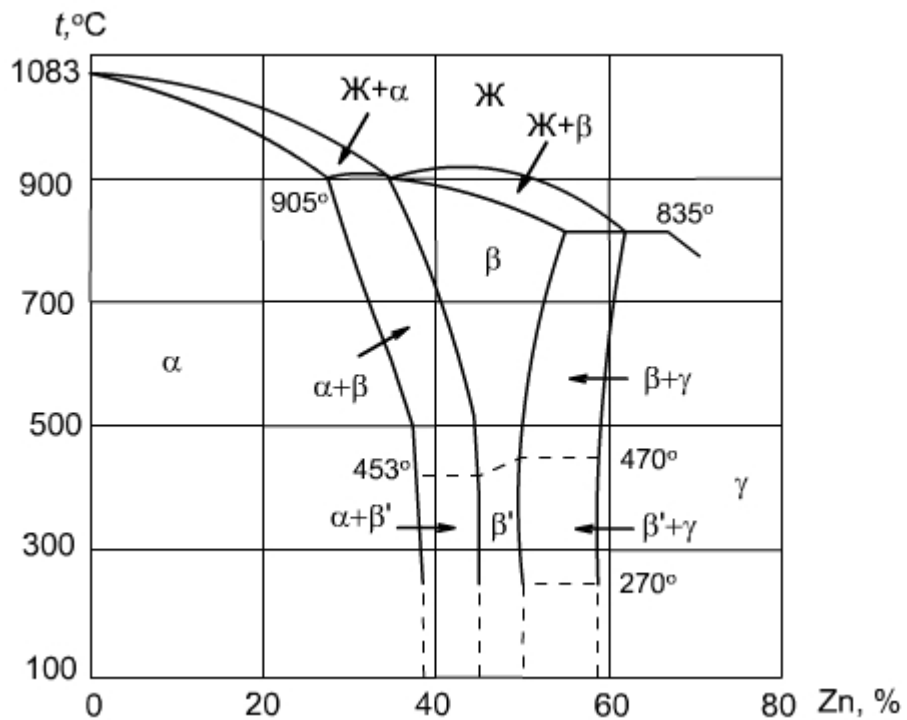


Рис. 2а. Диаграмма состояния медь-цинк.

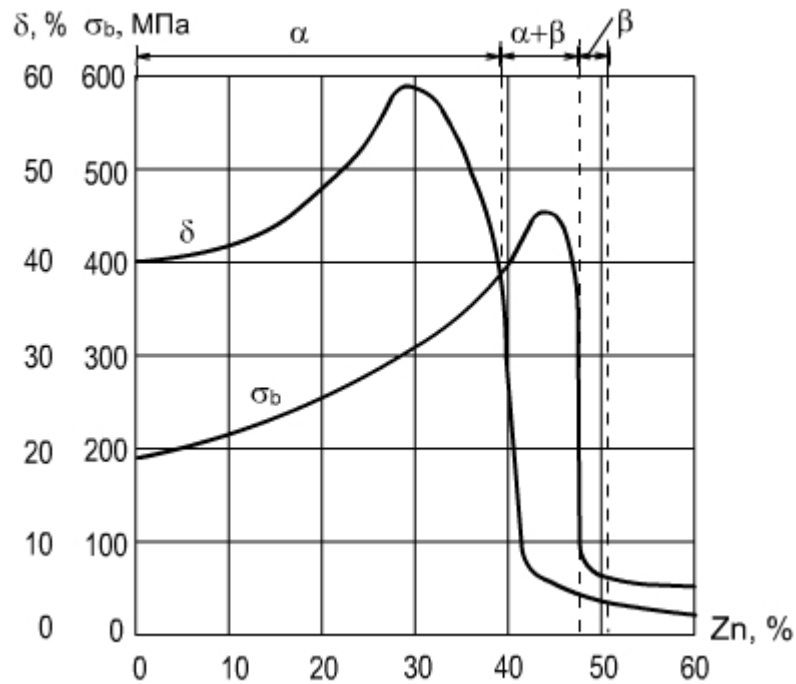


Рис. 2б. График изменения механических свойств латуней, в зависимости от содержания цинка:
 δ - относительной удлинение;
 σ_b - предел прочности

Латуни

Латуни представляют собой двойные или многокомпонентные медные сплавы, в которых цинк является основным легирующим компонентом. Цинк способен растворяться в меди в твердом состоянии до 39 % (рис. 2а).

Твердый раствор Zn в Cu имеет кристаллическую решетку меди и называется α -фазой. При содержании цинка, превышающем 39 %, наряду с α -фазой образуется β -фаза, представляющая собой твердый раствор на базе химического соединения.

Количество β -фазы зависит от того, насколько содержание цинка превышает его предел растворимости в меди (39 %). Поэтому латуни, содержащие цинк до 39 %, имеют структуру, состоящую из зерен α -фазы и называются однофазными. Латуни с содержанием цинка более, 39 %, но менее 46 % имеют структуру, состоящую из зерен α и β -фазы и относятся к двухфазным.

Микроструктура литой однофазной латуни имеет дендритное строение (рис. 3а). Эта же латунь после холодной обработки давлением и рекристаллизационного отжига, имеет зернистую структуру с наличием двойников (рис. 3б).

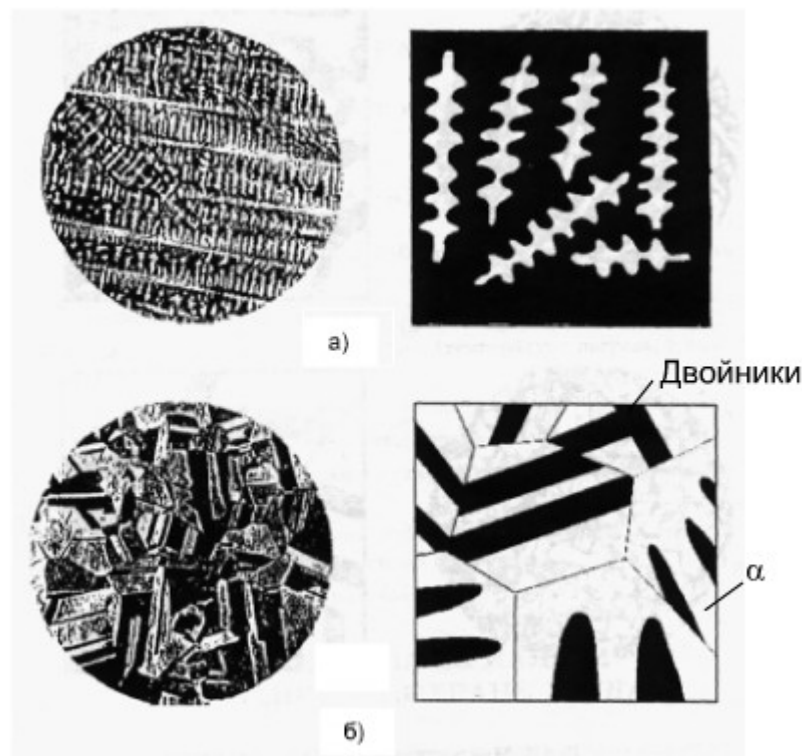


Рис. 3. Микроструктура однофазной латуни (справа - схематическое изображение):

а) литая; б) деформированная и отожженная.

Микроструктура литой двухфазной $\alpha + \beta$ - латуни состоит из светлых зерен α -фазы и темных зерен β -фазы. В деформированной и отожженной $\alpha + \beta$ -латуни на зернах α -фазы имеются ее двойники (рис. 4). Таким образом, латуни, содержащие от 39 до 46 %Zn, имеют двухфазную структуру $\alpha + \beta$ и обладают низкой пластичностью, поэтому они хорошо обрабатываются давлением лишь в горячем состоянии, в отличие от α -латуни, которая хорошо обрабатывается в холодном состоянии.

По технологическому признаку латуни подразделяют на литейные и обрабатываемые давлением. Физические и механические свойства латуней, обрабатываемых давлением, нормируются ГОСТом 15527-70. Двойные латуни маркируются буквой Л и числом, характеризующим среднее содержание меди в сплаве (табл. 2). Для повышения прочности, коррозионной стойкости и некоторых специальных свойств разработаны специальные многокомпонентные латуни. Состав сложных латуней отражается в ее марке, где большие буквы А, Н, Мц, К, О, Ж обозначают соответственно алюминий, никель, марганец, кремний, олово, железо, а цифры, следующие после содержания меди, показывают процентное содержание данного металла в сплаве. Олово существенно снижает обесцинкование латуней при работе в пресной и морской воде, поэтому оловянные латуни иногда называют "морскими" (ЛО90-1, ЛО62-1).

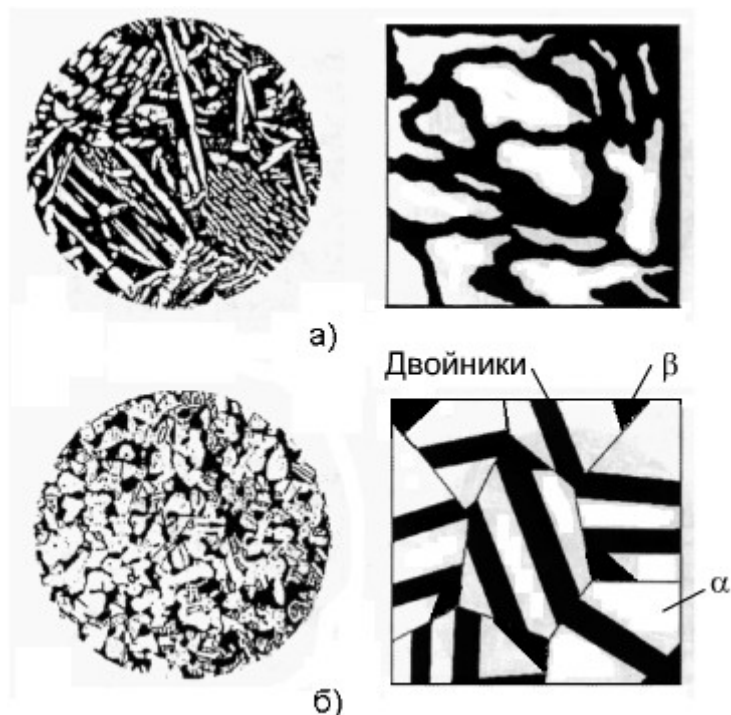


Рис. 4. Микроструктура двухфазной латуни

(справа – схематическое изображение): а) литая; б) после деформации и отжига

Марганец улучшает стойкость латуней в морской атмосфере (ЛМц58-2). Кремний резко упрочняет латуни, также повышает коррозионную стойкость (ЛК80-3). Более сложные по составу латуни содержат совместно алюминий (до 2 %), железо, никель, марганец, кремний (по 1–3 %). Отличительная особенность этих сплавов еще более высокая прочность и стойкость в различных средах. К этой группе сплавов относится латунь ЛЖМц59-1-1. Для улучшения обработки резанием (точение, сверление и пр.) в некоторые двойные латуни вводят свинец (ЛС59-1). Он не растворяется в меди и в структуре распределен в виде отдельных включений. При обработке резанием латуни, в структуре которой имеются мелкие равномерно распределенные включения свинца, получается сыпучая, а не витая стружка. Это не только облегчает процесс обработки резанием, но и позволяет получать чистую без заусенцев отработанную поверхность.

В табл. 3 приведены примеры специальных латуней, обрабатываемых давлением. Они широко применяются в судостроении в качестве антифрикционных материалов и для деталей судовой арматуры.

Литейные латуни нормируются по ГОСТ 17711-93, они содержат те же элементы, что и латуни, обрабатываемые давлением, от последних литейные латуни отличаются, как правило, большим легированием цинком и другими металлами. Вследствие малого интервала кристаллизации литейные латуни обладают хорошими литейными характеристиками. В марке литейной латуни указывается содержание цинка. Например: ЛЦ40С – литейная латунь, содержащая 40 % Zn и 1 % Pb. В таблице 4 указаны состав и область применения сплавов этой группы.

Бронзы

Бронзами называют сплавы меди, в которых цинк и никель не являются основными легирующими элементами. Название бронзам дают по названию основного легирующего элемента, например, оловянная, алюминиевая и т.п. Отдельные бронзы в качестве

легирующего компонента содержат цинк, но он не является основным. По фазовому составу бронзы делят на однофазные и двухфазные. Однофазные бронзы состоят из зерен твердого раствора легирующих элементов в меди, называемого α - фазой. По технологическому признаку бронзы, как и латуни, делят на 2 группы: литейные и деформируемые. Литая однофазная бронза имеет структуру неоднородного твердого раствора, т.е. дендритную структуру. Дендриты любого сплава всегда обогащены более тугоплавким компонентом, а междендритные объемы – более легкоплавким. Схемы микроструктуры литой и деформированной однофазных бронз аналогичны соответствующим схемам латуни (рис. 3). В двухфазных бронзах наряду с α -фазой присутствуют кристаллы более твердого химического соединения той или иной природы, которые могут присутствовать в структуре либо в виде отдельных кристаллов, либо являться составной частью эвтектоида. Например микроструктура литой двухфазной бронзы БрА10 состоит из следующих структурных составляющих – светлых участков α -фазы (это твердый раствор алюминия в меди) и темных участков эвтектоидной смеси α -фазы и химического соединения (рис. 5).

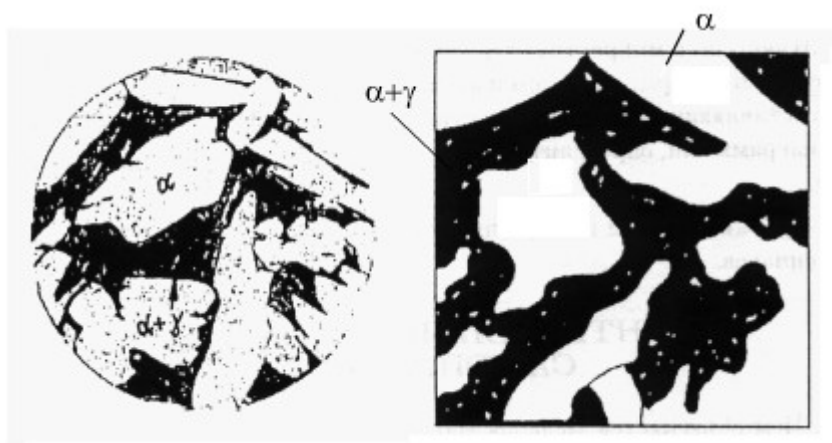


Рис. 5. Микроструктура литой двухфазной бронзы
(справа – схематическое изображение)

Оловянные бронзы – это сплавы меди с оловом, которые могут содержать, добавки фосфора, свинца, цинка, никеля и других легирующих элементов. Обладая достаточной прочностью, они имеют высокую коррозионную стойкость (особенно в морской воде), хорошие антифрикционные свойства, низкий коэффициент трения, высокое сопротивление износу. Небольшие добавки фосфора (0,1 – 0,4 %) в оловянные бронзы вводят с целью их раскисления. Добавки цинка улучшают литейные свойства (вследствие уменьшения интервала кристаллизации), а добавки свинца – антифрикционные свойства. Алюминиевые бронзы содержат обычно добавки марганца, железа, никеля, свинца. Марганец улучшает коррозионную стойкость, никель и железо прочностные свойства, свинец – антифрикционные свойства и обрабатываемость резанием алюминиевых бронз.

Помимо оловянных и алюминиевых бронз в судовых механизмах применяются кремнистые и бериллиевые бронзы. Последние близки к алюминиевым бронзам по значению свойств и технологическим характеристикам. В табл. 6 указаны области применения бронз, обрабатываемых давлением. Большинство литейных оловянных бронз применяется для изготовления ответственных отливок. Отливки из алюминиевых бронз обычно получают литьем в кокиль или песчаные формы. Обратите внимание на особенность маркировки литейных бронз (табл. 7).

Содержание отчета

1. Название
2. Цель работы.
3. График изменения механических свойств латуней (рис. 2б).
4. Схемы микроструктуры заданных латуней. Их химический состав, механические свойства, применение.
5. Схемы микроструктуры заданных бронз в литом состоянии. Их химический состав и применение.
6. Выводы.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем объясняется хорошая коррозионная стойкость меди в естественных средах?
2. Каким образом упрочняют медь?
3. Сопоставьте свойства меди в наклепанном и отожженном состоянии.
4. Какие примеси практически не растворяются в меди?
5. Есть ли отличие в микроструктуре литой и деформированной, подвергнутой последующему рекристаллизационному отжигу меди?
6. Медь какой марки (М0 или М4) имеет больше примесей?
7. Что такое латунь?
8. Как влияет цинк на свойства однофазных латуней?
9. Какие латуни называются однофазными?
10. Чем отличаются технологические свойства однофазных и двухфазных латуней?
11. В каком состоянии латунь или бронза имеет дендритное строение?
12. Как маркируют деформируемые латуни?
13. Как маркируют литейные латуни?
14. Какие латуни относят к многокомпонентным, специальным?
15. Какие латуни называют "морскими"?
16. Что такое бронза?
17. Дайте характеристику свойств оловянных бронз.
18. Есть ли отличие в маркировке литейных и деформируемых бронз?
19. Как классифицируют бронзы по фазовому составу?
20. Как классифицируют бронзы по химическому составу?
21. Как классифицируют бронзы по технологическому признаку?
22. Где применяется бронза?
23. Где применяются латуни?
24. Какой сплав используется для изготовления гребных винтов?
25. Какой сплав прочнее (Л90 и Л80)?

Таблица 1. Медь, применяемая в судостроении:

марки, назначение

Марка металла	Содержание меди, %, не менее	Примеры применения
М0 М1	99,95 99,90	Для изготовления сплавов на медной основе, применяемых для фасонного литья слитков, обрабатываемых давлением. Для производства труб, трубопроводов морской

М3	99,5	воды, в том числе паропроводов отработавшего пара при температуре до 250 °С, патрубков циркуляционных насосов.
М4	99,0	Для изготовления сплавов на медной основе, применяемых для фасонного литья.

Двойные деформируемые латуни, применяемые в судостроении:
марки, назначение ГОСТ 15527-70 Таблица 2

Марка сплава	Наименование сплава	Медь, %	Примеры применения	Фазовый состав
Л96	Томпак	96	Ножи рубильников.	а
Л90	Томпак	90	Фланцы трубопроводов морской воды.	а
Л68	Латунь	68	Трубы теплообменных аппаратов в средах.	а
Л62	Латунь	62	Пар - конденсат, детали, не соприкасающиеся с морской водой.	а

Деформируемые латуни ГОСТ 15527 -70

Таблица 3

Марка сплава	Наименование сплава	Содержание добавок Zn, %	Примеры применения
ЛО70-1 ЛО62-1	Латунь оловянная	29 Sn - 1 % 37 Sn - 1 %	Трубы теплообменных аппаратов, работающих на морской воде. Детали арматуры, работающие при температуре 250 °С. Детали иллюминаторов, детали, работающие на трение.
ЛЖМц59-1-1	Латунь железомарганцевая	39 Mn - 1 % 39 Fe - 1 %	
ЛС59-1	Латунь свинцовая	40 0,6 - 1 %	

Литейные латуни ГОСТ 17711-93 Таблица 4

Марка сплава	Содержание цинка	Фазовый состав
Л96	4	а
ЛА77-2	21	а
ЛАЖ60-1-1	38	а + в + А - Fe
ЛАН59-3-2	36	а + в
ЛО60-1	37	а + в
ЛС59-1	40	а + в + Pb
ЛЖС58-1-1	40	а + в + Pb + Fe

Примеры применения бронз, обрабатываемых давлением Таблица 6

Марка сплава	Примеры применения
БрОЦ4-3	Пружины, омываемые морской водой.
Бр0Ф6,5-0,15	Особо ответственные пружинные контакты.
Бр0Ф7-0,2	Детали, работающие на трение.
БрАЖ9-4	Детали арматуры (до 250 °С), маслоработающие в пресной воде; детали, работающие на трение.

БрАМц9-2	Детали арматуры (до 250 °С), работающие в морской воде.
БрАЖЬц 10-3-1,5	Игольчатые клапаны, втулки сальников (до 250 °С), пресная вода, масло, жидкое топливо.
БрКМц3-1 БрБ2	Пружины цилиндрические (до 200 °С), пресная и морская вода. Судовое машиностроение: мембраны, детали часовых механизмов.

Химический состав литейных бронз ГОСТ613-79 Таблица 7

Марка сплава	Содержание добавок, %				Температура начала кристаллизации °С
	Sn	Pb	Zn	Прочее	
Бр010Ц2	10	-	2	-	1000
Бр08Ц4	8	-	4	-	1000
Бр05Ц5С5	5	5	5	-	975
Бр010Ф1	10	-	-	1P	934
БрА9Мц2	-	-	-	Al 9 Mn2	1110
БрА10Мц2	-	-	-	Al/10 Mn2	1010
БрА9Ж3	-	-	-	Al/9 Fe3	1040
БрА9Ж4Н4Мц1	-	-	-	Al/9 Fe4 Ni4 Mn1	1080

Практическое занятие №7

Расшифровка марок латуней и соотнесение их с областью применения

Цель работы: изучить принципы обозначения марок цветных металлов и сплавов на их основе и научиться читать маркировку.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №7 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

2. классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения.

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. Медно-никелевые сплавы (ГОСТ 492–73)

4. Медь (ГОСТ 859–78)

5. Латуни литейные (ГОСТ 17711–80) и обрабатываемые давлением (ГОСТ 15527–70).

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Многообразие цветных металлов и сплавов не позволяет ввести единой системы маркировки. Многие цветные сплавы разрабатывали внутри отдельных отраслей металлургии и машиностроения, поэтому они имеют отличные от других обозначения. Обычно для обозначения отдельных легирующих элементов применяют буквы, приведённые в табл. 1.

Цифры после буквы обозначают либо содержание элемента в сплаве в весовых %, либо условную степень чистоты основного металла. Иногда число в марке представляет просто порядковый номер сплава. Удобно изучать маркировку сплавов по группам, связанным с определенным металлом.

МЕДЬ И ЕЁ СПЛАВЫ

Буквой М в начале марки обозначают чистую медь и медно-никелевые прецизионные сплавы. Конструкционные медные сплавы имеют исторически сформировавшиеся названия – латуни и бронзы.

Латунями называют медные сплавы, в которых основным легирующим элементом является цинк.

1. Медь чистая

Чистоту меди (ГОСТ 859–78) обозначают числом, стоящим после буквы М. Чем меньше число, тем более чистый металл (00 – высокочистая, 0 – чистая, 1, 2, 3 – технически чистая).

Строчные буквы в конце марки обозначают технологию обработки металла: к – катодная; б – безкислородная; р, ф – раскисленная.

Пример. Медь М1к – медь технически чистая № 1 по ГОСТ 859–78 катодная.

1. Условные обозначения химических элементов
в марках цветных металлов и сплавов

Элемент	Химический символ	Обозначение элемента
Алюминий	Al	А
Бериллий	Be	Б
Железо	Fe	Ж
Иридий	Ir	И
Кадмий	Cd	Кд
Кремний	Si	К
Магний	Mg	Мг
Марганец	Mn	Мц
Медь	Cu	М
Мышьяк	As	Мш
Никель	Ni	Н
Олово	Sn	О
Ртуть	Hg	Р
Свинец	Pb	С
Сурьма	Sb	Су
Теллур	Te	Те
Титан	Ti	Т
Фосфор	P	Ф
Хром	Cr	Х
Цинк	Zn	Ц

2. Латунь (сплавы медно-цинковые)

Маркировка латуней начинается с буквы Л. В зависимости от назначения и метода обработки латуни делят на литейные (ГОСТ 17711–80) и обрабатываемые давлением (ГОСТ 15527–70).

В марке латуни, обрабатываемой давлением, после буквы Л стоит содержание меди в весовых процентах. Затем идёт перечень всех букв легирующих элементов (табл. 1), входящих в состав сплава. Содержание этих элементов (в вес. %) указывается в конце марки через тире в том же порядке, что и указанные легирующие вещества. Содержание главного легирующего элемента в латуни (цинк) получается как остаток до 100 %.

Пример. Латунь ЛАНКМц75–2–2,5–0,5–0,5 – обрабатываемая давлением латунь содержит 75 % меди, легирована 2 % алюминия, 2 % никеля, 0,5 % кремния, 0,5 % марганца, остальное – цинк. ГОСТ 15527–70.

В марке литейной латуни после буквы Л стоит Ц и сразу указывается содержание цинка (в весовых %). Далее в таком же порядке приводятся остальные легирующие элементы (табл. 1) с их содержанием. Медь – остальное.

Пример. Латунь ЛЦ23А6Ж3Мц2 – литейная латунь с содержанием 23 % цинка, 6 % алюминия, 3 % железа, 2 % марганца, остальное – медь. ГОСТ 17711–80.

3. Медно-никелевые сплавы

Медно-никелевые сплавы (ГОСТ 492–73) обладают особыми физическими и химическими свойствами. Коррозионностойкими сплавами являются мельхиоры (система

Cu–Ni), нейзильберы (система Cu–Ni–Zn, 5...35 % Ni и 13...45 % Zn) и куниали (система Cu–Ni–Al).

Марка таких сплавов начинается с буквы М (медь), затем идут буквы легирующих элементов (табл. 1) и в конце в том же порядке среднее содержание этих веществ в весовых процентах.

Пример. Сплав МНМц15-20 – медный сплав с содержанием 15 % никеля и 20 % марганца.

Примеры решения.

1. Латунь ЛЦ23А6ЖЗМц2 – литейная латунь с содержанием 23 % цинка, 6 % алюминия, 3 % железа, 2 % марганца, остальное – медь
2. Медь М1к – медь технически чистая № 1 катодная.

Составить отчет о результатах практической работы

Отчет о работе должен содержать :

- а) Название и цель работы;
- б) Результаты выполнения работы;
- в) Подробные выводы о результатах выполнения работы.

Задание

Дать характеристику сплава (варианты индивидуальных заданий в табл. 2):

1. Прочитать вслух марку сплава.
2. Указать:
 - а) основной металл сплава;
 - б) назначение или способ обработки сплава;
 - в) химический состав сплава по марке.

Практическое занятие № 7

Расшифровка марок латуней и соотнесение их с областью применения

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

Анализ показателей сплавов меди.

Вывод: _____

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
A995	A99	A95
AMц	AMцC	D12
AK12	AK9	AK9ч
M00к	M0к	M00
БрA10Ж3Mц2	БрA11Ж6H6	БрC60H2,5
Л85	ЛО62-1	ЛC63-3
MHMц43-0,5	MHMц40-0,5	MHЖMц30-1-1
Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
A97	A999	A85
AMr1	AMr2	AMr3
AK9пч	AK7	AK7пч
M00б	M0	M0б
БрO3Ц12C5	БрOЦC4-4-2,5	БрOЦ4-3
ЛЖC58-1-1	ЛC60-2	ЛMц58-2
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8
Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9
A8	A7	A7E
AMr4	AK4	AMr3
AK10Cy	AK21M2,5H2,5	AK6M2
M00б	M1	M0к
БрOФ2-0,25	БрOФ4-0,25	БрOФ6,4-0,15
ЛЦ30A3	ЛЖMц59-1-1	ЛЦ23A6Ж3Mц2
MHЦC16-29-1,8	MHЦ15-20	MHA13-3
Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12
A5	A5E	A0
B95	AMr3C	AK6
AK5M	AK8M3ч	AK12MMrH
Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12
M00	M00к	M1ф
БрO3Ц7C5H1	БрO4Ц7C5	БрO4Ц4C17
ЛЦ40Mц3Ж	ЛMш68-0,05	ЛЖC58-1-1
MHA6-1,5	MHЦ15-20	MHA13-3
Вариант 13	Вариант 14	Вариант 15
AД00	AД0	AД1
D18	AMr6	D16
AK12M2MrH	AK12M2	AK9M2
M2p	M3	M2
БрO10Ц2	БрO5C25	БрO6Ц6C3
Л80	ЛО90-1	ЛC63-2
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8
Вариант 16	Вариант 17	Вариант 18
AД	A5	A7E
B65	AK8	AMr5
AM5	AM4,5Kn	AK7Ц9
M1	M1p	M2
БрO8Ц4	БрO10Ф1	БрO10C10
ЛC60-1	ЛО70-1	Л63
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8

Вариант 19	Вариант 20	Вариант 21
A97	A85	A999
Д18	Д1	В65
AMr4K1,5M	AMr5Mц	AMr6
M2p	M1ф	M3p
БpCy6C12Φ0.3	БpA7Mц15Ж3H2Ц2	БpAMц10-2
ЛMш68-0,05	Л68	ЛЦ40Mц3A
MHA13-3	MH19	MHMц3-12
Вариант 22	Вариант 23	Вариант 24
A99	A95	A999
AK6	AMr4	Д12
AMr6лч	AЦ4Mr	AMr7
M3	M3p	M1pM
БpMr0,3	БpBHT1,9Mr	БpAJH10-4-4
ЛC59-3	ЛОМш70-1-0,05	ЛАМш77-2-0,05
MHMц43-0,5	MHMц40-0,5	MHЖMц30-1-1
Вариант 25	Вариант 26	Вариант 27
A5	A8	A7
Д16	AД33	Д18
AЦ4Mr	AЦ4Mr	AK7Ц9
M3p	M3	M2
БpA7Ж1.5C1.5	БpCy6C12Φ0.3	БpCy3H3Ц3C20Φ
ЛC74-3	ЛH65-5	ЛАН59-3-2
MHMцC16-29-1,8	MHMц40-0,5	MHЖMц30-1-1
Вариант 28	Вариант 29	Вариант 30
A85	A5E	A7E
AД35	AД31	B95
AK7Ц9	AK9Ц6	AK9Ц6
M1p	M1ф	M2p
БpAMц9-2	БpAJ9-4	БpAJMц10-3-1,5
ЛЦ23A6Ж3Mц2	ЛЦ37Mц2C2K	ЛЦ30A3
MHA13-3	MH19	MHMц3-12

Практическое занятие №8

Расшифровка марок бронз и соотнесение их с областью применения

Цель работы: изучить принципы обозначения марок цветных металлов и сплавов на их основе и научиться читать маркировку.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №8 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

2. классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения.

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. Медно-никелевые сплавы (ГОСТ 492–73)

4. Медь (ГОСТ 859–78)

5. Бронзы литейные оловянные (ГОСТ 613–79) и без оловянные (ГОСТ 493–79);

обрабатываемые давлением оловянные (ГОСТ 5017–74) и без оловянные (ГОСТ 18175–78).

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Многообразие цветных металлов и сплавов не позволяет ввести единой системы маркировки. Многие цветные сплавы разрабатывали внутри отдельных отраслей металлургии и машиностроения, поэтому они имеют отличные от других обозначения. Обычно для обозначения отдельных легирующих элементов применяют буквы, приведённые в табл. 1.

Цифры после буквы обозначают либо содержание элемента в сплаве в весовых %, либо условную степень чистоты основного металла. Иногда число в марке представляет просто порядковый номер сплава. Удобно изучать маркировку сплавов по группам, связанным с определенным металлом.

МЕДЬ И ЕЁ СПЛАВЫ

Буквой М в начале марки обозначают чистую медь и медно-никелевые прецизионные сплавы. Конструкционные медные сплавы имеют исторически сформировавшиеся названия – латуни и бронзы.

Сплавы меди со всеми другими элементами называют – **бронзы**.

1. Медь чистая

Чистоту меди (ГОСТ 859–78) обозначают числом, стоящим после буквы М. Чем меньше число, тем более чистый металл (00 – высокочистая, 0 – чистая, 1, 2, 3 – технически чистая).

Строчные буквы в конце марки обозначают технологию обработки металла: к – катодная; б – безкислородная; р, ф – раскисленная.

Пример. Медь М1к – медь технически чистая № 1 по ГОСТ 859–78 катодная.

1. Условные обозначения химических элементов
в марках цветных металлов и сплавов

Элемент	Химический символ	Обозначение элемента
Алюминий	Al	А
Бериллий	Be	Б
Железо	Fe	Ж
Иридий	Ir	И
Кадмий	Cd	Кд
Кремний	Si	К
Магний	Mg	Мг
Марганец	Mn	Мц
Медь	Cu	М
Мышьяк	As	Мш
Никель	Ni	Н
Олово	Sn	О
Ртуть	Hg	Р
Свинец	Pb	С
Сурьма	Sb	Су
Теллур	Te	Те
Титан	Ti	Т
Фосфор	P	Ф
Хром	Cr	Х
Цинк	Zn	Ц

2. Бронза

Маркировка бронзы начинается с букв Бр. В зависимости от состава, назначения и метода обработки бронзы делят на литейные оловянные (ГОСТ 613–79) и без оловянные (ГОСТ 493–79); обрабатываемые давлением оловянные (ГОСТ 5017–74) и без оловянные (ГОСТ 18175–78).

В марке литейной бронзы после обозначения Бр стоят буквы, обозначающие легирующие элементы (табл. 1), и сразу после них – число весовых процентов данного элемента (середина марочного интервала). Иногда в конце марки стоит буква Л (литейная).

Примеры. Бронза БрО5Ц5С5 – литейная бронза с содержанием 5 % олова, 5 % цинка, 5 % свинца, остальное – медь. ГОСТ 613–79.

Бронза БрА7Мц15Ж3Н2Ц2 – литейная бронза с содержанием 7 % алюминия, 15 % марганца, 3 % железа, 2 % никеля, 2 % цинка, остальное – медь. ГОСТ 493–79.

Обрабатываемые давлением бронзы имеют в марке после Бр перечень всех букв легирующих элементов (табл. 2.1), входящих в состав сплава. Содержание всех этих элементов (в вес. %) указывается в конце марки через тире в том же порядке, что и указанные легирующие вещества.

Примеры. Бронза БрОЦС4–4–4 – обрабатываемая давлением бронза с содержанием – 4 % олова, 4 % цинка, 4 % свинца, остальное – медь. ГОСТ 5017–74.

Бронза БрАЖНМц9–4–4–1 – обрабатываемая давлением бронза с содержанием – 9 % алюминия, 4 % железа, 4 % никеля, 1 % марганца, остальное – медь. ГОСТ 18175–78.

3. Медно-никелевые сплавы

Медно-никелевые сплавы (ГОСТ 492–73) обладают особыми физическими и химическими свойствами. Коррозионностойкими сплавами являются мельхиоры (система Cu–Ni), нейзильберы (система Cu–Ni–Zn, 5...35 % Ni и 13...45 % Zn) и куниали (система Cu–Ni–Al).

Марка таких сплавов начинается с буквы М (медь), затем идут буквы легирующих элементов (табл. 1) и в конце в том же порядке среднее содержание этих веществ в весовых процентах.

Пример. Сплав МНМц15-20 – медный сплав с содержанием 15 % никеля и 20 % марганца.

Примеры решения.

1. Бронза БрАЖНМц9–4–4–1 – обрабатываемая давлением бронза с содержанием – 9 % алюминия, 4 % железа, 4 % никеля, 1 % марганца, остальное – медь.

2. Медь М1к – медь технически чистая № 1 катодная.

Составить отчет о результатах практической работы

Отчет о работе должен содержать :

- а) Название и цель работы;
- б) Результаты выполнения работы;
- в) Подробные выводы о результатах выполнения работы.

Задание

Дать характеристику сплава (варианты индивидуальных заданий в табл. 2):

1. Прочитать вслух марку сплава.
2. Указать:
 - а) основной металл сплава;
 - б) назначение или способ обработки сплава;
 - в) химический состав сплава по марке.

Практическое занятие № 8

Расшифровка марок бронз и соотнесение их с областью применения

Ф.И.О. студента _____

Группа _____

Дата _____

Преподаватель _____

Оценка _____

Анализ показателей сплавов меди.

Вывод: _____

Таблица №2 Варианты индивидуальных заданий

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
A995	A99	A95
AMц	AMцC	Д12
AK12	AK9	AK9ч
M00к	M0к	M00
БрA10Ж3Mц2	БрA11Ж6H6	БрC60H2,5
Л85	ЛО62-1	ЛC63-3
MHMц43-0,5	MHMц40-0,5	MHЖMц30-1-1
Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
A97	A999	A85
AMr1	AMr2	AMr3
AK9пч	AK7	AK7пч
M00б	M0	M0б
БрO3Ц12C5	БрOЦC4-4-2,5	БрOЦ4-3
ЛЖC58-1-1	ЛC60-2	ЛMц58-2
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8
Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9
A8	A7	A7E
AMr4	AK4	AMr3
AK10Cy	AK21M2,5H2,5	AK6M2
M00б	M1	M0к
БрOФ2-0,25	БрOФ4-0,25	БрOФ6,4-0,15
ЛЦ30A3	ЛЖMц59-1-1	ЛЦ23A6Ж3Mц2
MHЦC16-29-1,8	MHЦ15-20	MHA13-3
Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12
A5	A5E	A0
B95	AMr3C	AK6
AK5M	AK8M3ч	AK12MMrH
Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12
M00	M00к	M1ф
БрO3Ц7C5H1	БрO4Ц7C5	БрO4Ц4C17
ЛЦ40Mц3Ж	ЛMш68-0,05	ЛЖC58-1-1
MHA6-1,5	MHЦ15-20	MHA13-3
Вариант 13	Вариант 14	Вариант 15
AД00	AД0	AД1
Д18	AMr6	Д16
AK12M2MrH	AK12M2	AK9M2
M2p	M3	M2
БрO10Ц2	БрO5C25	БрO6Ц6C3
Л80	ЛО90-1	ЛC63-2
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8
Вариант 16	Вариант 17	Вариант 18
AД	A5	A7E
B65	AK8	AMr5
AM5	AM4,5Kn	AK7Ц9
M1	M1p	M2
БрO8Ц4	БрO10Ф1	БрO10C10
ЛC60-1	ЛО70-1	Л63
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8

Вариант 19	Вариант 20	Вариант 21
A97	A85	A999
Д18	Д1	В65
AMr4K1,5M	AMr5Mц	AMr6
M2p	M1ф	M3p
БрСу6С12Ф0.3	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2	БрАМц10-2
ЛМш68-0,05	Л68	ЛЦ40Мц3А
МНА13-3	МН19	МНМц3-12
Вариант 22	Вариант 23	Вариант 24
A99	A95	A999
AK6	AMr4	Д12
AMr6лч	АЦ4Mг	AMr7
M3	M3p	M1pM
БрMг0,3	БрБНТ1,9Mг	БрАЖН10-4-4
ЛС59-3	ЛОМш70-1-0,05	ЛАМш77-2-0,05
МНМц43-0,5	МНМц40-0,5	МНЖМц30-1-1
Вариант 25	Вариант 26	Вариант 27
A5	A8	A7
Д16	АД33	Д18
АЦ4Mг	АЦ4Mг	AK7Ц9
M3p	M3	M2
БрА7Ж1.5С1.5	БрСу6С12Ф0.3	БрСу3Н3Ц3С20Ф
ЛС74-3	ЛН65-5	ЛАН59-3-2
МНМцС16-29-1,8	МНМц40-0,5	МНЖМц30-1-1
Вариант 28	Вариант 29	Вариант 30
A85	A5E	A7E
АД35	АД31	В95
AK7Ц9	AK9Ц6	AK9Ц6
M1p	M1ф	M2p
БрАМц9-2	БрАЖ9-4	БрАЖМц10-3-1,5
ЛЦ23А6Ж3Мц2	ЛЦ37Мц2С2К	ЛЦ30А3
МНА13-3	МН19	МНМц3-12

Практическое занятие №9

Расшифровка марок алюминиевых и магниевых сплавов и соотнесение их с областью применения

Цель работы: изучить принципы обозначения марок цветных металлов и сплавов на их основе и научиться читать маркировку.

Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №9 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

2. классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения.

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.

4. Первичный алюминий (ГОСТ 11069–74)

5.- Деформируемые сплавы (ГОСТ 4784–74)

Меры безопасности на рабочем месте

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

Многообразие цветных металлов и сплавов не позволяет ввести единой системы маркировки. Многие цветные сплавы разрабатывали внутри отдельных отраслей металлургии и машиностроения, поэтому они имеют отличные от других обозначения. Обычно для обозначения отдельных легирующих элементов применяют буквы, приведённые в табл. 1.

Цифры после буквы обозначают либо содержание элемента в сплаве в весовых %, либо условную степень чистоты основного металла. Иногда число в марке представляет просто порядковый номер сплава. Удобно изучать маркировку сплавов по группам, связанным с определенным металлом.

АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

Большинство марок алюминиевых сплавов начинаются с буквы А, обозначающей основной элемент.

1. Алюминий первичный

Первичный алюминий (ГОСТ 11069–74) маркируется буквой А, после которой указывается чистота материала в виде дробной части содержания основного металла в весовых %:

особой чистоты (осч) – А999; высокой чистоты (вч) – А995, А99, А97, А95 и технически чистый – А85, А8, А7, А7Е, А5, А5Е, А0. Если в конце марки стоит буква Е – металл предназначен для получения проволоки, если стоит буква Р – рафинированный.

Примеры. Алюминий А995 – первичный алюминий с содержанием основного металла 99,995 %.

Алюминий А7Е – первичный алюминий с содержанием основного металла 99,7 % для проволоки.

2. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые

Деформируемые сплавы (ГОСТ 4784–74) маркируются буквами АД (алюминий деформируемый) и порядковым номером в ГОСТ. В скобках приведено цифровое обозначение марки.

2.1. Алюминий технически чистый.

АД00 (1010), АД0 (1011), АД1(1013) АД(1015). Если после марки стоит буква Ш – металл для изготовления пищевой посуды.

Пример. Алюминий АДШ – алюминий деформируемый технически чистый пищевого назначения.

2.2. Сплавы алюминий-магний-кремний (авиали).

Авиали АД31(1310), АД33 (1330), АД35 (1350), АВ (1340), САВ-1 разработаны в авиационной промышленности. Для них характерно сочетание высокой прочности с малой плотностью. Высокая пластичность после закалки облегчает обработку сплавов давлением.

2.3. Коррозионно-стойкие сплавы (алюминий-магний, алюминий-марганец).

Сплавы относятся к не упрочняемым термообработкой и отличаются высокой пластичностью, свариваемостью и коррозионной стойкостью. Их маркируют содержанием магния в весовых % после букв АМг. Содержание марганца в сплавах типа АМц составляет 1...1,6 %.

Пример. Сплав АМг2 ГОСТ 4784–74 – алюминиевый сплав с содержанием 2 % магния.

2.4. Дуралюмины.

Деформируемые термически упрочняемые (закалка + старение) сплавы. Маркируются буквой Д и порядковым номером в ГОСТ 4784–74.

Пример. Сплав Д16 ГОСТ 4784–74 – дуралюмин № 16.

2.5. Высокопрочные алюминиевые сплавы.

Высокопрочные алюминиевые сплавы маркируют буквой В и их порядковым номером в ГОСТ 4784–74.

Пример. Сплав В95 ГОСТ 4784–74 – высокопрочный алюминиевый сплав № 95.

2.6. Ковочные сплавы.

Сплавы (марки АК4, АК6, АК8) обладают хорошей пластичностью, стойки к образованию трещин при горячей пластической деформации. Отличаются от дуралюминов повышенным содержанием кремния (0,7...1,2 %). Буква К означает ковочный сплав. Цифра 4, 6 или 8 после букв АК указывает порядковый номер сплава в ГОСТ.

Пример. Сплав АК6 – алюминиевый ковочный сплав № 6 по ГОСТ 4784–74.

Примечание: сплавы типа АК, в которых после буквы К стоят другие цифры и буквы, относятся к литейным по ГОСТ 1583–89.

Пример. Сплав АК6М2 – алюминиевый литейный сплав с содержанием 6 % кремния и 2 % меди по ГОСТ 1583–89.

3. Сплавы алюминиевые литейные

К литейным относятся алюминиевые сплавы (ГОСТ 1583–89) с содержанием 6...13 % кремния (силумины), хуже литейные свойства у сплавов с 4...5 % меди или 5...12 % магния с добавкой марганца.

В марке литейных сплавов после буквы А стоят буквы, обозначающие легирующие элементы (табл. 2.1), и сразу после нее – число весовых процентов данного элемента (середина марочного интервала). До 1989 года действовала старая маркировка, которая состояла из букв АЛ и порядкового номера в стандарте.

Примечание: в конце марки могут быть строчные буквы, указывающие на количество примесей в сплаве: ч – чистый; пч – повышенной чистоты; оч – особой чистоты; р – рафинированный; л – литейный.

Примеры. Сплав АК9пч ГОСТ 1583–89 – алюминиевый литейный сплав с содержанием 9 % кремния (К9) повышенной чистоты.

Сплав АМ5 ГОСТ 1583–89 – алюминиевый литейный сплав с содержанием 5 % меди (М5).

Примеры решения.

1. Алюминий А995 – первичный алюминий с содержанием основного металла 99,995 %.
2. Сплав В95 ГОСТ 4784–74 – высокопрочный алюминиевый сплав № 95.
3. Сплав АК6М2 – алюминиевый литейный сплав с содержанием 6 % кремния и 2 % меди по ГОСТ 1583–89.

Составить отчет о результатах практической работы

Отчет о работе должен содержать :

- а) Название и цель работы;
- б) Результаты выполнения работы;
- в) Подробные выводы о результатах выполнения работы.

Задание

Дать характеристику сплава (варианты индивидуальных заданий в табл. 1):

- 1. Прочитать вслух марку сплава.
- 2. Указать:
 - а) основной металл сплава;
 - б) назначение или способ обработки сплава;
 - в) химический состав сплава по марке.

Практическое занятие № 9

Расшифровка марок алюминиевых и магниевых сплавов и соотнесение их с областью применения

Ф.И.О. студента _____
Группа _____
Дата _____
Преподаватель _____
Оценка _____

Анализ показателей сплавов алюминия.

Вывод: _____

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
A995	A99	A95
AMц	AMцC	Д12
AK12	AK9	AK9ч
M00к	M0к	M00
БрA10Ж3Mц2	БрA11Ж6H6	БрC60H2,5
Л85	ЛО62-1	ЛC63-3
MHMц43-0,5	MHMц40-0,5	MHЖMц30-1-1
Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
A97	A999	A85
AMr1	AMr2	AMr3
AK9пч	AK7	AK7пч
M00б	M0	M0б
БрO3Ц12C5	БрOЦC4-4-2,5	БрOЦ4-3
ЛЖC58-1-1	ЛC60-2	ЛMц58-2
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8
Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9
A8	A7	A7E
AMr4	AK4	AMr3
AK10Cy	AK21M2,5H2,5	AK6M2
M00б	M1	M0к
БрOФ2-0,25	БрOФ4-0,25	БрOФ6,4-0,15
ЛЦ30A3	ЛЖMц59-1-1	ЛЦ23A6Ж3Mц2
MHЦC16-29-1,8	MHЦ15-20	MHA13-3
Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12
A5	A5E	A0
B95	AMr3C	AK6
AK5M	AK8M3ч	AK12MMrH
Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12
M00	M00к	M1ф
БрO3Ц7C5H1	БрO4Ц7C5	БрO4Ц4C17
ЛЦ40Mц3Ж	ЛMш68-0,05	ЛЖC58-1-1
MHA6-1,5	MHЦ15-20	MHA13-3
Вариант 13	Вариант 14	Вариант 15
AД00	AД0	AД1
Д18	AMr6	Д16
AK12M2MrH	AK12M2	AK9M2
M2p	M3	M2
БрO10Ц2	БрO5C25	БрO6Ц6C3
Л80	ЛО90-1	ЛC63-2
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8
Вариант 16	Вариант 17	Вариант 18
AД	A5	A7E
B65	AK8	AMr5
AM5	AM4,5Kn	AK7Ц9
M1	M1p	M2
БрO8Ц4	БрO10Ф1	БрO10C10
ЛC60-1	ЛО70-1	Л63
MH19	MHMц3-12	MHЦC16-29-1,8

Вариант 19	Вариант 20	Вариант 21
А97	А85	А999
Д18	Д1	В65
АМг4К1,5М	АМг5Мц	АМг6
М2р	М1ф	М3р
БрСу6С12Ф0.3	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2	БрАМц10–2
ЛМш68–0,05	Л68	ЛЦ40Мц3А
МНА13–3	МН19	МНМц3–12
Вариант 22	Вариант 23	Вариант 24
А99	А95	А999
АК6	АМг4	Д12
АМг6лч	АЦ4Мг	АМг7
М3	М3р	М1рМ
БрМг0,3	БрБНТ1,9Мг	БрАЖН10–4–4
ЛС59–3	ЛОМш70–1–0,05	ЛАМш77–2–0,05
МНМц43–0,5	МНМц40–0,5	МНЖМц30–1–1
Вариант 25	Вариант 26	Вариант 27
А5	А8	А7
Д16	АД33	Д18
АЦ4Мг	АЦ4Мг	АК7Ц9
М3р	М3	М2
БрА7Ж1.5С1.5	БрСу6С12Ф0.3	БрСу3Н3Ц3С20Ф
ЛС74–3	ЛН65–5	ЛАН59–3–2
МНМцС16–29–1,8	МНМц40–0,5	МНЖМц30–1–1
Вариант 28	Вариант 29	Вариант 30
А85	А5Е	А7Е
АД35	АД31	В95
АК7Ц9	АК9Ц6	АК9Ц6
М1р	М1ф	М2р
БрАМц9–2	БрАЖ9–4	БрАЖМц10–3–1,5
ЛЦ23А6Ж3Мц2	ЛЦ37Мц2С2К	ЛЦ30А3
МНА13–3	МН19	МНМц3–12

Практическое занятие №10

Определение необходимости, выбор вида и параметров химико-термической обработки металла по заданию.

Цель работы. Ознакомиться с процессом цементации стали в твердой и газовой среде, с термической обработкой после цементации и свойствами цементованной стали.
Необходимые профессиональные компетенции для выполнения данной лабораторной работы: (ПК 1.1- 1.4, ПК 2.1-2.4,3.1-3.4)

Результат выполнения практической работы №10 - овладение профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.1. Выполнять проектирование технологических процессов производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 2.2. Выполнять расчёты и конструирование сварных соединений и конструкций.

ПК 2.3. Осуществлять технико-экономическое обоснование выбранного технологического процесса.

ПК 2.4. Оформлять конструкторскую, технологическую и техническую документацию.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.2. Обоснованно выбирать и использовать методы, оборудование, аппаратуру и приборы для контроля металлов и сварных соединений.

ПК 3.4. Оформлять документацию по контролю качества сварки и общими компетенциями ОК 2-8.

- формирование умений:

1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

2. определять виды конструкционных материалов;

- закрепление знаний:

1. закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;

2. классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения.

Нормативная и учебная литература

1. Плошкин В.В. Материаловедение. М.: Юрайт, 2019 г. ЭФУ

2. Опорный конспект лекций по дисциплине «Материаловедение»,

3. ГОСТ 1050-88. - см. таблицы химического состава и механических свойств стали.**Меры безопасности на рабочем месте**

Перед проведением лабораторной работы необходимо изучить, а в дальнейшем в обязательном порядке соблюдать Инструкцию по охране труда для студентов в лаборатории материаловедения, расписаться в журнале по технике безопасности

Теоретические сведения

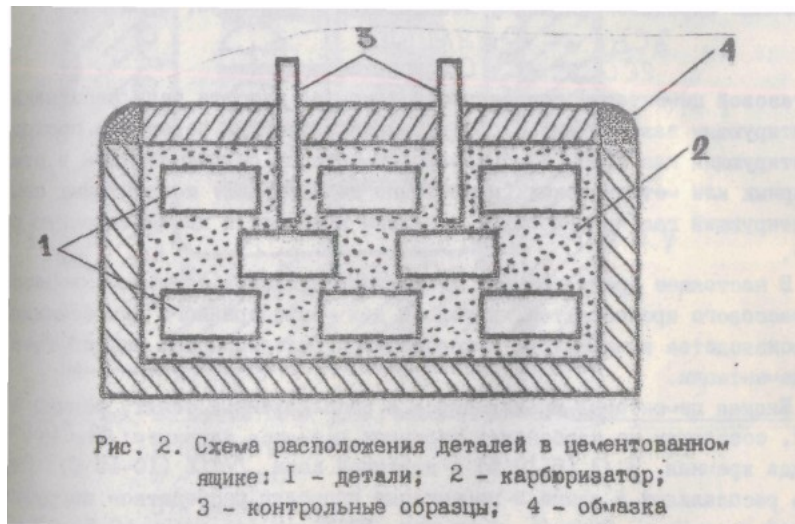
Цементация - это химико-термическая обработка, при которой поверхность стальных деталей насыщается углеродом.

Цель цементации - получение на поверхности детали высокой твердости и износостойкости в сочетании с вязкой сердцевиной.

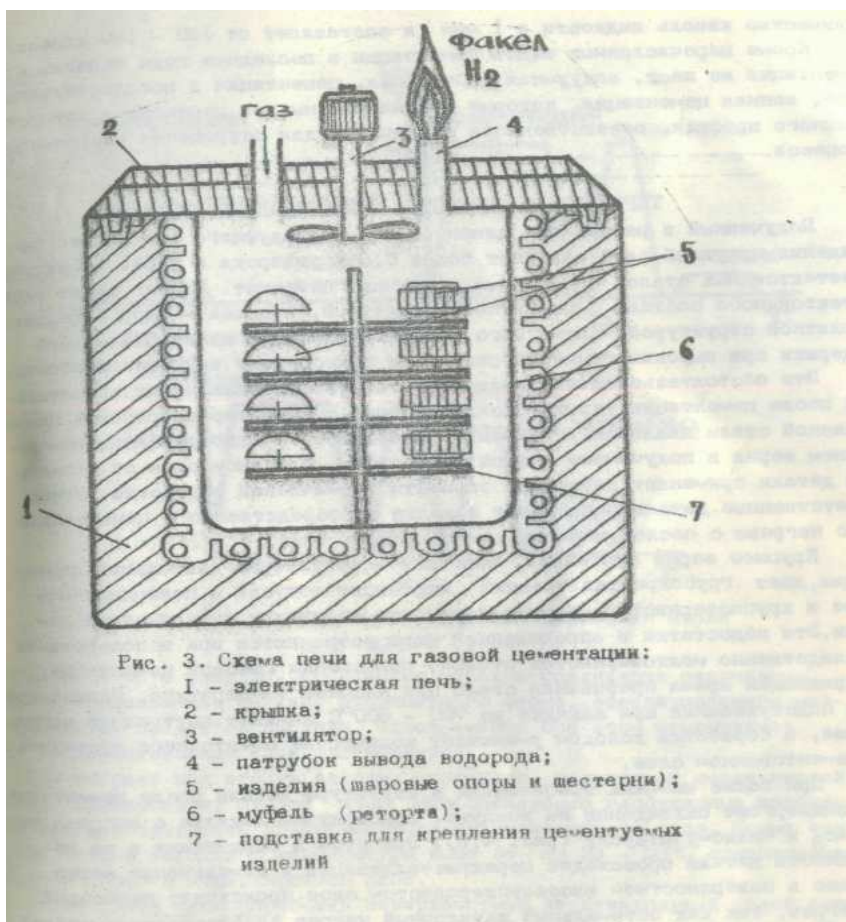
Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода 0,1 - 0,2%. Насыщение поверхностного слоя происходит при нагреве детали до определенной температуры в среде, легко выделяющей углерод в активном состоянии. В результате изменения химического состава поверхностного слоя меняется также его фазовый состав и микроструктура. Основные параметры химико-термической обработки - температура и продолжительность выдержки. Она обеспечивает получение упрочненного слоя одинаковой толщины от поверхности. На поверхности концентрация углерода достигает 1,1 - 1,2 %. Более высокое содержание углерода приводит к образованию значительных количеств вторичного цементита, сообщающего слою повышенную хрупкость. Глубина цементованного слоя зависит не только от температуры, при которой осуществляется процесс, но и от времени выдержки при этой температуре (рис. 1).



Обычно скорость цементации составляет примерно 0,1 мм за 1ч выдержки. Поскольку глубина цементованного слоя редко требуется более 0,5 мм, процесс осуществляют за 8 - 12 часов. Цементацию проводят в твердом, жидком и газообразном карбюризаторах. Среда, поставляющая углерод к поверхности детали, подвергаемой цементации, называется карбюризатором. Твердая цементация производится в специальных ящиках, в которых детали 1 (см.рис.2) укладываются попеременно с карбюризатором 2. Ящики закрываются крышками и замазываются огнеупорной глиной для предотвращения утечки газов.



В качестве твердого карбюризатора используют дубовый или Березовый древесный уголь и активизаторы BaCO_3 или Na_2CO_3 (сода). При нагреве до температуры $930 - 950^\circ\text{C}$ идут диффузионные процессы при которых образующиеся активные атомы углерода диффундируют в кристаллическую решетку железа. Процесс цементации в твердом карбюризаторе проводят выше Ac_3 , когда сталь находится в аустенитном состоянии, в котором растворяется до 2 % углерода. Процесс твердой цементации - продолжительная операция и занимает в зависимости от требуемой глубины цементации несколько часов. Такая продолжительность процесса объясняется



малой скоростью прогрева ящика, наполненного нетеплопроводным карбюризатором. Для

контроля хода процесса цементации в ящик через отверстия вставляет два контрольных образца (свидетеля) 3, изготовленных из той же стали. По излому контрольных образцов судят, достигла ли глубина цементованного слоя заданной величины. Увеличение скорости цементации достигается применением цементации в газовых средах.

При газовой цементации (впервые была осуществлена Аносовым П.Д. на Златоустовском заводе) детали нагревают в герметичных печах в атмосфере углеродосодержащих газов. Для газовой цементации используют природный газ (содержит до 92 - 96 % метана) или искусственные газы, полученные пиролизом жидких углеводородов - керосина, бензола.

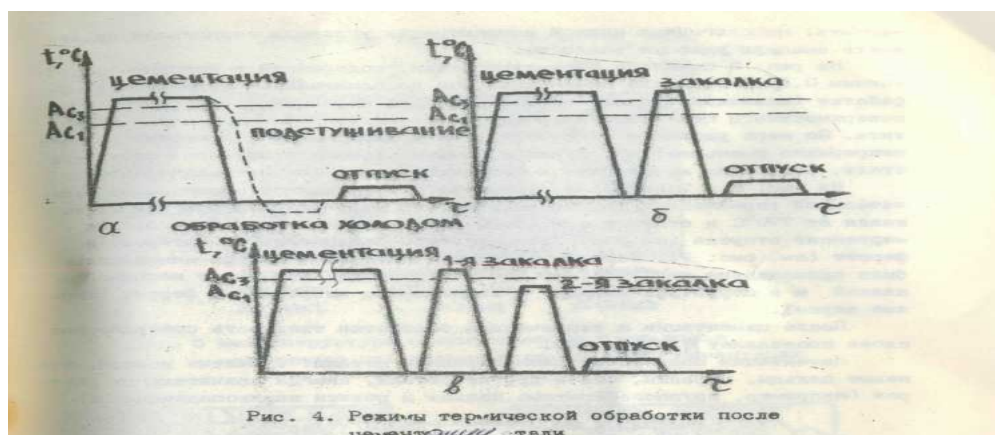
При газовой цементации герметически закрытая реторта печи наполнена цементирующим газом. Чаще с определенной скоростью через нее проходит цементирующий газ (рис. 3). Газовая цементация осуществляется в стационарных или методических (непрерывно действующих) конвейерных печах. Цементирующий газ приготавливают отдельно и подают в цементационную реторту.

В настоящее время газовая цементация является основным процессом для массового производства, и только для мелкосерийного, или единичного производства экономически целесообразен более простой способ твердой цементации.

Жидкая цементация производится в расплавленных солях, обычно в солях, состоящих из карбонатов щелочных металлов. Эту смесь расплавляют в ванне и цементации проводят посредством погружения деталей в расплав. Процесс ведут при 850°C на протяжении 0,5 - 3,0 часов, при этом глубина слоя получается в пределах 0,2 - 0,5 мм. Основное достоинство процесса - возможность непосредственной закалки из цементационной ванны и малые деформации обработанных изделий.

В условиях индивидуального и мелкосерийного производства некоторое применение нашла цементация из паст. В этом случае на обрабатывавшуюся поверхность наносится обмазка, содержащая сажу (33 - 70 %), древесную пыль (20 - 60 %), желтую кровяную соль (5 - 20 %) и другие компоненты. В качестве связующих материалов используют органические, органоминеральные и неорганические клеи. Толщина обмазки должна быть в 6 - 8 раз больше требуемой толщины цементованного слоя.

В качестве карбюризатора используют также керосин, бензол и некоторые масла. Интенсивность подачи определяют по количеству капель жидкости в I мин и составляет от 120 - 180 капель.



Кроме перечисленных видов цементации в последние годы появились: цементация из паст, вакуумная цементация, цементация в псевдосжиженном слое, ионная цементация, которые предназначены для цементации деталей сложного профиля, ответственного назначения для сокращения длительности процесса.

Термическая обработка цементованных деталей

Полученный в результате цементации и последующего медленного охлаждения наружный слой содержит более 0,8 % углерода и имеет структуру заэвтектоидных сталей - перлит и вторичный цементит. Глубже лежит слой эвтектоидного состава с перлитной структурой, а далее - слой с феррито - перлитной структурой. Кроме того, после цементации из-за длительной выдержки при высоких температурах стали приобретают крупнозернистость.

Эти обстоятельства необходимо учитывать при назначении обязательной после цементации термической обработки. Целью термообработки цементованной стали является упрочнение поверхности с одновременным измельчением зерна и получением вязкой сердцевины. В зависимости от назначения детали применяют различные варианты термической обработки. Менее ответственные детали подвергают закалке непосредственно с цементационного нагрева с последующим низким отпуском (рис. 4,а).

Крупное зерно аустенита, выросшее в результате длительной цементации, дает грубокристаллический мартенсит отпуска в поверхностном слое и крупнозернистую феррито - перлитную структуру в сердцевине детали. Эти недостатки в определенной мере устраняются при использовании наследственно мелкозернистых сталей, применении газовой цементации, сокращающей время пребывания стали при высокой температуре. Использование подстуживания при закалке до 750 - 800°C снижает внутренние напряжения, а обработка холодом уменьшает количество остаточного аустенита в цементованном слое.

При более высоких требованиях к структуре детали после цементации: ее подвергают охлаждению на воздухе, однократной закалке с нагревом выше A_{c3} и низкому отпуску (рис. 4,б). При этом в сердцевине и на поверхности детали происходит перекристаллизация и измельчение зерна. Однако в поверхностном высокоуглеродистом слое происходит некоторый перегрев, так как оптимальный закалочный нагрев заэвтектоидных сталей - это нагрев выше A_{c1} , но ниже A_{cm} .

Особо ответственные детали после цементации подвергают двойной закалке с низким отпуском (рис. 4,в). При первой закалке с температуры на 30 - 50°C выше A_{c3} происходит перекристаллизация сердцевины детали с образованием мелкого аустенитного зерна, обеспечивающего мелкозернистость продуктов распада. Одновременно при этом цементитная сетка в цементованном слое растворяется.

При нагреве под вторую закалку мартенсит, полученный после первой закалки, претерпевает отпуск и при этом образуются глобулярные карбиды, увеличивающие

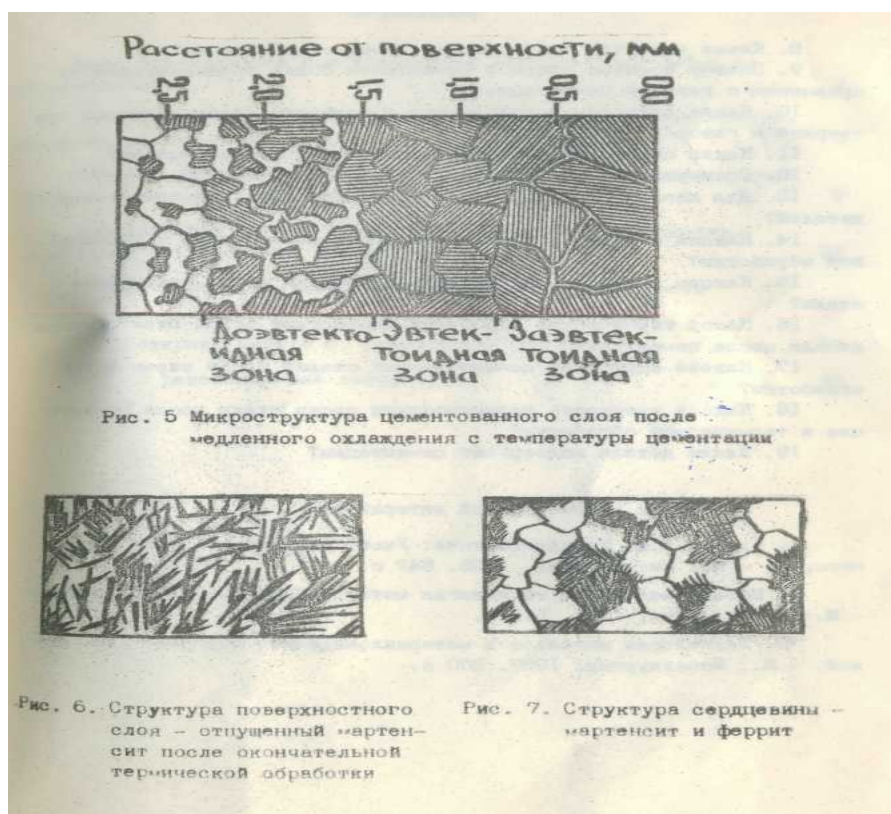
твердость поверхностного заэвтектоидного слоя. Кроме того при второй закалке с температуры выше A_{c1} на 30 - 50°C обеспечивается мелкое зерно в поверхностном слое.

После такой термообработки поверхностный заэвтектоидный слой будет иметь структуру отпускаемого мартенсита с включениями глобулярных карбидов. Структура сердцевины определяется химическим составом стали. При цементации углеродистой стали из-за низкой прокаливаемости сердцевина имеет феррито-перлитную структуру. Легированная сталь при цементации позволяет получать в сердцевине структуру сорбита, троостита или даже мартенсита, но благодаря низкой концентрации углерода сердцевина будет иметь высокую ударную вязкость.

На рис. 5 показана структура стали, содержащей в исходной состоянии 0,15 %С, после цементации без дополнительной термической обработки (охлаждение после цементации было медленным). Микроструктура поверхностного цементованного слоя состоит из перлита и сетки цементита. По мере удаления от поверхности к сердцевине количество перлита непрерывно уменьшается и ближе к центру образца - исходная структура стали, состоящая из феррита и незначительного количества перлита.

На рас. 6 и 7 показана структура цементованной стали после окончательной термической обработки, то есть нормализации при 900°C, закалки от 770°C и отпуска при 150°C. Структура поверхностного слоя - мартенсит отпуска (см.рис. б). Структура сердцевины - мартенсит и феррит (рис. 7). Образец закалился насквозь, но так как закалка была произведена от 770°C, то для сердцевины это будет неполной закалкой и в структуре наряду с мартенситом встречается феррит (светлые зерна).

После цементации и термической обработки твердость поверхностных слоев составляет (HRC58 – 63).



Цементации подвергают разнообразные детали: зубчатые колеса, поршневые пальцы, червяки, оси и другие детали, иногда значительных размеров (например, крупногабаритные кольца и ролики шарикоподшипников).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности.
2. Кратко изложить цель работы и теорию вопроса.
3. Измерить на приборе Роквелла твердость сталей до цементации и после цементации и термообработки.
4. Изучить и схематически зарисовать микроструктуры сталей, указать структурные составляющие.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под цементацией стали?
2. Какова цель цементации?
3. Какие стали подвергают цементации?
4. От чего зависит глубина цементованного слоя?
5. Для чего после цементации производится термообработка?
6. Что такое карбюризатор?
7. В чем суть твердой цементации?
8. Какие вещества активизируют процесс цементации?
9. Почему процесс твердой цементации более продолжителен по сравнению с газовой цементацией?
10. Какие вещества используются в качестве карбюризаторов при твердой и газовой цементации?
11. Какой способ цементации экономически целесообразен?
12. Преимущества и недостатки жидкой цементации?
13. Для чего производят термическую обработку цементованных деталей?
14. Какова структура слоев стали после цементации и термической обработки?
15. Каковы варианты термической обработки после цементации стали?
16. Какой термической обработке подвергают особо ответственные детали после цементации?
17. Какова структура цементованных сталей после термической обработки?
18. Какова твердость поверхностных слоев стали после цементации и термической обработки?
19. Какие детали подвергают цементации?