

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Подлинник электронного документа,
подписанного ЭП, хранится в ОАСУ ВУЗ

Сведения о сертификате ЭП

Кому выдан: **Могучев Александр Иванович,
проректор по учебно-методической работе**

Кем выдан: **Федеральное казначейство**

Действителен: с **05.04.2023** по **28.06.2024**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОП.02 Основы материаловедения

Программа среднего профессионального образования—программа подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии 15.01.36 «Дефектоскопист»

Форма обучения: очная,10мес.

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: **Нефтепромысловые машины и оборудование (НПМО)**

Трудоемкость дисциплины:**(42час.)**

Октябрьский, 2023

Рабочую программу дисциплины разработал (и):
доцент, канд. техн. наук

Л.З. Зайнаглина_____

Рецензент
Профессор, д-р техн наук_

А.С. Галеев

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры НПО, обеспечивающей преподавание дисциплины 27.05.2023, протокол № 9.

Заведующий кафедрой НПО Р.И. Сулейманов

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой НПО Р.И. Сулейманов

Год приема 2023 г.

Рабочая программа зарегистрирована 23.06.2023 № 6 в Управление РО и внесена в электронную базу данных

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам, час.	
	часы	1	2
Лекционные	24	24	-
Практические	2	2	-
Лабораторные	8	8	-
Аудиторные	34	34	-
Самостоятельные	8	8	-
вт.ч.выполнение курсовой работы <i>(при наличии)</i>		-	-
Вид промежуточной аттестации		экзамен	-
Итого по дисциплине	42	42	-

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование общих и профессиональных компетенций, соответствующих основным видам профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл(раздел)ОПОП		ОП-02 Основы материаловедения 15.01.36– Дефектоскопист
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовые знания, умения и компетенции по дисциплинам общего естественнонаучного (ЕН) и общепрофессионального (ОП) циклов	
2.2	Дисциплины, модули и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Успешное освоение профессионального модуля ПМ.01 «Выполнение визуального и измерительного контроля контролируемого объекта» и ПМ.2 «Выполнение ультразвукового контроля контролируемого объекта» формирует компетенции ОК02, 07, 09 – и ПК1.1, 1.3, 2.2., необходимых для освоения профессионального цикла..	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Шифр результата обучения	ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретацию информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
Знать: 3(ОК02)	номенклатуру информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности; приемы структурирования информации; формат оформления результатов поиска информации
Уметь: У(ОК02)	определять задачи поиска информации; определять необходимые источники информации; планировать процесс поиска; структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации; оценивать практическую значимость результатов поиска; оформлять результаты поиска
ОК07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.	
Знать: 3(ОК07)	правила экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности; основные ресурсы, задействованные в профессиональной деятельности; пути обеспечения ресурсосбережения.

Уметь: У(ОК07)	соблюдать нормы экологической безопасности; определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по профессии.
ОК09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.	
Знать: З(ОК09)	правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы; основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика); лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности; особенности произношения; правила чтения текстов профессиональной направленности
Уметь: У(ОК09)	понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы; участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы; строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности; кратко обосновывать и объяснять свои действия (текущие и планируемые); писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы
ПК 1.1. Осуществлять проверку соблюдения условий для выполнения визуального и измерительного контроля.	
Знать: З(ПК1.1)	физические принципы работы, область применения и принципиальные ограничения методов и средств визуального контроля; средства визуального и измерительного контроля; технологию проведения визуального и измерительного контроля
Уметь: У(ПК1.1)	получать, интерпретировать и документировать условия соблюдения для выполнения визуального и измерительного контроля; оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями
Иметь практически опыт: В(ПК1.1)	подготавливает средства контроля для визуального и измерительного контроля; проверяет состояние рабочих эталонов, средств поверки и калибровки для оценки их пригодности к применению; обрабатывает результаты измерений и фиксирует результаты измерений в документации
ПК 1.3. Определять характеристические размеры поверхностных несплошностей и отклонений формы объектов контроля с использованием средства измерения	
Знать: З(ПК1.3)	средства визуального и измерительного контроля; средства измерений линейных и угловых величин; средства измерений микрогеометрии и структуры контролируемого объекта
Уметь: У(ПК1.3)	применять средства контроля для определения параметров поверхностных несплошностей и контролируемого объекта; применять средства контроля для определения отклонений формы контролируемого объекта
Иметь практический опыт: В(ПК1.3)	определяет характеристические размеры несплошности сварных соединений и литья; проводит идентификацию характеристических размеров и несплошностей сварных соединений и литья; подбирает технические средства измерений для определения отклонений формы объекта контроля
ПК 2.2. Осуществлять проверку соблюдения условий для выполнения ультразвукового контроля.	
Знать: З(ПК2.2)	правила выполнения измерений с помощью средств ультразвукового контроля; условия проведения ультразвукового контроля; правила технической эксплуатации электроустановок в части необходимой для осуществления ультразвукового контроля

Уметь: <i>У(ПК2.2)</i>	применять технические условия по ультразвуковому контролю конкретного объекта контроля; производить проверку с применением технических средств; соблюдать условия проведения ультразвукового контроля в соответствии с требованиями технических условий
Иметь практический опыт: <i>В(ПК2.2)</i>	определяет факторы негативно влияющие на проведение ультразвукового контроля; проверяет соблюдение условий проведения ультразвукового контроля в соответствии с техническими инструкциями; обеспечивает соблюдение требований охраны труда на участке проведения ультразвукового контроля

В результате освоения дисциплины должен

3.1.	Знать:
	средства визуального и измерительного контроля, технологию проведения визуального и измерительного контроля, правила выполнения измерений с помощью средств контроля, типы поверхностных дефектов и отклонений формы контролируемого объекта.
3.2.	Уметь:
	выявлять поверхностные дефекты и отклонения формы контролируемого объекта в соответствии с их внешними признаками;
3.3.	Иметь практический опыт в:
	определении измеряемых характеристик выявленной несплошности для оценки качества контролируемого объекта;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание дисциплины

Форма обучения: очная

Код занятия	Наименование тем / вид занятия /	Семестр	Час.	Компетенции
1.	Раздел 1. Основы теории сплавов			ОК02, ОК07, ОК09, ПК 1.1, ПК1.3, ПК2.2 ОК 02, ОК 07, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.3, ПК 2.2
1.1	Атомно-кристаллическое строение металлов. Механизмы кристаллизации металлов. Микродефекты и макродефекты кристаллической решетки	1	2	
1.2	Классификация материалов. Физические и химические свойства металлов (магнитные, тепловые, удельное электрическое сопротивление, коррозионная стойкость). Механические свойства металлов сплавов, методы их определения.	1	2	
	Лабораторная работа Определение твердости металлов сплавов методами Бринелля и Роквелла	1	2	
1.3	Диаграмма состояния сплавов «железо—цементит». Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали и чугуна. Классификация сталей и чугунов. Обозначение и маркировка сталей	1	4	
1.4	Виды термической обработки (отжиг, закалка, отпуск, нормализация). Химико-термическая обработка (цементация, азотирование. Термомеханическая обработка.	1	4	

	Лабораторная работа Термообработка углеродистых сталей	1	4	
1.5	Конструкционные машиностроительные стали. Чугуны. Белый чугун. Легированные стали, их маркировка. Чугуны с графитом (серый, высокопрочный, ковкий)	1	2	
	Лабораторная работа Микроструктурный анализ железоуглеродистых сплавов	1	2	
1.6	Материалы с особыми электрическими и магнитными свойствами. Нержавеющие стали. Жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы. Износостойкие и высокопрочные стали. Материалы для режущего инструмента (инструментальные, быстрорежущие, твердые сплавы)	1	2	
	Практическое занятие Расшифровка маркировки легированных конструкционных и инструментальных сталей по химическому составу, свойствам и назначению.	1	2	
1.7	Классификация и маркировка цветных сплавов (медных и алюминиевых). Медь и сплавы на основе меди (латуни, бронзы). Алюминий и сплавы на его основе (деформируемые и литейные). Магний, титан и сплавы на их основе. Сплавы на основе олова и свинца.	1	4	
1.8	Неметаллические материалы (назначение, строение и классификация). Основные сведения о неметаллических, прокладочных, уплотнительных и электротехнических материалах. Резины. Клеи, герметики, лаки и краски. Определение, структура и свойства композиционных материалов. Дисперсионно-упрочненные композиционные материалы. Композиты, армированные волокнами. Порошковые спеченные сплавы	1	4	

4.2 Темы для самостоятельной работы обучающихся (примерная тематика домашних заданий)

Код занятия	Наименование тем	Семестр	Час.
1.	Раздел 1. Основы теории сплавов		
1.1	Работа отечественных и зарубежных ученых в области материаловедения	1	1
1.2	Жидкие кристаллы	1	1
1.3	Современные тенденции в металлургии (о подходах к цифровой трансформации металлургических предприятий, факторы, препятствующие успешной цифровой трансформации металлургических предприятий).	1	2
1.4	Аддитивные технологии. Методы аддитивного производства. Структура и свойства материалов, полученных методами аддитивного производства.	1	2
1.5	Материалы с эффектом памяти формы. Магнито-электро-реологические жидкости, умные полимеры и гидрогели.	1	1
1.6	Методы исследования наноматериалов. Методы структурного анализа с использованием современных цифровых технологий	1	1

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1	В процессе обучения используются следующие образовательные технологии: • <i>информационные технологии (обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличение кон- тактногo взаимодействия преподавателем, построение индивидуальных траек- тории подготовки и объективного контроля и мониторинга знаний обу- чающихся);</i> • <i>проблемное обучение (стимулирование обучающихся к самостоятельному приобр- етению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы);</i>
5.2	В рамках дисциплины предусмотрены: • <i>лекции;</i> • <i>лабораторные занятия, во время которых обсуждаются вопросы домашних заданий, проводятся контрольные и аудиторные самостоятельные работы ит.д.;</i> • <i>самостоятельная работа обучающихся, включающая усвоение теоретическо- го материала, подготовку к практическим/лабораторным занятиям, выпол- нение индивидуальных заданий, рефератов, работа с учебниками, иной учеб- ной и учебно-методической литературой, подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету и экзамену;</i>
5.3	В процессе обучения используются активные и интерактивные формы проведения лекцион- ных, практических/лабораторных занятий: • компьютерные симуляции – проведение виртуальных лабораторных работ на платформе https://oiled.ru/courses/ugntu/matved-v-neftegaz-otrasli.html • групповые дискуссии – обсуждение тем вынесенных на самостоятельное изучение

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Контрольные вопросы и задания
Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств в текущей успеваемости и промежуточной аттестации.
6.2. Вопросы для подготовки к экзамену
1. Предмет материаловедения; современная классификация материалов, основные этапы развития материаловедения. 2. Зеренное строение металлов. Границы зерен и субзерен. 3. Световая микроскопия; количественные характеристики микроструктуры. 4. Элементарная ячейка; координационное число; сингония. 5. Классификация дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты, зависимость их концентрации от температуры. Краевая и винтовая дислокации. 6. Диффузия в металлах. 7. Плавление металлов и строение расплавов. 8. Кристаллизация металлов; зарождение кристаллов, критический зародыш; гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов; рост кристаллов. Кривые Таммана.

9. Строение слитка и аморфные сплавы.
10. Модифицирование металлов. Стандартные испытания на растяжение, сжатие, изгиб, твердость, ударную вязкость.
11. Фазовые превращения в твердом состоянии.
12. Упругая и пластическая деформация металлов.
13. Виды разрушения: понятия о вязком и хрупком разрушении.
14. Электрические свойства проводниковых материалов.
15. Методы определения электрических свойств.
16. Теплоемкость и теплопроводность металлов и сплавов.
17. Дилатометрия. Магнитные свойства металлов и сплавов. Методы определения.
18. Значение механических и физических свойств при эксплуатации изделий. Свойства, как показатели качества материала.
19. Зависимость механических и физических свойств от состава в системах различного типа.
20. Выбор сплавов для определенного назначения на основе анализа диаграмм состояния.
21. Конструкционные и инструментальные углеродистые стали. Маркировка, применение.
22. Белые, серые, половинчатые, высокопрочные и ковкие чугуны. Формирование микроструктуры, свойства, маркировка и применение.
23. Роль термической обработки в повышении качества конструкционных материалов.
24. Применение термообработки в технологии производства заготовок и изделий из конструкционных материалов.
25. Отжиг 1-го рода. Неравновесная кристаллизация.
26. Гомогенизационный отжиг, изменение структуры и свойств при гомогенизационном отжиге. Закалка с полиморфным превращением. Закалка без полиморфного превращения.
27. Изменение микроструктуры и механических свойств металлов при нагреве после горячей и холодной обработки давлением.
28. Возврат, первичная и собирательная рекристаллизация. Рекристаллизационный отжиг.
29. Отжиг II-го рода. Отжиг и нормализация сталей; режимы и назначение отжига и нормализации.
30. Отпуск сталей. Превращения в стали при отпуске, изменение микроструктуры и свойств.
31. Классификация и маркировка легированных сталей.
32. Химический состав, методы получения порошков, свойства и методы их контроля.
33. Полимеры, пластмассы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Учебно-методическое обеспечение

Сведения об обеспеченности дисциплины основной, дополнительной и учебно-методической литературой приведены в формах №УЛ-1 и №УЛ-2 (приложение А).

7.2. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, рекомендуемых для освоения дисциплины

Названия современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, Рекомендуемых для освоения дисциплины	Ссылки на официальные сайты
Всеометалле: металлопрокат, металлообработка, оборудование, металлы и сплавы	http://met-all.org/

ГОСТы по машиностроению в открытой базе ГОСТов	https://standartgost.ru/0/471-mashinostroenie
Госты по коррозии металлов в открытой базе ГОСТов	https://standartgost.ru/0/1179-korroziya_metallov
Механический факультет УГНТУ	https://www.youtube.com/c/мф_угнту
Промышленный портал. Нефтепромышленность. Газовая промышленность. Металлургия. Утилизация и переработка. Станки и оборудование. Обработка металла.	https://promzn.ru
Технические таблицы. Инженерный справочник. Свойства, применимость конструкций и материалов, соответствие мировым стандартам и ГОСТ, маркировки, обозначения.	http://tehtab.ru
Центральный металлический портал РФ	http://metallcheckiy-portal.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. Перечень специальных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр., используемых при реализации дисциплины с перечнем основного оборудования

№ пп.	Наименование помещения*	Оснащенность помещения (перечень основного оборудования)	Виды учебных занятий
1	402	ноутбук Toshiba – 1 шт. мультимедийный проектор Epson EB-X12 – 1 шт. интерактивная доска Panasonic UB-880T – 1 шт. столы (четырёхместные) – 23 шт. скамейки к столам – 23 шт. стол преподавателя – 2 шт. мягкий стул – 2 шт. доска учебная – 1 шт.	Учебная аудитория для проведения лекций (уроков)
2	411	компьютер: монитор LG Flatron L1718S, процессор Intel Core 2 Duo CPU E 4600 @ 2,4 GHz, оперативная память 1 Гб – 1 шт. мультимедийный проектор Epson EB-X12 – 1 шт. проекционный экран – 1 шт. столы (двухместные) – 21 шт. стулья – 43 шт. стол преподавателя – 2 шт. мягкий стул – 1 шт. кафедра – 1 шт. шкаф для документов – 1 шт. доска учебная – 1 шт. демонстрационные материалы.	Учебная аудитория для проведения практических занятий
3	412	столы (двухместные) – 24 шт. стулья – 41 шт. стол преподавателя – 1 шт. мягкий стул – 1 шт. кафедра – 1 шт. проекционный экран – 1 шт. шкаф для документов – 2 шт. доска учебная – 1 шт.	Учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

4	114-115 Лаборатория материаловедения и технологии машиностроения	муфельная печь – 1 шт. металлографический микроскоп – 1 шт. твердомер – 1 шт. образцы сталей и чугунов – 1 компл. столы (двухместные) – 18 шт. стулья – 19 шт. компьютерные столы – 3 шт. шкаф для документов – 2 шт. шкаф для одежды – 1 шт. стол преподавателя – 2 шт. мягкий стул – 1 шт. компьютерное кресло – 1 шт. тумба – 10 шт. доска учебная – 1 шт. демонстрационные материалы.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий
5	106 Лаборатория сопротивления материалов	разрывная машина – 1 шт. машина для испытания на кручение – 1 шт. компьютерный стол – 1 шт. столы (двухместные) – 24 шт. стулья – 27 шт. стол преподавателя – 1 шт. мягкий стул – 1 шт. проекционный экран – 1 шт. кафедра – 1 шт. доска учебная – 1 шт. демонстрационные материалы	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий
8	1-102 Читальный зал	Компьютер в комплекте Intel (монитор LG, клавиша Genius, мышь Genius, сетев. разветв. Вu(4)); Компьютер в сборе (жест. диск 3,5, мат. плата, монитор ACER, опер. память, проц, клав. мышь)(1); Доступ к электронной информационно-образовательной среде (Корпоративная информационная система УГНТУ) Доступ в интернет	Помещение для самостоятельной работы
9	321	стол преподавателя – 2 шт. мягкий стул – 2 шт. кресла – 2 шт. тумба – 1 шт. компьютер с выходом в Internet: монитор Benq 24", процессор Intel Core 2 Duo CPU 4600 @ 2,4 GHz, оперативная память 4 Гб – 1 шт. шкаф для хранения запасных частей и документации – 1 шт. шкаф для одежды – 1 шт. набор инструментов – 2 шт.	Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

121	набор инструментов – 1 шт. макет узла наддува двигателя ЯМЗ – 1 шт. модель ДВС – 1 шт. набор лопаток паровых и газовых турбин – 7 шт. установка по изометрическому сжатию углекислоты – 1 шт. установка по изучению теплообмена при свободной конвекции в различных средах – 1 шт. установка по измерению температуры давления и влажности воздуха – 1 шт. агрегат турбонаддува двигателя ЯМЗ – 1 шт. макет ДВС, определения коэффициента теплопроводности методом трубы – 1 шт. установка «определение теплоотдачи при естественной конвекции от горизонтальной трубы» - 1 шт. столы (двухместные) – 24 шт. стулья 21 шт. мягкий стул – 1 шт. доска учебная – 1 шт. демонстрационные материалы	Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования
-----	--	--

8.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, используемого в учебном процессе при освоении дисциплины

Перечень лицензионного программного обеспечения (далее - ПО), используемого в учебном процессе при освоении дисциплины, приведен в приложении Б.

9. Организация обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, обучающихся по данной образовательной программе, разрабатывается индивидуальная программа освоения дисциплины с учетом особенностей их психофизического развития, их индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

Приложение А
СВЕДЕНИЯ
об обеспечении дисциплины основной и дополнительной учебной литературой
ОП.02 Основы материаловедения

Программа среднего профессионального образования – программа подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии

15.01.36 Дефектоскопист

Квалификация: **Дефектоскопист по визуальному и измерительному контролю-дефектоскопист по ультразвуковому контролю**

Форма обучения: **очная;**

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: **Нефтепромысловые машины и оборудование (НПМО)**

Библиографическое описание	Семестр	Кол-во экз.	Адрес нахождения электронного учебного издания	Коэффициент обеспеченности
1	2	3	4	5
Основная литература:				
Черепашин, А. А. Материаловедение : учебник / А. А. Черепашин. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2020. — 336 с. — (Среднее профессиональное образование). - Текст : электронный.	1	1	https://znanium.com/catalog/product/1060478	1
Дополнительная литература:				
Дмитренко, В. П. Материаловедение в машиностроении : учеб. пособие / В.П. Дмитренко, Н.Б. Мануйлова. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 432 с. — (Среднее профессиональное образование).	1	1	https://znanium.com/catalog/product/961460	1

Составил: доцент каф. НПМО
 (подпись, дата)

Л.З. Зайнагалина

СОГЛАСОВАНО

Библиотека:

Зав. отд. библиотеки
 (подпись, дата)

С.Р. Миниахметова

СВЕДЕНИЯ
Об обеспеченности дисциплины учебно-методическими изданиями
ОП.02 Основы материаловедения

Программа среднего профессионального образования – программа подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии
15.01.36 Дефектоскопист

Квалификация: **Дефектоскопист по визуальному и измерительному контролю - дефектоскопист по ультразвуковому контролю**
 Форма обучения: **очная;**

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: **Нефтепромысловые машины и оборудование (НПМО)**

Назначение учебных изданий	Семестр	Библиографическое описание	Кол-во экз.		Адрес нахождения электронного учебного издания	Коэффициент обеспеченности
			Всего	в том числе на кафедре		
1	2	3	4	5	6	7
Для выполнения практических занятий:	1	Основы материаловедения: учебно-методическое пособие к практическим работам/УГНТУ, каф. ОТСК; сост. А.М. Файрушин. - Уфа: УГНТУ, 2021. - 440 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/OTSK/Fairushcin1.pdf . - Текст: электронный.	1		http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/OTSK/Fairushcin1.pdf	1
Для выполнения лабораторных работ:	1	Основы материаловедения: учебно-методическое пособие к лабораторным работам/УГНТУ, каф. ОТСК; сост. А.М. Файрушин. - Уфа: УГНТУ, 2021. - 2,57 Мб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/OTSK/Fairushcin.pdf . - Текст: электронный.	1		http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/OTSK/Fairushcin.pdf	

Для выполнения СРО:	1	Основы материаловедения : методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся по программе среднего профессионального образования 15.01.36 "Дефектоскопист" / УГНТУ, каф. МЗК ; сост.: М. А. Бондарь, Д. М. Киреев. - Уфа : УГНТУ, 2021. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/MZK/Bondar12959.pdf . - Текст: электронный.	1		http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/MZK/Bondar12959.pdf .	1
Примечание—Графы 1-3,5,6 заполняются кафедрой, графы 4 и 7 — библиотекой						

Составил: доцент каф. НПО
(подпись, дата)

Л.З. Зайнаглина

СОГЛАСОВАНО

Библиотека:

Зав. отд. библиотеки
(подпись, дата)

С.Р. Миниахметова

Приложение Б

Перечень лицензионного программного обеспечения (далее - ПО), используемого в учебном процессе при освоении дисциплины

ОП.02 Основы материаловедения

Программа среднего профессионального образования – программа подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии **15.01.36 Дефектоскопист**

Квалификация: **Дефектоскопист по визуальному и измерительному контролю-дефектоскопист по ультразвуковому контролю**

Форма обучения: **очная;**

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: **Нефтепромысловые машины и оборудование**

№ пп.	Наименование ПО	Назначение ПО	Лицензионная чистота (реквизиты лицензии, свидетельства о гос. регистрации и т.п., срок действия)
1	eLIBRARY.RU	Регистрация в базе научной электронной библиотеке eLIBRARY	Лицензионное соглашение №7803 от 26.11.2012 г. бессрочно
2	Windows Professional 8 Russian	Операционная система	Лицензия № 0005151387-1С-253405 от 16.12.2012 бессрочно
3	Windows Professional 7 Russian	Операционная система	Лицензия № 60061090, от 07.03.2012 г. № 49246965 от 01.11.2011г., бессрочно
4	Mathematica Standard Edition 9.0.0.0, RU	Математические расчеты	Лицензия № L3488-2369 от 20.12.2012 г., бессрочно
5	Office Professional, Plus 2010	Комплект офисных приложений	MICROSOFT LICENCE ORDER 5175755, бессрочно
6	AVP Kaspersky Lab	Антивирусная программа	Лицензия № 1150-0003F4-0C2BC19F, бессрочно

Составил: доцент, канд. техн. наук
(подпись, дата)

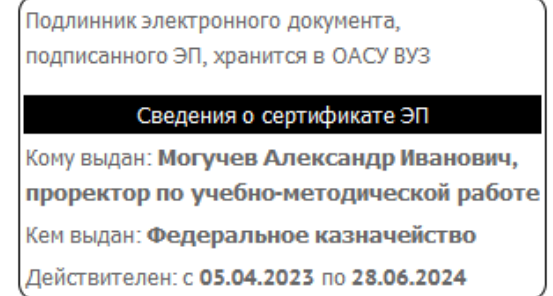
Л.З. Зайнаглина

СОГЛАСОВАНО

Зав.кафедрой НПОМ

Р.И. Сулейманов

Приложение
к рабочей программе дисциплины
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»



Фонд оценочных средств текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине
ОП.02 Основы материаловедения

Программа среднего профессионального образования– программа подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии
15.01.36 Дефектоскопист

Форма обучения: очная

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Нефтепромысловые машины и оборудование

Трудоемкость дисциплины :42 часа.

Октябрьский, 2023

Фонд оценочных средств разработал (и):
доцент, канд. техн. наук

Л.З. Зайнаглина

Рецензент

Рецензент

Профессор, д-р техн наук_

А.С. Галеев

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры НПОМО, обеспечивающей преподавание дисциплины 27.05.2023, протокол № 9.
(дата)

Заведующий кафедрой НПОМО

Р.И. Сулейманов

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой НПОМО
(подпись, дата)

Р.И. Сулейманов

Год приема 2023 г.

ФОС по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине
зарегистрирован от 23.06.2023 № 6 в управлении РО и внесен в электронную базу данных

1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы)	Шифр результата обучения	Результат обучения(индикатор достижения компетенций)	Показатели достижения результатов освоения компетенций	Видооценочного средства
1	Раздел 1. Основы теории и плавления	3(ОК02)	знать: области применения различных современных материалов для изготовления продукции	Называет основные сведения о кристаллизации и структуре расплавов, особенности строения металлов и сплавов.	Письменный и устный опрос Тест
		3(ОК07)	знать: состав, структуру, свойства, способы обработки различных материалов	Дает анализ кристаллизации и структуры расплавов. Называет виды кристаллических решеток	Письменный и устный опрос Тест
		3(ОК09)	знать: основные свойства и классификацию материалов, используемых в профессиональной деятельности	Называет основные свойства и классификацию материалов, используемых в профессиональной деятельности	Письменный и устный опрос Тест
		3(ПК1.1)	знать: наименования, маркировку, свойства обрабатываемого материала	Называет наименования, маркировку и свойства обрабатываемого материала	Письменный и устный опрос Тест
		3(ПК1.3)	знать: основные изменения структуры и свойств материалов, происходящие при их обработке и в эксплуатации	Дает анализ закономерностей процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов.	Письменный и устный опрос Тест

		З(ПК2.2)	знать: основы технологических процессов, используемых при изготовлении, эксплуатации и ремонте оборудования	Называет классификацию, свойства, маркировку и область применения конструкционных материалов, принципы их выбора для применения в производстве.	Письменный и устный опрос Тест
2	Раздел 1. Основы теории сплавов	У(ОК02)	уметь: выбирать материалы, оценивать и прогнозировать поведение материала и причин отказов продукции под воздействием различных эксплуатационных факторов	Выбирает рациональную технологию формирования свойств изделий.	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		У(ОК07)	уметь: назначать соответствующую обработку для получения заданных структур и свойств, обеспечивающих надежность продукции	Определяет свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		У(ОК09)	уметь: выбирать материалы для осуществления профессиональной деятельности	Определяет свойства материалов, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицирует их.	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		У(ПК1.1)	уметь: составлять планы исследований	Выбирает конструкционные материалы по их назначению	Письменный и устный опрос

			вания и по полученным данным производить анализ и составлять заключения о причинах разрушения деталей;	условиям эксплуатации.	Лабораторная работа Тест
		У(ПК1.3)	уметь: выбирать материалы и технологию их обработки при эксплуатации и ремонте оборудования;	Определяет твердость материалов и точно проводит механические испытания образцов материалов	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		У(ПК2.2)	уметь: пользоваться справочными таблицами для определения свойств материалов	Находит информацию в справочных таблицах для определения свойств материалов	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
3	Раздел 1. Основы теории сплавов	В(ОК02)	иметь практический опыт: определения свойств материалов, приемами маркировки	Владеет методологией материаловедения	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		В(ОК07)	иметь практический опыт: владения основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией	Владеет навыками оформления отчетов по научно-исследовательской работе	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест

		В(ОК09)	Иметь практический опыт: владения выбором способов изменения структуры и свойств материалов для обеспечения необходимого уровня качества изделий из них	Владеет навыками проведения микро- и макроскопического метода анализа изделий из различных материалов	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		В(ПК1.1)	иметь практический опыт: владения навыками выбора материалов и назначения их обработки	Анализирует и классифицирует выбранные конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		В(ПК1.3)	иметь практический опыт: выбора способов изменения структуры и свойств материалов для обеспечения необходимого уровня качества изделий из них;	Владеет навыками проведения микро- и макроскопического методов анализа различных материалов; выбора способов изменения структуры и свойств материалов для обеспечения необходимого уровня качества изделий из них	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		В(ПК2.2)	Иметь практический опыт: определения процентного соотношения химических элементов в материале порошкового маркировки	Владеет навыками определения процентного соотношения химических элементов в материале порошкового маркировки	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест

4	Раздел1. Металлические и неметаллические материалы	3(ОК02)	знать: основные изменения структуры и свойств материалов	Дает классификацию, свойства, маркировку и область применения цветных материалов и сплавов, принципы их выбора для применения в производстве.	Письменный и устный опрос Тест
		3(ОК07)	знать: изменения происходящие в материалах при обработке и эксплуатации;	Называет особенности строения, назначения и свойств различных групп неметаллических материалов	Письменный и устный опрос Тест
		3(ОК09)	знать: основы технологических процессов, используемых при изготовлении, эксплуатации и ремонте оборудования	Дает классификацию и способы получения композиционных материалов.	Письменный и устный опрос Тест
		3(ПК1.1)	знать: области применения различных современных материалов для изготовления продукции	Называет основы термообработки металлов.	Письменный и устный опрос Тест
		3(ПК1.3)	знать: состав, структуру, свойства, способы обработки материалов	Правильно определяет и подразделяет виды механической, химической и термической обработки металлов и сплавов.	Письменный и устный опрос Тест
		3(ПК2.2)	знать: основные сведения о неметаллических, прокладочных, уплотнительных и электротехнических материалах, с	Называет классификацию различных современных материалов, способы их обработки, физическую сущность явлений, происходящих в матери	Письменный и устный опрос Тест

			тали, их классификации	алах	
5	Раздел 1. Металлические и неметаллические материалы	У(ОК02)	уметь: составлять план исследования и по полученным данным производить анализ и составлять заключения о причинах разрушения деталей	Обосновывает области применения и виды обработки цветных металлов и сплавов.	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		У(ОК07)	уметь: выбирать материалы и технологию их обработки при эксплуатации и ремонте оборудования;	Анализирует методы измерения параметров и определения свойств материалов. Оценивает свойства полимеров и обосновывает их использование.	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		У(ОК09)	уметь: выбирать материалы, оценивать и прогнозировать поведение материала и причин отказов продукции под воздействием различных эксплуатационных факторов	Дает определение химико-термической обработки, цементации, азотированию, цианированию, диффузной металлизации, алитированию, силицированию, хромированию.	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		У(ПК1.1)	уметь: назначать соответствующую обработку для получения заданных структур и свойств, обеспечивающих надежность продукции	Анализирует и классифицирует выбранные конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации. Оценивает технологичность детали.	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест

		У(ПК1.3)	уметь: выбирать материалы для осуществления профессиональной деятельности	Оценивает свойства смазочных и абразивных материалов. Правильно определяет виды прокладочных и уплотнительных материалов.	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		У(ПК2.2)	уметь: использовать физико-химические методы исследования металлов	Правильно применять физико-химические методы исследования металлов	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
6	Раздел 1. Металлические и неметаллические материалы	В(ОК02)	Иметь практический опыт: владения методами определения свойств материалов, приемами маркировки	Владеет методологией формирования свойств в изделиях	Письменный и устный опрос Лабораторная работа Тест
		В(ОК07)	Иметь практический опыт: владения основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации,	Владеет способностью находить информацию в справочных таблицах для определения свойств материалов	Письменный и устный опрос Практическое занятие Собеседование Тест
		В(ОК09)	Иметь практический опыт: владением технологией, методами подготовки исходных данных к составлению планов, проектов	Применять на практике основные сведения о металлах и сплавах	Письменный и устный опрос Практическое занятие Собеседование Тест

	В(ПК 1.1)	Иметь практический опыт: владения методами проведения комплексного технико-экономического анализа для обоснования принятия решений,	Применять на практике основные сведения о неметаллических, прокладочных, уплотнительных и электротехнических материалах,	Письменный и устный опрос Практическое занятие Собеседование Тест
	В(ПК 1.3)	Иметь практический опыт: владения способами получения композиционных материалов	Анализирует способы получения композиционных материалов	Письменный и устный опрос Практическое занятие Собеседование Тест
	В(ПК 2.2)	Иметь практический опыт: владеет навыками выбора материалов и назначения их обработки	Дает определения рациональных режимов формирования свойств в изделиях.	Письменный и устный опрос Практическое занятие Собеседование

2. Перечень оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Основы материаловедения»

№ п/п	Вид оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде	Шкала(критерии)оценки
1	2	3	4	5
1	Письменный и устный опрос	Оценочное средство, которое служит для проверки результатов обучения по дисциплине (модулю) в целом и в полной мере. Позволяет оценить совокупность приобретенных обучающимся универсальных и профессиональных компетенций по дисциплине (модулю).	Экзаменационные билеты и совокупность заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на экзамене.	оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он в полной мере отвечает на поставленные вопросы, легко ориентируется в рамках всего курса, отвечают на дополнительные вопросы из любой части курса. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он не в полной мере отвечает на поставленные вопросы, с трудом ориентируется в рамках всего курса, отвечают не на все дополнительные вопросы из любой части курса. оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не полностью отвечает на поставленные вопросы, не ориентируется в рамках всего курса, не отвечают на дополнительные вопросы из любой части курса. оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не отвечает на поставленные вопросы, не ориентируется вообще в рамках всего курса, вообще не отвечает на дополнительные вопросы.
2	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т. п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины	оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он в полной мере отвечает на поставленные вопросы раздела. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он не в полной мере отвечает на поставленные вопросы, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не полностью отвечает на поставленные вопросы, не ориентируется в рамках раздела, не отвечают на дополнительные вопросы. оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не отвечает на поставленные вопросы, не ориентируется вообще в рамках раздела, вообще не отвечает на дополнительные вопросы.

3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий	оценка «отлично» – до 100% правильных ответов; оценка «хорошо» - до 80% правильных ответов; оценка «удовлетворительно» - до 50% правильных ответов; оценка «неудовлетворительно» - до 30% правильных ответов.
4	Практическое занятие	Это форма организации учебного процесса, направленная на выработку у обучающихся (студентов) практических умений и навыков для изучения последующих дисциплин (модулей) и для решения профессиональных задач.	Типовые варианты заданий	оценка «отлично» выставляется обучающемуся за глубокое и полное овладение содержанием учебного материала, в котором студент свободно и уверенно ориентируется; за умение практически применять теоретические знания, высказывать и обосновывать свои суждения. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся если студент полно освоил учебный материал, владеет научно-понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, осознанно применяет теоретические знания на практике, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют отдельные неточности. оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся если студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности, в применении теоретических знаний при ответе на практико-ориентированные вопросы; не умеет доказательно обосновать собственные суждения.

				оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся если студент имеет разрозненные, бессистемные знания, допускает ошибки в определении базовых понятий, искажает их смысл; не может практически применять теоретические знания.
5	Лабораторная работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для лабораторных исследований.	Темы задания лабораторных работ	оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если а) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; б) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью; в) в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы; г) правильно выполнил анализ погрешностей; д) соблюдал требования безопасности труда. оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если а) опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерения, б) или было допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета. оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы, или если в ходе проведения опыта и

				измерений были допущены следующие ошибки: а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью, б), или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т. д.), неприципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения, в) или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешности; г) или работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы. оценка «<i>неудовлетворительно</i>» выставляется обучающемуся, если а) работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов, б) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно
--	--	--	--	--

Перечень вопросов для промежуточной аттестации в виде письменного и устного опроса

Критерии оценивания знаний обучающихся при проведении письменного и устного опросов:

- Знание основных процессов изучаемой предметной области, глубина и полнота раскрытия вопроса.
 - Владение терминологическим аппаратом и использование его при ответе.
 - Умение объяснить сущность явлений, событий, процессов, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы.
 - Умение делать анализ в определенной области науки.
 - Логичность и последовательность ответа, умение отвечать на поставленные вопросы, выражать свое мнение по обсуждаемой проблеме.
1. Предмет материаловедения; современная классификация материалов, основные этапы развития материаловедения.
 2. Зеренное строение металлов. Границы зерен и субзерен.
 3. Световая микроскопия; количественные характеристики микроструктуры.
 4. Элементарная ячейка; координационное число; сингония.
 5. Классификация дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты, зависимость их концентрации от температуры. Краевая и винтовая дислокации.
 6. Диффузия в металлах.
 7. Плавление металлов и строение расплавов.
 8. Кристаллизация металлов; зарождение кристаллов, критический зародыш; гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов; рост кристаллов. Кривые Таммана.
 9. Строение слитка и аморфные сплавы.
 10. Модифицирование металлов. Стандартные испытания на растяжение, сжатие, изгиб, твердость, ударную вязкость.
 11. Фазовые превращения в твердом состоянии.
 12. Упругая и пластическая деформация металлов.
 13. Виды разрушения: понятия о вязком и хрупком разрушении.
 14. Электрические свойства проводниковых материалов.
 15. Методы определения электрических свойств.
 16. Теплоемкость и теплопроводность металлов и сплавов.
 17. Дилатометрия. Магнитные свойства металлов и сплавов. Методы определения.
 18. Значение механических и физических свойств при эксплуатации изделий. Свойства, как показатели качества материала.
 19. Зависимость механических и физических свойств от состава в системах различного типа.
 20. Выбор сплавов для определенного назначения на основе анализа диаграмм состояния.
 21. Конструкционные и инструментальные углеродистые стали. Маркировка, применение.
 22. Белые, серые, половинчатые, высокопрочные и ковкие чугуны. Формирование микроструктуры, свойства, маркировка и применение.
 23. Роль термической обработки в повышении качества конструкционных материалов.
 24. Применение термообработки в технологии производства заготовок и изделий из конструкционных материалов.
 25. Отжиг 1-го рода. Неравновесная кристаллизация.
 26. Гомогенизационный отжиг, изменение структуры и свойств при гомогенизационном отжиге. Закалка с полиморфным превращением. Закалка без полиморфного превращения.
 27. Изменение микроструктуры и механических свойств металлов при нагреве после горячей и холодной обработки давлением.

28. Возврат, первичная и собирательная рекристаллизация. Рекристаллизационный отжиг.
29. Отжиг II-го рода. Отжиг и нормализация сталей; режимы и назначение отжига и нормализации.
30. Отпуск сталей. Превращения в стали при отпуске, изменение микроструктуры и свойств.
31. Классификация и маркировка легированных сталей.
32. Химический состав, методы получения порошков, свойства и методы их контроля.
33. Полимеры, пластмассы.

Примеры ответов на вопросы:

1. Предмет материаловедения; современная классификация материалов, основные этапы развития материаловедения.

Материаловедение изучает состав, структуру, свойства и поведение материалов в зависимости от воздействия окружающей среды. Воздействие бывает тепловым, электрическим, магнитным и т. д. Любой компонент конструкций или сооружений подвергается нагрузкам как со стороны других компонентов, так и со стороны внешней среды.

Классификация материалов: металлические, неметаллические и композиционные материалы. Металлические материалы подразделяются на цветные металлы, порошковые материалы. Неметаллические материалы: резина, стекло, керамика, пластические массы, ситаллы. Композиционные материалы являются составными материалами, в состав которых входят два и более материалов (стеклопластики).

Существует классификация материалов в зависимости от вида полуфабрикатов: листы, порошки, гранулы, волокна, профили и т. д.

Техника создания материалов положена в основу классификации по структуре.

Металлические материалы подразделяются на группы в соответствии с тем компонентом, который лежит в их основе. Материалы черной металлургии: сталь, чугуны, ферросплавы, сплавы, в которых основной компонент – железо. Материалы цветной металлургии: алюминий, медь, цинк, свинец, никель, олово.

Основу современной техники составляют металлы и металлические сплавы. Сегодня металлы являются самым универсальным по применению классом материалов. Для того чтобы повысить качество и надежность изделий, требуются новые материалы. Для решения этих проблем применяются композиционные, полимерные, порошковые материалы.

Металлы – вещества, которые обладают ковкостью, блеском, электропроводностью и теплопроводностью. В технике все металлические материалы называют металлами и делят на две группы.

Простые металлы – металлы, которые имеют небольшое количество примесей других металлов.

Сложные металлы – металлы, которые представляют сочетания простого металла как основы с другими элементами.

Три четверти всех элементов в периодической системе являются металлами.

Материаловедение или наука о материалах получила свое развитие с древнейших времен. Первый этап развития материаловедения начинается со специализированного изготовления керамики. Особый вклад в становление материаловедения в России был сделан М.В. Ломоносовым (1711–1765) и Д.И. Менделеевым (1834–1907). Ломоносов разработал курс по физической химии и химической атомистике, подтвердил теорию об атомно-молекулярном строении вещества. Менделееву принадлежит заслуга разработки периодической системы элементов. Оба ученых немалое внимание уделяли проблеме производства стекла.

В XIX в. вклад в развитие материаловедения внесли Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, Е.С. Федоров, В.А. Обручев, А.И. Ферсман, Н.Н. Белелюбский. Начинают производиться новые материалы: портландцемент, новые гипсы, цементные бетоны, полимерные материалы и т. д.

В машиностроении широкое применение получили металлы и сплавы металлов, именно поэтому металловедение является важной частью материаловедения.

Металловедение как наука возникло в России в XIX в, оно является научной основой для разработки новых оптимальных технологических процессов: термической обработки, литья, прокатки, штамповки, сварки. Сочетание высокой прочности и твердости с хорошей пластичностью, вязкостью и обрабатываемостью, не встречающееся у других материалов, явилось причиной использования металлов в качестве основного конструкционного материала во всех областях техники.

Впервые установил существование связи между строением стали и ее свойствами выдающийся русский ученый П.П. Аносов (1799–1851 гг.), раскрывший давно утраченный секрет изготовления и получения древними мастерами Востока булатной стали, которая идет для производства клинков. Булатная сталь Аносова славилась во всем мире и даже вывозилась за границу. Клинки, которые были изготовлены из этой стали, отличались высокой твердостью и вязкостью. П.П. Аносов считается «зачинателем» производства высококачественной стали, он впервые применил микроскоп для определения строения стали и положил начало изучению закономерной связи между структурой и свойствами сплавов.

Основоположник научного металловедения Д.К. Чернов (1839–1921 гг.), который открыл в 1868 г. фазовые превращения в стали. Открытие Д.К. Черновым критических точек α и β (по современному обозначению A_1 и A_3) совершило революцию в познании природы металлических сплавов и позволило объяснить ряд «таинственных» явлений, которые происходят при термической обработке сталей.

Огромный вклад в развитие науки о металлах внесли Н.С. Курнаков, А.А. Байков, Н.Т. Гудцов, А.А. Бочнар, Г.В. Курдюмов, С.С. Штейнберг, А.П. Гуляев, а также другие советские ученые.

Большое значение в развитии металловедения и термической обработки имели работы Осмонда (Франция), Зейтца, Бейна и Мейла (США), Таммана и Ганемана (Германия).

В XX веке были достигнуты крупные достижения в теории и практике материаловедения, созданы высокопрочные материалы для инструментов, разработаны композиционные материалы, открыты и использованы свойства полупроводников, совершенствовались способы упрочнения деталей термической и химико-термической обработки. Кристенное строение металлов. Границы зерен и субзерен.

Металлы – это поликристаллические тела, они состоят из мелких кристаллов. Характеризуются металлическими свойствами и составляют 50 % всех химических элементов. Строение металлов и их сплавов кристаллическое.

В процессе кристаллизации кристаллы приобретают неправильную форму. Их называют зернами. Каждое зерно имеет свою ориентировку кристаллической решетки, которая отличается от ориентировки соседних зерен. Размер зерна металла влияет на его механические свойства. Данные свойства, вязкость и пластичность, значительно выше, если металл имеет большое количество зерен. Поверхности раздела зерен называются границами зерен, которые могут быть: наклонными при расположении оси вращения в той же плоскости, что и граница; кручеными при перпендикулярно расположенной оси к плоскости. Такой кусок металла является поликристаллом. Границы зерен определяются точками соприкосновения смежных кристаллов. О размерах, структуре и характере строения зерен можно судить по изломам металла. В поликристаллических материалах размер зерен от 1 до 1000 мкм. Зерна разориентированы, повернуты одни относительно других до десятков градусов. Границы являются основным дефектом в металлах. На границах между зернами атомы не имеют правильного расположения. Существует переходная область шириной в несколько атомных диаметров, в которой решетка одного зерна переходит в решетку другого зерна с иной ориентацией. Строение переходного слоя (границы) способствует скоплению в нем дислокаций, так как при переходе через границу ни плоскость скольжения, ни вектор Бюргерса не сохраняются неизменными. Нарушение правильности расположения способствует тому, что на границах зерен повышена концентрация тех примесей, которые понижают поверхностную энергию. Внутри зерен нарушается правильное кристаллическое строение. Границы субзерен менее нарушены.

Все металлы имеют общие свойства: пластичность, высокую тепло- и электропроводность, специфический металлический блеск, повышают электросопротивление с ростом температуры.

Из жидкого расплава вырастает монокристалл, который представляет собой один кристалл. Размеры монокристаллов невелики, их используют в лабораториях для изучения свойств какого-либо вещества. Металлы и сплавы, которые получают в самых обычных условиях, состоят из большого количества кристаллов, они имеют поликристаллическое строение.

Изучение строения металлов с помощью рентгеноструктурного анализа и электронного микроскопа позволило установить, что внутреннее кристаллическое строение зерна не является правильным. В кристаллических решетках реальных металлов имеются различные дефекты (несовершенства), которые нарушают связи между атомами и оказывают влияние на свойства металлов. Все дефекты решетки – это нарушения укладки атомов в решетке.

Расположение атомов в решетке может быть в форме центрированного куба (б- и в-железо, б-титан, хром, молибден, вольфрам, ванадий), куба, грани которого центрированы (г-железо, алюминий, медь, никель, свинец, в-кобальт) или гексагональны, или в форме ячейки (магний, цинк).

Зерна в поликристаллах не являются монолитными, а состоят из отдельных субзерен, которые повернуты одно относительно другого на малый угол. Субзерно является многогранником, в котором содержится либо незначительное количество дислокаций, либо их совсем нет. Основные характеристики субзерен: тип, расположение, строение, плотность дислокаций. Многие дислокации образуются в результате механического сдвига.

Границы субзерен и зерен в металлах разделяют на малоугловые и большеугловые. Малоугловые границы наблюдаются между субзернами и имеют дислокационное строение. Малоугловую границу можно представить с помощью ряда параллельных краевых дислокаций. Образование субзерен с малоугловыми дислокациями называется полигонизацией. Структура большеугловых границ более сложная. Субграницы образованы определенными системами дислокаций. В зависимости от того, какой материал и какое воздействие на него оказывает окружающая среда, находится расположение дислокаций. Если металл мало деформирован, то местом скопления дислокаций являются плоскости скольжения. Если же такие металлы, как алюминий, железо подвергаются сильной деформации, то дислокации представлены в виде сложных сплетений: пространств, сетки.

Структура, в которой субзерна разориентированы друг относительно друга на угол 15-300, является блочной или мозаичной.

Плотность дислокаций в металле повышается при увеличении угла разориентации субзерен и уменьшением их величины. Атомы, расположенные на границах зерен, и атомы на поверхности кристалла из-за некомпенсированности сил межатомного взаимодействия, имеют более высокую потенциальную энергию, по сравнению с атомами в объеме субзерен. Наличие дислокаций влияет на прочностные качества металлов. По теоретическим подсчетам предел упругости чистых металлов в 1000 раз превышает реальный, а предел упругости стали – в 100 раз.

3. Световая микроскопия; количественные характеристики микроструктуры.

Самые разнообразные методы применяются для исследования внутреннего строения сплавов, большинство основано на физических принципах.

Изучение строения металлов начинается с помощью простого и распространенного в научных и заводских лабораториях метода – световой микроскопии (металлографический метод). Впервые исследование металлов при помощи микроскопа осуществил П.П. Аносов. Он занимался изучением булатной стали.

Методом световой микроскопии изучают размеры, форму, расположение зерен, дефекты кристаллического строения (двойники, дислокации), а также он используется для прогнозирования поведения металлов в эксплуатационных условиях.

Все металлы – вещества непрозрачные (для видимого света). Форму кристаллов, их размер и расположение изучают на специально изготавливаемых микрошлифах. В этом случае делают разрез металла в плоскости, интересующей исследователя, полученную плоскость шлифуют и полируют.

Применять можно как грубую, так и тонкую шлифовку, с целью устранения неровностей поверхности шлифа. Шлифовку проводят перед полировкой. Чтобы получить ровную поверхность,

необходимо при перемене абразива изменять и направление движения образцов на 90° . Шлифовку следует продолжать вплоть до исчезновения рисок от предыдущей операции. По результатам шлифовки шероховатость поверхности должна быть менее 0,08 мкм.

Полировка осуществляется с целью получения зеркальной поверхности образца. Полировка может быть механической, электрохимической и химико-механической.

Механическая шлифовка осуществляется при помощи станка с вращающимся кругом, который покрыт полировальным материалом. На данный материал наносят абразивные частицы. Химико-механическая полировка осуществляется при помощи абразивных частиц и химических элементов.

Электрохимическая полировка проводится в ванне с электролитом. Для сглаживания поверхности используется ток.

При механической шлифовке и полировке происходит пластическая деформация поверхности образца. В зависимости от того, какова твердость материала, глубина деформации поверхности может достигать до 25 мкм.

После шлифовки и полировки обрабатываемый образец опускают в воду, затем в спирт, после чего сушат при помощи фильтровальной бумаги.

Чтобы выявить структуру, создают рельеф или окрашивают в разные цвета структурные составляющие, что достигается химическим травлением. При травлении кислота воздействует на границы зерна, потому что имеются места с дефектным строением, которые в травленном шлифе станут углублениями; свет, падая на них, рассеивается и в поле зрения микроскопа они будут казаться темными, а тело зерна – светлым.

Для рассмотрения микрошлифов при исследовании микроструктуры металлов применяют специальные микроскопы, в которых луч от источника света, отражаясь от шлифа, проходит через объектив и окуляр, давая соответствующее увеличение.

Общее увеличение микроскопа приравнивается к произведению увеличений объектива и окуляра.

Под микроскопом на микрошлифе после полирования можно увидеть микротрещины и неметаллические включения (графит в чугунах, оксиды). Для выявления самой микроструктуры металла поверхность шлифа травят, т. е. обрабатывают специальными реактивами, состав которых зависит от состава металла. Выявление микроструктуры при травлении основано на том, что различные фазы протравливаются неодинаково и окрашиваются по-разному. В результате травления микрошлифов чистых металлов можно выявить форму и размеры отдельных зерен. Микроанализ позволяет установить величину, форму и ориентировку зерен, отдельные фазы и структурные составляющие, изменение внутреннего строения металлов и сплавов в зависимости от условий их получения и обработки. Для того чтобы рассмотреть детали структуры применяют электронный микроскоп, где изображение формируется при помощи потока быстро летящих электронов. Различают прямые и косвенные методы исследования структуры. Косвенные методы основаны на специальной технике приготовления тонких слепков-пленок, которые отображают рельеф травленного шлифа. Исследуя полученную реплику, наблюдают детали структуры, их минимальный размер равен 2–5 нм. Прямые методы позволяют исследовать тонкие металлические фольги толщиной до 300 нм на просвет с помощью электронных микроскопов высокого разрешения (микроскопы УЭМВ-100, УЭМВ-100А, УЭМВ-100В).

Оптический микроскоп не является аппаратом, который может обнаружить кристаллик любого размера.

Количественная металлография сталкивается с определенными трудностями. Так, проблема определения количественных параметров трехмерного объекта путем изучения его двухмерного сечения решается несколькими путями. При помощи сравнительного метода и метода средней длины пересекающего зерно отрезка определяется величина зерен металлов.

Сегодня используется автоматизированная система изучения микрошлифов металлов, которая включает применение микроскопа, видеокамеры, видеобластера и персонального ЭВМ. 4. Элементарная ячейка; координационное число; сингония.

Кристаллографические направления и плоскости, анизотропия; межплоскостные расстояния. Кристаллическая решетка – упорядоченное расположение атомов. Элементарная ячейка кристалла – минимальный объем кристалла, полностью сохраняющий все его свойства. Атомы в решетке располагаются различно.

Элементарная ячейка повторяется в трех измерениях и образует кристаллическую решетку. Структуру кристалла определяет положение атомов в элементарной ячейке.

Координационное число – общее число нейтральных молекул и ионов, имеющих связь с центральным ионом в комплексе.

1. У элементов четвертой группы ковалентная насыщенная и направленная связь, и у каждого атома четыре соседа. Число ближайших соседей – координационное число. Элементарная решетка – тетраэдр с одним атомом в центре и четырьмя атомами по вершинам.

2. При образовании ионной связи кристаллические решетки более компактны, координационное число достигает 6 из-за ненасыщенности ионной связи. Пример: кристаллическая решетка NaCl – примитивный куб с ионами хлора и натрия в вершинах.

3. Металлические связи делают кристаллические решетки более компактными. Координационные числа достигают значений 8 и 12. В металлических материалах формируются три типа кристаллических решеток: объемноцентрированная кубическая (ОЦК), гранецентрированная кубическая (ГЦК) и гексагональная плотно-упакованная (ГП).

Сингония – одно из подразделений кристаллов по признаку симметрии их элементарной ячейки при одинаковых системах координатных осей. Сингония характеризует симметрию трехмерных структур с трансляционной симметрией в трех направлениях.

Выделяют семь осевых систем в зависимости от длины отрезков, отсекаемых на кристаллографических осях, и взаимного расположения этих осей.

1. Кубическая сингония. Три равновеликие оси пересекаются под прямым углом.

2. Тетрагональная сингония. Два отрезка оси одинаковой длины пересекаются под прямым углом, третья ось перпендикулярна им, и отсекаемый на ней отрезок иной длины.

3. Ромбическая сингония. Три оси разной длины пересекаются под прямыми углами.

4. Моноклиная сингония. Две оси разной длины пересекаются под косым углом, третья ось составляет с ними прямой угол.

5. Триклинная сингония. Три оси разной длины пересекаются под косыми углами.

6. Тригональная сингония. Три отрезка осей равной длины пересекаются в одной плоскости под углом 60° , третья ось перпендикулярна этой плоскости, и отсекаемый на ней отрезок имеет иную длину.

7. Гексагональная сингония. Положение осей аналогично их положению в тригональной сингонии.

Упорядоченность расположения атомов в кристаллической решетке позволяет выделить отдельные кристаллографические направления и плоскости.

Кристаллографические направления – прямые лучи, выходящие из любой точки отсчета, вдоль которых располагаются атомы. Точки отсчета – вершины куба. Кристаллографические направления – ребра и диагонали граней куба. Могут быть и другие направления. Кристаллографические плоскости – плоскости, на которых лежат атомы.

Кристаллографические направления и плоскости характеризуются индексами Миллера, которые определяют их различные положения. Параллельные плоскости в кристаллической решетке, построенные идентично, имеют одинаковые индексы. Чтобы индексы получались из простых целых чисел, плоскость можно смещать параллельно. Положение любого узла кристаллической решетки относительно произвольно выбранного начала координат определяют заданием координат x , y , z . Для одной элементарной ячейки эти координаты равны параметрам решетки a , b , c соответственно.

Для определения индекса находят координаты ближайшего к точке отсчета атома, лежащего на этом направлении, выраженные через параметр решетки.

Все физические, включая и прочностные, свойства металлов вдоль различных кристаллографических направлений зависят от числа атомов, расположенных на упомянутых направлениях. В кристаллической решетке на различных направлениях находится разное число

атомов. В кристаллических веществах должна наблюдаться анизотропия, т. е. неодинаковость свойств вдоль различных направлений.

Анизотропия – результат упорядоченного расположения атомов в кристаллических телах, проявляется в пределах монокристалла. Реальные металлы – тела поликристаллические, включающие многочисленные зерна, произвольно ориентированные друг к другу своими кристаллографическими направлениями и плоскостями. Анизотропия механических свойств наблюдается при испытании образцов, вырезанных вдоль различных кристаллографических направлений.

Реальные металлы имеют усредненную изотропность и называются квазиизотропными или псевдоизотропными телами.

Межплоскостное расстояние – кратчайшее расстояние, разделяющее параллельные и равноотстоящие друг от друга узловые плоскости.

5. Классификация дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты, зависимость их концентрации от температуры. Краевая и винтовая дислокации.

Монокристалл можно вырастить из жидкого расплава. Монокристалл представляет кусок металла из одного кристалла. Металлы и сплавы, которые получают при обычных условиях, состоят из большого количества кристаллов и имеют поликристаллическое строение. Эти кристаллы называют зернами, и они имеют неправильную форму. Каждое зерно имеет свою ориентировку кристаллической решетки, и она отличается от ориентировки соседних зерен. Внутреннее кристаллическое строение зерна не является правильным. В кристаллических решетках металлов имеются дефекты (несовершенства), которые нарушают связи между атомами и оказывают влияние на свойства металлов. Все дефекты решетки это нарушения укладки атомов в решетке. Поверхностные несовершенства – границы зерен металла. Различают следующие структурные несовершенства: дефект решетки, точечный, малый, линейный, плоский. Дефекты кристаллов значительно меняют физические, механические, химические, технологические свойства металлов.

К точечным дефектам относятся вакансии (пустые узлы), чужеродные атомы внедрения. Чем выше температура, тем больше дефектов.

Атомы примесей являются одним из самых распространенных несовершенств кристаллической структуры (вакансии, дислоцированные атомы).

Вакансии – это пустой узел кристаллической решетки, который образуется из-за различных причин. Источники вакансий – границы зерен, в которых нарушено правильное расположение атомов. Число вакансий и их концентрация зависят от температуры в обработке. Число вакансий увеличивается с повышением температуры. Одиночные вакансии встречаются при перемещении по кристаллу и объединяются в пары, образуя дивакансии, при этом уменьшается их суммарная поверхность, устойчивость спаренной вакансии возрастает, возможно образование тривакансий и целых цепочек.

Дислоцированные атомы – это атомы, вышедшие из узла кристаллической решетки и занявшие место в междоузлии. Относятся к точечным дефектам.

Примесные атомы занимают в кристаллической решетке место основных атомов или внедряются внутрь ячейки (разновидность точечных дефектов).

Если правильность кристаллического строения вокруг вакансий, дислоцированных атомов и атомов примесей нарушается, то нарушается и уравновешенность силовых полей атомов во всех направлениях. Все изменения составляют не больше нескольких атомных диаметров. Точечные дефекты взаимодействуют друг с другом. Имеет место взаимодействие точечных дефектов и с дефектами линейными – дислокациями.

Линейные дефекты малы в двух измерениях, в третьем они большего размера, который может быть соизмерим с длиной кристалла. К линейным дефектам относятся цепочки вакансий, межузельных атомов и дислокации. Дислокации могут быть достаточно протяженными в одном направлении, и иметь небольшое протяжение в противоположном направлении. От наличия дислокаций напрямую зависят прочность и пластичность металлов.

Линейные несовершенства – дислокации, они являются особым видом несовершенств в кристаллической решетке. Характеристикой дислокационной структуры является плотность дислокаций.

В настоящее время известны различные механизмы образования дислокаций. Дислокации могут возникать при росте зерен, при образовании субзерен. Экспериментально установлено, что границы зерен и блоков имеют большую плотность дислокаций. При кристаллизации из расплава энергетически выгодно, когда зародыш растет с образованием винтовой дислокации на его поверхности. Способствуют образованию дислокаций и сегрегации примесей. В затвердевшем металле дислокации возникают в результате скопления вакансий.

Область несовершенства кристалла вокруг края экстраплоскости называется краевой (линейной) дислокацией. Краевая дислокация представляет быстрозатухающее поле упругих напряжений в кристаллической решетке вокруг края экстраплоскости, которое вызвано тем, что выше этого края параметры решетки несколько сжаты, а ниже соответственно растянуты. В одном измерении протяженность дислокации имеет макроскопический характер (дислокация может обрываться только на границе кристалла – она является границей зоны сдвига). Движение краевой дислокации – консервативное.

Если экстраплоскость находится в верхней части кристалла, то дислокацию называют положительной; если экстраплоскость находится в нижней части кристалла, то ее называют отрицательной.

Винтовые дислокации образуются, если две части кристалла сдвинуты к плоскости скопления вакансий.

Если винтовая дислокация образована вращением по часовой стрелке, то ее называют правой, если вращение против часовой стрелки – левой. Вакансия и межузельные атомы к винтовой дислокации не стекают. Также возможно образование частичных и смешанных дислокаций. Образование дислокаций повышает энергию кристалла.

Дислокации способствуют увеличению внутреннего напряжения в металлах. Применение поляризованного света позволяет выявить поля напряжений, возникающие вокруг дислокаций.

6. Диффузия в металлах.

Диффузия – это перенос вещества, обусловленный беспорядочным тепловым движением диффундирующих частиц. При диффузии газа его молекулы меняют направление движения при столкновении с другими молекулами. Основными типами движения при диффузии в твердых телах являются случайные периодические скачки атомов из узла кристаллической решетки в соседний узел или вакансию.

Развитие процесса диффузии приводит к образованию диффузионного слоя, под которым понимают слой материала детали у поверхности насыщения, отличающийся от исходного по химическому составу, структуре и свойствам.

Диффузионное движение любого атома – это случайное блуждание из-за большой амплитуды колебаний, которое не зависит ни от движения других атомов, ни от предыдущего движения данного атома. Не зависящие от температуры колебания атомов вокруг положения равновесия обычно происходят с частотой $\sim 10^{13} \text{ с}^{-1}$

Вопрос определения механизма диффузии является весьма сложным. Большую роль в решении этой проблемы сыграли работы Я.И. Френкеля, в которых показано огромное влияние дефектов кристаллической решетки, в особенности вакансий, на процесс диффузионного перемещения атомов. Наиболее затруднительным является простой обменный механизм диффузии, а наиболее вероятным – вакансионный. Каждому механизму диффузии соответствует определенная энергия активации Q , т. е. величина энергетического барьера, который необходимо преодолеть атому при переходе из одного положения в другое.

Перемещение при краудинном механизме диффузии подобно распространению волны: каждый атом смещается на малую величину, а возмущение распространяется быстро. Для диффузии большое значение имеют вакансии и их ассоциации (бивакансии, комплексы вакансия – атом примеси), а также дефекты, являющиеся их источниками (линейные и поверхностные).

Основным механизмом самодиффузии и диффузии в твердых растворах замещения является вакансионный. В твердых растворах внедрения основным механизмом перемещения примесных атомов небольшого размера является межузельный.

Если два хорошо соединенных между собой куска чистых металлов А и В длительно отжигать, то будет наблюдаться взаимное проникновение металлов и смещение первоначальной границы раздела, отмеченной инертными метками (оксидными частицами или вольфрамовыми проволочками) на величину Δx , прямо пропорциональную квадратному корню из времени отжига. Если $D_A > D_B$, то компонент А проникает в В с большей скоростью, чем В в А, вследствие этого часть В образца увеличивается в объеме.

Диффузионная металлизация – процесс диффузионного насыщения поверхности изделий металлами или металлоидами. Диффузионное насыщение проводят в порошкообразной смеси, газовой среде или расплавленном металле (если металл имеет низкую температуру плавления). Диффузионное насыщение поверхности металлов и сплавов бором для повышения твердости, коррозионной стойкости, износостойкости проводят путем электролиза в расплавленной соли бора. Борирование обеспечивает особенно высокую твердость поверхности, сопротивление износу, повышает коррозионную стойкость и теплостойкость. Борированные стали обладают высокой коррозионной стойкостью в водных растворах соляной, серной и фосфорной кислот. Борирование применяют для чугунных и стальных деталей, работающих в условиях трения в агрессивной среде (в химическом машиностроении). Хромирование – диффузионное насыщение хромом проводят в порошкообразных смесях хрома или феррохрома с добавками хромистого аммония (1 %) и окиси алюминия (49 %) при температуре 1000...1050 °С с выдержкой 6...12 ч. Хромирование применяют для деталей, которые работают на износ в пароводяных и агрессивных средах (арматура, вентили). При хромировании изделий из малоуглеродистых сталей твердость повышается и приобретает хорошая коррозионная стойкость.

Алитирование – это процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя алюминием, проводят в порошкообразных смесях алюминия или в расплавленном алюминии. Цель – получение высокой жаростойкости поверхности стальных деталей. Алитирование проводят в твердых и жидких средах.

Силицирование – диффузионное насыщение кремнием проводят в газовой атмосфере. Насыщенный кремнием слой стальной детали имеет не очень высокую твердость, но высокую коррозионную стойкость и повышенную износостойкость в морской воде, азотной, соляной в серной кислотах. Силицированные детали применяют в химической, целлюлозно-бумажной и нефтяной промышленности. Для повышения жаростойкости силицирование применяют для изделий из сплавов на основе молибдена и вольфрама, обладающих высокой жаропрочностью. В материаловедении разрабатываются макро– и микроскопические теории диффузии. В макроскопической теории делается акцент на формализме, т. е. на термодинамических силах и параметрах. В микроскопической теории используют механизмы, основанные на теории об атомных скачках.

7. Плавление металлов и строение расплавов.

Плавление – это физический процесс перехода металла из твердого состояния в жидкое расплавленное. Плавление – процесс, обратный кристаллизации, происходит при температуре выше равновесной, т. е. при перегреве. Поскольку жидкий металл обладает большей внутренней энергией, чем твердый, при кристаллизации выделяется теплота. Между теплотой Q и температурой кристаллизации T_k существует определенная связь. Степень перегрева при плавлении металлов не превышает нескольких градусов.

В жидком состоянии атомы вещества из-за теплового движения перемещаются беспорядочно, в жидкости имеются группировки атомов небольшого объема, в их пределах расположение атомов аналогично расположению в решетке кристалла. Эти группировки неустойчивы, они растворяются и снова появляются в жидкости. При переохлаждении жидкости некоторые крупные группировки становятся устойчивыми и способными к росту. Эти устойчивые группировки атомов называют центрами кристаллизации (зародышами). Для осуществления процесса плавления необходимо

наличие некоторого перегрева над равновесной температурой, т. е. термодинамического потенциала. Выше равновесной температуры более устойчив жидкий металл, он имеет меньший запас свободной энергии. Ниже этой температуры более устойчив твердый металл. При равновесной температуре свободные энергии жидкого и твердого состояния одинаковы, поэтому при этой температуре обе фазы (жидкая и твердая) могут сосуществовать одновременно и притом бесконечно долго. Равновесная температура очень близка к температуре плавления $T_{пл}$, с которой ее часто сравнивают. При охлаждении переход из жидкого состояния в твердое сопровождается образованием кристаллической решетки, т. е. кристаллизацией. Чтобы вызвать кристаллизацию, жидкий металл нужно переохладить до температуры ниже температуры плавления.

Жидкости, находящиеся при температуре, близкой к температуре плавления называются расплавами. Расплавы бывают металлическими, ионными, полупроводниковыми, органическими и высокополимерными. В зависимости от того, какие химические соединения образуют расплавы, выделяют солевые, оксидные, оксидно-силикатные и другие расплавы.

Большинство расплавов имеют в составе искомасдрические частицы.

В процессе плавления химические связи в расплавах подвергаются видоизменению. В полупроводниках наблюдается образование металлической проводимости, у некоторых галогенидов вместо ионной проводимости происходит снижение электрической проводимости из-за образования расплава с молекулярным составом. Уровень температуры также влияет на тип связи в расплавах.

Среднее координационное число и межатомные расстояния также являются характеристиками расплавов. В процессе плавления металлов происходит уменьшение координационного числа примерно на 10–15 %. В тоже время межатомные расстояния остаются прежними. При плавлении полупроводников происходит увеличение их координационного числа в 1,5 раза, расстояние между атомами также увеличивается. Многокомпонентные расплавы характеризуются неравновесными, метастабильными состояниями, которые имеют взаимосвязь со структурой первоначальных твердых фаз.

Во многих случаях встречается отставание (гистерезис) свойств расплавов в процессе изменения температуры. На свойства и строения расплавов оказывают влияние следующие факторы: температура, время выдержки, скорость колебания температуры, тот материал, из которого создан контейнер, а также наличие примесей.

Состав расплавов отличается своей сложностью. В ионных расплавах могут содержаться простые или комплексные ионы, недиссоциированные и полимерные молекулы, а также свободные объемы. Силикатные расплавы могут содержать изолированные кремнекислородные тетраэдры и образуемые ими цепи, кольца, сетки и каркасы.

Однозначная модель структуры расплавов формируется достаточно сложно, т. к. расплавы содержат разные виды частиц и связи. Основная функция моделей: определение и интерпретация свойств расплавов, а также расчет свойств.

Расплавы в металлургической области подразделяются на промежуточные, побочные и конечные продукты. Используя расплавы в качестве электролитов, в металлургии производят и рафинируют металлы, а также осуществляют нанесение покрытий. Многие сплавы образуются в виде расплавов. Монокристаллы и эпитаксиальные пленки выращиваются из расплавов. В качестве катализаторов принято использовать металлические, солевые и оксидные расплавы. Солевые расплавы применяют в отжиговых и закалочных ваннах, высокотемпературных топливных элементах, в качестве теплоносителей, флюсов в процессе пайки и сварки металлов, реакционных сред в неорганическом и органическом синтезе, а также как поглотители, экстрагенты и т. д. Некоторые расплавы используются для получения силикатных, фторидных и иных специальных стеков и аморфных металлов.

8. Кристаллизация металлов; зарождение кристаллов, критический зародыш; гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов; рост кристаллов. Кривые Таммана.

Кристаллизация – это процесс перехода металла из жидкого состояния в твердое с образованием кристаллической структуры. В природе все самопроизвольно протекающие превращения, кристаллизация и плавление обусловлены тем, что новое состояние в новых условиях является энергетически более устойчивым, обладает меньшим запасом энергии.

Переход металла из жидкого или парообразного состояния в твердое с образованием кристаллической структуры называется первичной кристаллизацией. Образование новых кристаллов в твердом кристаллическом веществе называется вторичной кристаллизацией. Процесс кристаллизации состоит из двух одновременно идущих процессов зарождения и роста кристаллов. Кристаллы могут зарождаться самопроизвольно – самопроизвольная кристаллизация или расти на имеющихся готовых центрах кристаллизации – несамопроизвольная кристаллизация. При кристаллизации металла можно с помощью счетчика времени и термоэлектрического пирометра. Две разнородные проволоки, которые спаянны концами, погружают в расплавленный металл и при этом возникающий термоток пропорционален температуре металла, а стрелка милливольтметра отклоняется, она указывает температуру по специально градуированной шкале. Показания пирометра записывают во времени и по полученным данным строят кривые охлаждения в координатах температура – время. Критической точкой называется температура, которая соответствует какому-либо превращению. При охлаждении переход из жидкого состояния в твердое сопровождается образованием кристаллической решетки, т. е. кристаллизацией. Для того чтобы вызвать кристаллизацию, жидкий металл нужно переохладить до температуры ниже температуры плавления. При затвердевании и при аллотропическом превращении в металле вначале образуются центры кристаллизации, вокруг которых группируются атомы, образуя соответствующую кристаллическую решетку. Процесс кристаллизации складывается из двух этапов: образования центров кристаллизации и роста кристаллов. У каждого из возникающих кристаллов кристаллографические плоскости ориентированы случайно, кроме того, при первичной кристаллизации кристаллы могут поворачиваться, так как они окружены жидкостью. Смежные кристаллы растут навстречу друг другу, и точки их столкновения определяют морфологию кристаллов (зерен). Кристаллы, образующиеся при кристаллизации, имеют плавные, без площадок и уступов: понятно, что аллотропии у этих веществ быть не может. Механизм кристаллизации металла состоит в том, что при соответствующем понижении температуры внутри тигля с жидким металлом начинают образовываться мелкие кристаллики, называемые центрами кристаллизации или зародышами. Для начала роста кристаллов из жидкого металла необходимо, чтобы свободная энергия металла.

Уменьшилась. Если же в результате образования зародыша свободная энергия металла увеличивается, то зародыш растворяется. Минимальный размер способного к росту зародыша называется критическим размером зародыша, а такой зародыш – устойчивым.

Чем больше степень переохладения, понижающая свободную энергию металла, тем меньше критический размер зародыша.

Вокруг образовавшихся центров начинают расти кристаллы. По мере роста кристаллов в металле, оставшемся еще в жидком состоянии, продолжают возникать новые центры кристаллизации. Каждый из растущих новых кристаллов ориентирован в пространстве произвольно. Кристаллы с неправильной формой называются зернами или кристаллами. Твердые тела, в том числе и металлы, состоящие из большого количества зерен, называют поликристаллами. Непосредственно установлено, что процесс кристаллизации состоит из двух элементарных процессов: зарождения центров кристаллизации и роста кристаллов из этих центров. Гораздо позже Тамман, изучая процесс кристаллизации, установил зависимость числа центров кристаллизации и скорости роста кристаллов от степени переохладения.

Пока образовавшиеся кристаллы растут свободно, они имеют более или менее правильную геометрическую форму. Однако при столкновении растущих кристаллов их правильная форма нарушается, так как в этих участках рост граней прекращается. Рост продолжается в тех направлениях, где есть свободный доступ «питающей» жидкости. В результате растущие кристаллы, имеющие сначала геометрически правильную форму, после затвердевания получают неправильную внешнюю форму и поэтому называются кристаллами. Рост зародыша происходит в результате перехода атомов из переохлажденной жидкости к кристаллам. Кристалл растет послойно, каждый слой имеет одноатомную толщину. Различают два элементарных процесса роста кристаллов.

Образование двумерного зародыша.

Рост двумерного зародыша путем поступления атомов из переохлажденной жидкости. После образования на плоской грани двумерного зародыша дальнейший рост нового слоя протекает сравнительно легко, так как появляются участки, удобные для закрепления атомов, переходящих из жидкости.

Размер зерен, образующихся в процессе кристаллизации, зависит не только от числа самопроизвольно зарождающихся центров кристаллизации, но и от числа частичек нерастворимых примесей, всегда имеющихся в жидком металле, которые играют роль готовых центров кристаллизации.

9. Строение слитка и аморфные сплавы.

Строение стального слитка впервые дано в 1878 г. Д.К. Черновым. Структура литого слитка состоит из трех основных зон. Первая зона – наружная мелкозернистая корка, которая состоит из дезориентированных мелких кристаллов – дендритов.

Вторая зона слитков – зона столбчатых кристаллов. После образования самой корки условия теплоотвода.

Меняются, градиент температур уменьшается и уменьшается степень переохлаждения стали. Третья зона слитка – зона равноосных кристаллов.

Кристаллы, которые образуются в процессе затвердевания металла, имеют различную форму в зависимости от скорости охлаждения, характера и количества примесей. Чаще в процессе кристаллизации образуются разветвленные (древовидные) кристаллы, которые получили название дендриты из-за своей формы, которые напоминают форму дерева. Такая форма кристаллов объясняется тем, что возникшие в жидком металле зародыши растут в направлении с минимальным расстоянием между атомами. Так образуются оси первого порядка. Одновременно с удлинениями осей первого порядка на их ребрах зарождаются и растут перпендикулярно к ним под определенными углами оси второго порядка, от которых уже растут оси третьего порядка и в конечном счете образуются кристаллы в форме дендритов. Дендритное строение выявляется после специального травления шлифов, т. к. все промежутки между ветвями дендритов заполнены, и видны обычно только места стыков дендритов в виде границ зерен. Правильная форма дендритов искажается в результате столкновения и срастания частиц на поздних стадиях процесса. Дендритное строение характерно для макро– и микроструктуры литого металла (сплава).

При соприкосновении с холодной стенкой изложницы образуется зона мелких равноосных кристаллов. Объем твердого металла меньше жидкого, поэтому между стенкой изложницы и застывшим металлом возникает воздушная прослойка; сама стенка нагревается от соприкосновения с металлом. В результате скорость охлаждения металла уменьшается, рост кристаллов приобретает направленный характер – они растут от стенки изложницы к центру по направлению отвода тепла и образуется зона столбчатых кристаллов. Это явление как бы прорастания длинными кристаллами толщи слитка носит название транскристаллизации. Образующаяся зона замедляет отдачу тепла наружу, скорость охлаждения уменьшается и образуется зона крупных неориентированных кристаллов. В жидком металле содержится какое-то количество растворенных газов, поэтому в объеме слитка при его охлаждении для металлов, которые обладают склонностью к переохлаждению, обнаруживаются только восходящие ветви кривых числа центров кристаллизации и скорости роста кристаллов.

Размер зерен, образующихся в процессе кристаллизации, зависит не только от числа самопроизвольно зарождающихся центров кристаллизации, но и от числа частичек нерастворимых примесей, всегда имеющихся в жидком металле, которые играют роль готовых центров кристаллизации. Такими частичками могут быть оксиды, нитриды, сульфиды. Центрами кристаллизации в металле или сплаве могут быть твердые частицы, которые имеют небольшую разницу в размерах атомов с атомами основного металла, их кристаллическая решетка должна быть близка по строению и параметрам решетке кристаллизующегося металла. Стенки изложниц и других форм, где происходит кристаллизация жидкого металла имеют неровности, шероховатости. Эти неровности влияют на процесс кристаллизации, увеличивая скорость кристаллизации. Если сталь

недостаточно раскислена (так называемая кипящая сталь), то газовые пузыри будут образовываться по всему объему слитка.

Если сталь хорошо раскислена (спокойная сталь), то ее отливают в изложницы с утепленной прибыльной надставкой. В этом месте будут кристаллизоваться последние порции жидкого металла. Здесь будут собираться газы. При этом возникает большая пустота, называемая усадочной раковиной. Около усадочной раковины металл будет менее плотным, рыхлым. Поэтому после прокатки слитков спокойной стали верхнюю (прибыльную) часть слитка (около 15–20 % от длины слитка) отрезают. При прокатке форма первичных кристаллов литого металла изменяется. Дендриты деформируются, вытягиваются вдоль направления течения металла, превращаются в волокна. Места стыков кристаллов имеют меньшую прочность, поэтому вдоль волокон деформированная сталь обладает большей прочностью. Аморфные сплавы не подвержены старению, часто бывают хрупкими при растяжении, но сравнительно пластичны при изгибе и сжатии, могут подвергаться холодной прокатке. Магнитомягкие аморфные сплавы бывают трех групп.

1. На основе железа ($\text{Fe}_{81}\text{Si}_{13}\text{B}_{13}\text{C}_2$) с высокими значениями магнитной индукции и низкой коэрцитивной силой.

2. На основе кобальта ($\text{Co}_{66}\text{Fe}_4(\text{Mo}, \text{Si}, \text{B})_{30}$), имеющие сравнительно небольшую индукцию насыщения, но высокие механические свойства, низкую коэрцитивную силу и высокое значение магнитной проницаемости.

3. Железоникелевые сплавы ($\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{14}\text{B}_6$) со средними значениями магнитной индукции и более низким значением коэрцитивной силы, чем у железных сплавов.

Магнитомягкие аморфные сплавы используются в электротехнике и электронной промышленности.

10. Модифицирование металлов. Стандартные испытания на растяжение, сжатие, изгиб, твердость, ударную вязкость.

В жидкий металл могут добавлять модификаторы, чтобы получить нужное строение металла в отливках. Это процесс модифицирования.

По механизму воздействия на процесс кристаллизации модификаторы можно разделить на две группы:

1) модификаторы, являющиеся дополнительными центрами кристаллизации;

2) модификаторы – поверхностно-активные вещества. Эти модификаторы растворяются в жидком металле. Процесс кристаллизации зависит от имеющихся центров кристаллизации. Этими центрами являются частицы тугоплавких неметаллических включений, оксидов, интерметаллических соединений, образуемых примесями.

К началу процесса кристаллизации центры находятся в жидком металле и имеют вид твердых включений. При кристаллизации атомы металла откладываются на активированной поверхности примеси. Эта кристаллизация называется гетерогенной, при которой роль зародышей играют стенки формы.

При затвердевании имеющиеся в наличии готовые центры кристаллизации приводят к уменьшению размера кристаллов. Эффект измельчения структуры увеличивается при соблюдении структурного и размерного соответствия примесной фазы с основным металлом, которое способствует сопряжению их кристаллических решеток.

В жидком металле присутствуют растворенные примеси, которые вызывают измельчение структуры. Адсорбируясь, они уменьшают поверхностное натяжение на границе раздела жидкость – твердая фаза и линейную скорость роста кристаллов.

Улучшению механических свойств металла способствует измельчение структуры. Для измельчения структуры сплавов применяют технологическую операцию – модифицирование. Эта операция состоит во введении в жидкий сплав перед разливкой специальных добавок – модификаторов. Для этого используют поверхностно-активные вещества, а также элементы, которые образуют тугоплавкие тонкодисперсные частицы. Модификаторы добавляют в сплавы. Повышение температуры жидкого металла перед разливкой приводит к укрупнению зерна при кристаллизации и, наоборот, уменьшению размера зерна происходит в результате подстуживания

металла. Подстуживание эффективно при наличии модификаторов, которые образуют фазы вместе со структурным и размерным соответствием с основным металлом.

Стандартные испытания.

Статическое испытание на растяжение – способ механических испытаний металлов. Для статических испытаний изготавливаются круглые образцы испытуемого металла или плоские для листовых материалов. Образцы состоят из рабочей части и головок, которые предназначены для закрепления их в захватах разрывной машины. Размеры образцов стандартизованы. При растяжении образец удлиняется. Некоторые сплавы металлов имеют коэффициент линейного расширения близкий к нулю (применяются для изготовления точных приборов, радиоламп).

В зажимах разрывной машины устанавливают круглый или плоский образец стандартных размеров, и увеличивая нагрузку, следят за изменением его длины. Пишущее устройство машины записывает диаграмму растяжения, по которой определяют механические свойства.

Твердость – свойство материала оказывать сопротивление контактной деформации, способность материала сопротивляться внедрению в его поверхность твердого тела – индентора. Индентор – алмазный наконечник в виде конуса. Испытания на твердость – самый доступный вид механических испытаний.

Испытания на твердость производятся быстро и не требуют сложных образцов, позволяют судить о других механических свойствах металлов (например, о пределе прочности). Распространены методы вдавливания твердого наконечника.

Определение твердости методом Роквелла. В поверхность испытываемого образца вдавливают стальной или алмазный конус с углом 120° или стальной закаленный шарик диаметром 1,59 мм и по глубине проникновения в поверхность оценивают твердость материала.

На твердомере Роквелла нанесены три шкалы: А (черного цвета) – испытание ведут алмазным конусом, твердость обозначается HRA; В (красного цвета) – испытание ведут шариком, твердость обозначается H13B; С (черного цвета) – испытание ведут стальным конусом, твердость обозначается HRC.

Определение твердости методом Виккерса. В поверхность образца вдавливают четырехгранную алмазную пирамиду и по диагонали отпечатка определяют твердость.

Метод Виккерса позволяет измерять твердость мягких и твердых металлов и сплавов и твердость тонких поверхностных слоев.

Испытания на удар определяют способность металла сопротивляться ударным нагрузкам, которым детали машин подвергаются в процессе работы.

Испытания ударной нагрузкой проводятся над образцами стандартной формы на приборах, которые называются маятниковыми копрами.

Ударная вязкость – работа, затраченная на ударный излом образца и отнесенная к площади его поперечного сечения в месте надреза. Испытания на ударную вязкость проводят для оценки склонности материалов к хрупкому разрушению.

Изгиб – более мягкий способ нагружения, чем растяжение. На изгиб испытывают малопластичные материалы. Испытания проводят на образцах большой длины, цилиндрической или прямоугольной формы. Их устанавливают на две опоры. Определяемыми характеристиками служат предел прочности и стрела прогиба.

11. Фазовые превращения в твердом состоянии.

Фаза – это однородная часть системы, которая отделена от другой части системы (фазы) поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура изменяются скачком.

При кристаллизации чистого металла в системе имеются две фазы: жидкая (расплавленный металл) и твердая (зерна затвердевшего металла). В твердых сплавах фазами могут быть зерна чистого металла, зерна твердого раствора и зерна химического соединения. Многие металлы в жидком состоянии растворяются один в другом в любых соотношениях. В результате растворения образуется однородный жидкий раствор с равномерным распределением атомов одного металла среди атомов другого металла. Благодаря указанному взаимодействию на практике с целью равномерного распределения веществ в сплаве, прибегают к их расплавлению. Некоторые металлы,

сильно различающиеся размерами атомов, не растворяются в жидком состоянии, а другие металлы растворяются в жидком состоянии ограниченно. При образовании сплавов в процессе их затвердевания возможно различное взаимодействие компонентов.

Если в процессе кристаллизации сила взаимодействия между однородными атомами больше силы взаимодействия между разнородными атомами, то после кристаллизации образуется механическая смесь, состоящая из зерен чистых металлов. В этом случае в твердом сплаве будут присутствовать зерна одного чистого металла и рядом с ними зерна другого чистого металла. Такая форма взаимодействия возникает при большом различии в свойствах входящих в состав сплавов веществ, входящих в состав сплава, является образование твердых растворов.

Твердые растворы – это твердые фазы, в которых соотношения между компонентами могут изменяться. В твердом растворе так же, как и в чистых металлах, атомы в пространстве расположены закономерно и образуют кристаллическую решетку. Этим они и отличаются от жидких растворов. В твердом растворе одно из входящих в состав сплава веществ сохраняет присущую ему кристаллическую решетку, а второе вещество, которое утратило свое кристаллическое строение, в виде отдельных атомов распределяется в кристаллической решетке первого. Первое вещество является растворителем, а второе – растворимым. В зависимости от характера распределения атомов растворимого элемента различают твердые растворы внедрения, замещения и вычитания; независимо от типа твердого раствора общим для них является то, что они однофазны и существуют в интервале концентраций. Для твердых растворов характерны размеры атомов растворимого элемента, которые образуют с металлами твердые растворы внедрения. Но и у этих элементов размер атомов несколько превышает размер межатомных промежутков в кристаллической решетке металлов, поэтому при образовании твердых растворов внедрения решетка искажается и в ней возникают напряжения. При этом концентрация твердого раствора внедрения не может быть высокой. Она редко превышает 1–2%. В твердых растворах замещения атомы растворимого элемента занимают места атомов основного металла. Посторонние атомы могут замещать атомы растворителя в любых местах, поэтому такие растворы называют неупорядоченными твердыми растворами. Размеры атомов растворимого элемента всегда отличаются от размеров атома растворителя (они больше или меньше), поэтому при образовании твердого раствора замещения кристаллическая решетка металла-растворителя искажается, не утрачивая при этом своего основного строения. Твердые растворы замещения могут быть ограниченными и неограниченными. Одно из условий неограниченной растворимости – размерный фактор. Чем больше различие в атомных радиусах, тем меньше растворимость. При понижении температуры в твердых растворах замещения происходит процесс перераспределения атомов, в результате которого атомы растворенного элемента займут строго определенные места в решетке растворителя. Такие твердые растворы называют упорядоченными твердыми растворами, а их структуру – сверхструктурой.

Некоторые элементы видоизменяют свое кристаллическое строение в зависимости от изменения внешних условий – температуры и давления. В твердом состоянии литий, молибден имеют объемно-центрированную кубическую решетку; алюминий, серебро, золото, платина – гранцентрированную, а магний, цирконий – гексагональную. При изменении температуры может оказаться, что для того же металла более устойчивой будет другая решетка, чем та, которая была при другой температуре. Это явление носит название полиморфизма. Каждый вид решетки представляет аллотропическое видоизменение или модификацию. При полиморфных превращениях металлов основное значение имеет температура. Превращение одной аллотропической формы в другую происходит при постоянной температуре, называемой температурой полиморфного превращения и сопровождается тепловым эффектом, подобно явлениям плавление-затвердевание или испарение-конденсация. Это связано с необходимостью затраты определенной энергии на перестройку упорядоченной кристаллической решетки.

Деформация – это изменение формы и размеров тела, деформация может вызываться воздействием внешних сил, а также другими физико-механическими процессами, которые происходят в теле. К деформациям относятся такие явления, как сдвиг, сжатие, растяжение, изгиб и кручение.

Упругая деформация – это деформация, которая исчезает после снятия нагрузки. Упругая деформация не вызывает остаточных изменений в свойствах и структуре металла; под действием приложенной нагрузки происходит незначительное обратимое смещение атомов.

При растяжении монокристалла возрастают расстояния между атомами, а при сжатии атомы сближаются. При смещении атомов из положения равновесия нарушается баланс сил притяжения и электростатического отталкивания. После снятия нагрузки смещенные атомы из-за действия сил притяжения или отталкивания возвращаются в исходное равновесное состояние и кристаллы приобретают первоначальные размеры форму.

Деформация может быть упругой, исчезающей после снятия нагрузки, и пластической, остающейся после снятия нагрузки.

Самое малое напряжение вызывает деформацию, причем начальные деформации являются всегда упругими и их величина находится в прямой зависимости от напряжения. Основными механическими свойствами являются прочность, пластичность, упругость.

Важное значение имеет пластичность, она определяет возможность изготовления изделий различными способами обработки давлением. Эти способы основаны на пластическом деформировании металла.

Материалы, которые имеют повышенную пластичность, менее чувствительны к концентраторам напряжений. Для этого проводят сравнительную оценку различных металлов и сплавов, а также контроль их качества при изготовлении изделий.

Физическая природа деформации металлов.

Под действием напряжений происходит изменение формы и размеров тела. Напряжения возникают при действии на тело внешних сил растяжения, сжатия, а также в результате фазовых превращений и некоторых других физико-химических процессов, которые связаны с изменением объема. Металл, который находится в напряженном состоянии, при любом виде напряжения всегда испытывает напряжения нормальные и касательные, деформация под действием напряжений может быть упругой и пластической. Пластическая происходит под действием касательных напряжений.

Упругая – это такая деформация, которая после прекращения действия, вызвавшего напряжение, исчезает полностью. При упругом деформировании происходит изменение расстояний между атомами в кристаллической решетке металла.

С увеличением межатомных расстояний возрастают силы взаимного притяжения атомов. При снятии напряжения под действием этих сил атомы возвращаются в исходное положение. Искажение решетки исчезает, тело полностью восстанавливает свою форму и размеры. Если нормальные напряжения достигают значения сил межатомной связи, то произойдет хрупкое разрушение путем отрыва. Упругую деформацию вызывают небольшие касательные напряжения.

Пластической называется деформация, остающаяся после прекращения действия вызвавших ее напряжений. При пластической деформации в кристаллической решетке металла под действием касательных напряжений происходит необратимое перемещение атомов. При небольших напряжениях атомы смещаются незначительно и после снятия напряжений возвращаются в исходное положение. При увеличении касательного напряжения наблюдается необратимое смещение атомов на параметр решетки, т. е. происходит пластическая деформация.

При возрастании касательных напряжений выше определенной величины деформация становится необратимой. При снятии нагрузки устраняется упругая составляющая деформации. Часть деформации, которую называют пластической, остается.

При пластической деформации необратимо изменяется структура металла и его свойства. Пластическая деформация осуществляется скольжением и двойникованием.

Скольжение в кристаллической решетке протекает по плоскостям и направлениям с плотной упаковкой атомов, где сопротивление сдвигу наименьшее. Это объясняется тем, что расстояние между соседними атомными плоскостями наибольшее, т. е. связь между ними наименьшая.

Микротрещины при циклическом нагружении зарождаются на начальной стадии испытания за счет притока вакансий и последующего возникновения и слияния микропор. В образце может образоваться большое количество микротрещин. Но в дальнейшем развиваются не все микротрещины, а лишь те, у которых имеются наиболее острые вершины и которые наиболее благоприятно расположены по отношению к действующим напряжениям. К окончательному разрушению образца приводит самая длинная, острая и глубокая трещина, распространяясь по сечению образца: для усталостного излома образца характерно наличие зоны прогрессивно растущей трещины и зоны окончательного излома. В зоне прогрессивно растущей трещины наблюдаются полосы в виде изогнутых линий. Полосы образуются в результате рывков и задержек движения трещины вследствие упрочнения металла у ее основания и расширения ее фронта. На процесс разрушения при циклических нагрузках существенное влияние оказывают концентраторы напряжений. Концентраторы напряжений могут быть конструктивными (резкие переходы от сечения к сечению), технологическими (царапины, трещины, риски от резца), металлургическими (поры, раковины). Независимо от своего происхождения концентраторы напряжений в той или иной степени снижают предел выносливости при одном и том же уровне переменных напряжений. Для оценки влияния концентратора напряжений на усталость испытывают гладкие и надрезанные образцы при симметричном цикле напряжений. Надрез на образце выполняется в виде острой круговой выточки.

14. Электрические свойства проводниковых материалов.

В качестве проводниковых материалов используют чистые металлы, а также сплавы металлов. Наибольшей проводимостью обладают чистые металлы, исключением является ртуть. Из меди и алюминия изготавливают обмоточные, монтажные, установочные кабели и провода. Алюминий относится к группе легких металлов. Плотность его равна 2,7 г/см³. Доступность, большая проводимость, а также стойкость к атмосферной коррозии позволили широко применять алюминий в электротехнике. Недостатками алюминия являются невысокая механическая прочность при растяжении и повышенная мягкость даже у твердотянутого алюминия. Алюминий – металл серебристого цвета или серебристо-белого. Его температура плавления составляет 658–660 °С.

Голые провода алюминия могут достаточно длительное время работать благодаря тому, что алюминий в короткое время покрывается тонкой пленкой окисла. Это служит защитой от воздействия кислорода.

Оксидная пленка на алюминиевых проводах имеет значительное электрическое сопротивление, в связи с чем в местах соединения алюминиевых проводов образуются большие переходные сопротивления. Места соединения очищают при использовании вазелина с целью предотвращения влияния кислорода на алюминий.

При увлажнении мест соединения алюминиевых проводов с другими проводами из других металлов (медных, железных), полученных механическим способом (болтовые соединения), образуются гальванические пары с определенной электродвижущей силой. В данном случае алюминиевый провод под воздействием местного тока будет разрушаться.

С целью предотвращения образования гальванических паров во влажной атмосфере места соединения с другими проводами из других металлов должны быть тщательно защищены от влаги лакированием и другими способами.

Непосредственную коррозию алюминия вызывают оксиды азота (NO), хлор (Cl), сернистый газ, соляная и серные кислоты и другие агенты. Надежные соединения проводов друг с другом, а также с проводами из других металлов осуществляются с помощью холодной или горячей сварки. Чем выше химическая чистота алюминия, тем он лучше сопротивляется коррозии. Поэтому наиболее чистые сорта алюминия с содержанием чистого металла 99,5 % идут для изготовления электродов в электрических конденсаторах, для изготовления алюминиевой фольги и обмоточных проводов малых диаметров 0,05-0,08 мм. Применяют проводниковый алюминий, содержащий чистого металла не менее 99,7 %. Для изготовления проволоки применяют алюминий.

С содержанием чистого металла не менее 99,5 %. Алюминиевую проволоку изготавливают путем волочения и прокатки. Проволока из алюминия бывает трех видов марок: АМ (мягкая

отожженная), АПТ (полутвердая) и АТ (твердая неотожженная). Проволоку выпускают диаметром от 0,08 до 10 мм.

Полупроводники составляют обширную область материалов, отличающихся друг от друга большим многообразием электрических и физических свойств, а также большим многообразием химического состава, что и определяет различные назначения при их техническом использовании. По химической природе полупроводники можно разделить на следующие ¹Кристаллические группы полупроводниковые материалы, построенные из атомов и молекул одного элемента.

2. Окисные кристаллические полупроводниковые материалы, то есть материалы из окислов металлов.

3. Кристаллические полупроводниковые материалы на основе соединений атомов третьей и пятой групп системы элементов таблицы Менделеева.

4. Кристаллические полупроводниковые материалы на основе соединений серы, селена, меди, свинца – они называются сульфидами, селенидами.

Карбид кремния относится к первой группе полупроводниковых материалов и является наиболее распространенным монокристаллическим материалом. Этот полупроводниковый материал представляет собой смесь множества малых кристалликов, беспорядочно спаянных друг с другом. Карбид кремния образуется при высокой температуре при соединении графита и кремния. Его используют в фотоэлементах, диодах.

Возможность повышения рабочей температуры изоляции для практики очень важна. В электрических машинах и аппаратах повышение нагрева, которое обычно ограничивается именно материалами электрической изоляции, дает возможность получить большую мощность при тех же габаритах или же при сохранении мощности уменьшить размеры и стоимость. ¹⁵ГОСТ предусматривает разделение электроизоляционных материалов для электрических машин, трансформаторов и аппаратов на классы нагревостойкости, для которых фиксируются наибольшие допустимые рабочие температуры при использовании этих материалов в электрооборудовании общего применения, длительно работающего в нормальных для данного вида электрооборудования эксплуатационных условиях.

При этих температурах обеспечиваются целесообразные сроки службы электрооборудования ¹⁵ГОСТ предусматривает разделение электрических свойств.

Металлы с высокой электропроводностью (медь, алюминий) используются в электромашиностроении, для устройства линий электропередачи, а сплавы с высоким электросопротивлением – для ламп накаливания электронагревательных приборов.

Тепловые свойства диэлектриков: нагревостойкость, холодостойкость, теплопроводность, тепловое расширение.

Нагревостойкость – способность электроизоляционных материалов и изделий без вреда для них некоторое время выдерживать воздействие высоких температур. Нагревостойкость неорганических диэлектриков определяется по началу существенного изменения электрических свойств. А нагревостойкость органических диэлектриков – по началу механических деформаций растяжения или изгиба, погружению иглы в материал под давлением при нагреве, по электрическим характеристикам.

Тепловое старение изоляции – ухудшение качества изоляции, определяемое при длительном воздействии повышенной температуры.

На скорость старения влияет температура, при которой работает изоляция электрических машин и других электроизоляционных конструкций.

Влияние на скорость старения также оказывают изменение давления воздуха или концентрация кислорода, присутствие озона, химических реагентов, замедляющих или ускоряющих старение. Тепловое старение ускоряется от освещения ультрафиолетовыми лучами, от воздействия электрического поля, механических нагрузок.

ГОСТ предусматривает разделение электроизоляционных материалов для электрических машин, трансформаторов и аппаратов на классы нагревостойкости. При допустимых температурах обеспечиваются целесообразные сроки службы электрооборудования.

Класс Y: волокнистые материалы на основе целлюлозы и шелка, не пропитанные и не погруженные в жидкий электроизоляционный слой.

Класс A: органические волокнистые материалы, работающие пропитанными лаками и погруженные в жидкий электроизоляционный материал, т. е. защищены от воздействия кислорода воздуха.

Класс E: пластические массы с органическим наполнителем и термореактивным связующим типа фенолофор-мальдегидных и подобных им смол, изоляция эмалированных проводов на полиуретановых и эпоксидных лаках. К классам Y, A, E относятся чисто органические электроизоляционные материалы.

Электрическая прочность определяется пробивным напряжением, отнесенным к току диэлектрика в месте пробоя.

Пробой жидких диэлектриков происходит в результате ионизационных тепловых процессов.

Главный фактор пробоя – наличие посторонних примесей.

Наличие примесей вызывает затруднения для создания теории пробоя этих веществ. Поэтому представления теории электрического пробоя применяют к жидкостям, максимально очищенным от примесей.

При высоких значениях напряженности электрического поля может происходить вырывание электронов из металла электродов и разрушение молекул самой жидкости за счет ударов заряженными частицами. При этом большая электрическая прочность жидких диэлектриков по сравнению с газообразными объясняется значительно меньшей длиной свободного пробега электронов.

Пробой жидкостей, содержащих газовые включения, объясняется местным перегревом жидкости (за счет энергии, выделяющейся в сравнительно легко ионизирующихся пузырьках газа), который приводит к образованию газового канала между электродами.

Наличие воды в жидком диэлектрике снижает его электрическую прочность. Вода при нормальной температуре содержится в диэлектрике в виде мельчайших капелек. Под влиянием электрического поля капельки поляризуются и создают между электродами цепочки с повышенной проводимостью, по которым происходит электрический пробой.

Наблюдается своеобразная зависимость электрической прочности жидкого диэлектрика, содержащего воду от температуры. При повышении температуры вода переходит в состояние молекулярного раствора, в котором она слабо влияет на величину электрической прочности. Электрическая прочность жидкого диэлектрика возрастает до некоторого максимума. Дальнейшее снижение электрической прочности объясняется явлениями кипения жидкости.

Увеличение электрической прочности трансформаторного масла при низких температурах связывают с увеличением вязкости масла и меньшими значениями диэлектрической проницаемости льда по сравнению с водой.

Твердые включения (сажа, волокна) искажают электрическое поле внутри жидкости и также приводят к снижению электрической прочности диэлектрических жидкостей.

Очистка жидких диэлектриков от примесей заметно повышает электрическую прочность. Так, например, неочищенное трансформаторное масло имеет электрическую прочность примерно 4 МВ/м; после тщательной очистки она повышается до 20–25 МВ/м.

На пробой жидких диэлектриков, как и газов, оказывает влияние форма электродов: с увеличением степени неоднородности электрического поля пробивное напряжение при одинаковых расстояниях снижается. В неоднородных электрических полях, так же как и в газах, может быть неполный пробой – корона. Длительная корона в жидких диэлектриках недопустима, т. к. она вызывает разложение жидкости.

Частота тока влияет на электрическую прочность.

16. Теплоемкость и теплопроводность металлов и сплавов.

Теплоемкость – это способность вещества поглощать теплоту при нагреве. Ее характеристикой является удельная теплоемкость – количество энергии, поглощаемой единицей массы при нагреве на один градус. От величины теплопроводности зависит возможность появления трещин в металле. Если теплопроводность низкая, то риск возникновения трещин увеличивается.

Так, легированные стали имеют теплопроводность, которая в пять раз меньше, чем теплопроводность меди и алюминия. Размер теплоемкости влияет на уровень расходуемого топлива на нагрев заготовки до определенной температуры.

У металлических сплавов удельная теплоемкость находится в пределах 100-2000 Дж/(кг*К). У большинства металлов теплоемкость составляет 300–400 Дж/(кг*К). Теплоемкость металлических материалов растет с повышением температуры. Полимерные материалы, как правило, имеют удельную теплоемкость 1000 Дж/(кг*К) и более.

Электрические свойства материалов характеризуются наличием носителей зарядов электронов или ионов и свободой их передвижения под действием электрического поля.

Высокие энергии ковалентной и ионной связи сообщают материалам с этими типами связи свойства диэлектрика. Их слабая электрическая проводимость обусловлена влиянием примесей, причем под влиянием влаги, образующей с примесями проводящие растворы, электропроводность таких материалов возрастает.

Материалы с разными типами связи имеют различные температурные коэффициенты электросопротивления: у металлов он положителен, у материалов с ковалентным и ионным типом связи – отрицателен. При нагреве металлов концентрация носителей зарядов – электронов не увеличивается, а сопротивление их движению возрастает из-за увеличения амплитуд колебаний атомов. В материалах с ковалентной или ионной связью при нагреве концентрация носителей зарядов повышается настолько, что нейтрализуется влияние помех от увеличения колебаний атомов. Происходит перенос тепловой энергии в твердых телах, жидкостях и газах при макроскопической неподвижности частиц. Перенос теплоты происходит от более горячих частиц к холодным и подчиняется закону Фурье.

Теплопроводность зависит от типа межатомной связи, температуры, химического состава и структуры материала. Теплота в твердых телах переносится электронами и фононами. Механизм передачи теплоты, в первую очередь, определяется типом связи: в металлах теплоту переносят электроны; в материалах с ковалентным или ионным типом связи – фононы. Самым теплопроводным является алмаз. В полупроводниках при весьма незначительной концентрации носителей заряда теплопроводность осуществляется в основном фононами. Чем совершеннее кристаллы, тем выше их теплопроводность. Монокристаллы лучше проводят теплоту, чем поликристаллы, так как границы зерен и другие дефекты кристаллической структуры рассеивают фононы и увеличивают электросопротивление. Кристаллическая решетка создает периодическое энергетическое пространство, в котором передача теплоты электронами или фононами облегчена по сравнению с аморфным материалом. Чем совершеннее кристалл, тем выше его теплопроводность. Чем больше размеры зерен, тем выше теплопроводность. Легирование вносит искажение в кристаллические решетки твердых растворов и понижает теплопроводность по сравнению с чистым металлом – основой сплава. Структурные составляющие, представляющие дисперсные смеси нескольких фаз (эвтектики, эвтектоиды), снижают теплопроводность. Структуры с равномерным распределением частиц фаз имеют меньшую теплопроводность, чем основа сплава. Предельным видом подобной структуры является пористый материал. По сравнению с твердыми телами газы являются теплоизоляторами. Графит имеет высокую теплопроводность. При передаче теплоты параллельно слоям атомов углерода базисной плоскости теплопроводность графита превышает теплопроводность меди более чем в 2 раза.

Разветвленные пластины графита в сером чугуна имеют структуру монокристалла, и поэтому он имеет высокую теплопроводность. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом при той же объемной доле графита имеет теплопроводность 25...40 Вт/м*К, что почти вдвое меньше по сравнению с серым чугуном.

При нагреве теплопроводности сталей разных классов сближаются. Стекло имеет низкую теплопроводность. Полимерные материалы плохо проводят теплоту, теплопроводность большинства термопластов не превышает 1,5 Вт/(м*К).

Теплопроводность может меняться также, как и электропроводность в случае, если электронная теплопроводность металла составляет 1 е. Тогда любые изменения, происходящие в химическом и фазовом составе и структуре сплава влияют на теплопроводность также, как и на электропроводность (по правилу Видемана-Франца).

При отдалении состава сплава от чистых компонентов происходит понижение теплопроводности. Исключение составляют, например, медно-никелевые сплавы, в которых происходят обратные явления.

17. Дилатометрия. Магнитные свойства металлов и сплавов. Методы определения.

Дилатометрия – раздел физики; основная задача: изучение влияния внешних условий (температуры, давления, электрического, магнитного полей, ионизирующих излучений) на размеры тел. Главный предмет изучения: тепловое расширение тел и возникающие при этом аномалии.

Дилатометрический метод. При нагреве металлов и сплавов происходит изменение объема и линейных размеров тела – тепловое расширение. Если эти изменения обусловлены только увеличением энергии колебаний атомов вследствие повышения температуры, то при возвращении температуры к прежнему уровню восстанавливаются и исходные размеры тела. Если же в теле при нагреве (или охлаждении) происходят фазовые превращения, то изменения размеров могут быть необратимыми. Изменения размеров тел, связанные с нагревом и охлаждением, изучают на специальных приборах – дилатометрах.

Дилатометрический метод – это метод, при помощи которого определяются критические точки металлов и сплавов, изучаются процессы распада твердых растворов, а также устанавливаются температурные интервалы существования упрочняющих фаз. Достоинство этих приборов – высокая чувствительность и независимость показаний от скорости изменения температуры.

Высокую чувствительность электрических методов измерения широко используют при исследовании фазовых превращений, дефектов тонкой структуры и других явлений, происходящих в металлах и сплавах, которые невозможно изучать другими методами исследования. Электрическое сопротивление измеряют с помощью различных мостовых схем, а также компенсационными методами. Различные способы магнитного анализа используют при исследовании процессов, связанных с переходом из парамагнитного состояния в ферромагнитное (или наоборот), причем возможна количественная оценка этих процессов. Магнитный анализ широко применяют при решении задач практического металловедения, например, таких, как исследование влияния на структуру режимов термической обработки, деформации, легирования. Возможно использование магнитного анализа и для решения некоторых более сложных задач физического металловедения.

Метод внутреннего трения основан на изучении необратимых потерь энергии механических колебаний внутри твердого тела. Используя этот метод, можно рассчитать коэффициенты диффузии с высокой точностью, в том числе и при низких температурах, где никакой другой метод неприменим; определять изменение концентрации твердых растворов; распределение примесей; получить информацию о фазовых и полиморфных превращениях и изменениях дислокационной структуры.

Магнитотвердые стали и сплавы применяют для изготовления постоянных магнитов. Для постоянных магнитов применяют высокоуглеродистые стали с 1 % С, легированные хромом (3 %) ЕХЗ, а также одновременно хромом и кобальтом, ЕХ5К5, ЕХ9К15М2. Легирующие элементы повышают коэрцитивную и магнитную энергию.

В промышленности широкое применение получили сплавы типа алнико. Сплавы твердые, хрупкие и не поддаются деформации, поэтому магниты из них изготавливают литьем, затем проводят шлифование.

Материалы делятся на диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики в зависимости от того, какова степень их магнитной восприимчивости и каков их знак.

Диамагнетики имеют отрицательную магнитную восприимчивость. Их намагничивание направлено противоположно приложенному магнитному полю. Это приводит к ослаблению данного поля. Диамагнетиками являются полупроводники (Si, Ge), диэлектрики (полимеры), некоторые непереходные металлы (Be, Cu, Ag, Pb).

Парамагнетики обладают низкой намагниченностью, которая возникает под воздействием внешнего поля. Парамагнетиками являются К, Na, Al и переходные металлы Mo, W, Cr. Парамагнетики отличаются высокой магнитной восприимчивостью. К ним относятся: железо, кобальт, никель и гадолиний. Характеристики: остаточная индукция B_r , коэрцитивная сила H_c и магнитная проницаемость $\mu = B/H$.

Остаточная индукция – магнитная индукция, которая остается в образце в результате его намагничивания и дальнейшего размагничивания.

Коэрцитивная сила – напряженность магнитного поля обратного знака, прилагаемая к образцу с целью его размагничивания.

Магнитная проницаемость является основной характеристикой интенсивности намагничивания. Определив тангенс угла наклона к первичной кривой намагничивания $B = f(H)$, можно высчитать магнитную проницаемость. Сплав ЮНДК15 содержит 18–19 % Ni, 8.5–9.5 % Al, 14–15 % Co, 3–4% Cu.

Магнитомягкие стали (электротехническая сталь) (1212, 1311, 1511, 2011, 2013, 2211, 2312, 2412, 3415, 3416, 79НМ, 81НМА) применяются для изготовления магнитопроводов постоянного и переменного тока. Они предназначены для изготовления якостей и полюсов машин постоянного тока, роторов и статоров асинхронных двигателей и др.

Парамагнитные стали (17Х18Н9, 12Х18Н10Т, 55Г9Н9ХЗ, 40Г14Н9Ф2, 40Х14Н9ХЗЮФ2 и др.) требуются в электротехнике, приборостроении, судостроении и специальной технике. Недостатком сталей – низкий предел текучести (150–350 МПа), что затрудняет их использование для высоко нагруженных деталей машин.

18. Значение механических и физических свойств при эксплуатации изделий. Свойства, как показатели качества материала.

Свойства металлов делятся на физические, химические, механические и технологические. К физическим свойствам относятся: цвет, удельный вес, плавкость, электропроводность, магнитные свойства, теплопроводность, теплоемкость, расширяемость при нагревании. К химическим – окисляемость, растворимость и коррозионная стойкость. К механическим – прочность, твердость, упругость, вязкость, пластичность.

К технологическим – прокаливаемость, жидкотекучесть, ковкость, свариваемость, обрабатываемость резанием.

Прочностью металла называется его способность сопротивляться действию внешних сил, не разрушаясь. Твердостью называется способность тела противостоять проникновению в него другого, более твердого тела. Упругость – свойство металла восстанавливать свою форму после прекращения действия внешних сил, вызвавших изменение формы (деформацию). Вязкостью называется способность металла оказывать сопротивление быстро возрастающим (ударным) внешним силам. Вязкость – свойство обратное хрупкости.

Пластичностью называется свойство металла деформироваться без разрушения под действием внешних сил и сохранять новую форму после прекращения действия сил. Пластичность – свойство обратное упругости.

Современными методами испытания металлов являются механические испытания, химический анализ, спектральный анализ, металлографический и рентгенографический анализы, технологические пробы, дефектоскопия. Эти испытания дают возможность получить представление о природе металлов, их строении, составе и свойствах, а также определить доброкачественность готовых изделий.

Механические испытания имеют важнейшее значение в промышленности.

Детали машин, механизмов и сооружений работают под нагрузками. Нагрузки на детали бывают различных видов: одни детали нагружены постоянно действующей в одном направлении силой, другие подвержены ударам, у третьих силы более или менее часто изменяются по своей величине и направлению.

Некоторые детали машин подвергаются нагрузкам при повышенных температурах, при действии коррозии; такие детали работают в сложных условиях.

В соответствии с этим разработаны различные методы испытаний металлов, с помощью которых определяют механические свойства. Наиболее распространенными испытаниями являются статическое растяжение, динамические испытания и испытания на твердость.

Статическими называются такие испытания, при которых испытуемый металл подвергают воздействию постоянной силы или силы, возрастающей весьма медленно.

Динамическими называют такие испытания, при которых испытуемый металл подвергают воздействию удара или силы, возрастающих весьма быстро.

Кроме того, в ряде случаев производятся испытания на усталость, ползучесть и износ, которые дают более полное представление о свойствах металлов.

Механические свойства – это достаточная прочность. Металлы обладают более высокой прочностью по сравнению с другими материалами, поэтому нагруженные детали машин, механизмов и сооружений обычно изготавливаются из металлов.

Для изготовления рессор и пружин применяются специальные стали и сплавы, обладающие высокой упругостью.

Пластичность металлов дает возможность производить их обработку давлением (ковать, прокатывать).

Физические свойства. В авиа-, авто- и вагоностроении вес деталей часто является важнейшей характеристикой, поэтому сплавы алюминия и магния являются здесь особенно полезными.

Удельная прочность для некоторых алюминиевых сплавов выше, чем для мягкой стали. Плавкость используется для получения отливок путем заливки расплавленного металла в формы. Легкоплавкие металлы (свинец) применяются в качестве закалочной среды для стали. Некоторые сложные сплавы имеют низкую температуру плавления, что расплавляются в горячей воде. Такие сплавы применяются для отливки типографских матриц, в приборах, служащих для предохранения от пожаров.

Металлы с высокой электропроводностью используются в электромашиностроении, для устройства линий электропередачи, а сплавы с высоким электросопротивлением для ламп накаливания электронагревательных приборов.

Магнитные свойства металлов играют первостепенную роль в электромашиностроении (электродвигатели, трансформаторы), в электроприборостроении (телефонные и телеграфные аппараты).

Теплопроводность металлов дает возможность производить их равномерный нагрев для обработки давлением, термической обработки; она обеспечивает возможность пайки металлов, их сварки.

Химические свойства. Коррозионная стойкость особенно важна для изделий, работающих в сильно окисленных средах (колосниковые решетки, детали машин химической промышленности). Для достижения высокой коррозионной стойкости производят специальные нержавеющие, кислотостойкие и жаропрочные стали, а также применяют защитные покрытия для изделий.

19. Зависимость механических и физических свойств от состава в системах различного типа.

Свойство – это количественная или качественная характеристика материала, определяющая его общность или различие с другими материалами.

Выделяют три основные группы свойств: эксплуатационные, технологические и стоимостные, которые лежат в основе выбора материала, определяют техническую и экономическую целесообразность его применения.

Первостепенное значение имеют эксплуатационные свойства. Работоспособность многих деталей машин и изделий обеспечивает уровень механических свойств.

Механические свойства характеризуют поведение материала под действием внешней нагрузки. Так как условия нагружения деталей машин чрезвычайно разнообразны, то механические свойства включают большую группу показателей.

Работоспособность отдельной группы деталей машин зависит не только от механических свойств, но и от сопротивления воздействию химически активной рабочей среды. Если такое воздействие становится значительным, то определяющим становятся физико-химические свойства материала – жаростойкость и коррозионная стойкость.

Механические свойства характеризуют сопротивление материала деформации, разрушению или особенность его поведения в процессе разрушения. Эта группа свойств включает показатели прочности, жесткости (упругости), пластичности, твердости и вязкости. Основную группу таких показателей составляют стандартные характеристики механических свойств, которые определяют в лабораторных условиях на образцах стандартных размеров. Полученные при таких испытаниях показатели механических свойств оценивают поведение материалов под внешней нагрузкой без учета конструкции детали и условий их эксплуатации. Кроме того, дополнительно определяют показатели конструкционной прочности, которые находятся в наибольшей корреляции со служебными свойствами конкретного изделия и оценивают работоспособность материала в условиях эксплуатации.

Механические свойства материалов характеризуют возможность их использования в изделиях, эксплуатируемых при воздействии механических нагрузок. Основными показателями таких свойств служат параметры прочности, твердость и триботехнические характеристики. Они не являются «чистыми» константами материалов, но существенно зависят от формы, размеров и состояния поверхности образцов, а также режимов испытаний, прежде всего скорости нагружения, температуры, воздействия сред и других факторов. Высокая твердость металла важна при изготовлении режущих изделий. Чаще всего для такого рода изделий используют инструментальные стали.

Прочность – свойство материалов сопротивляться разрушению, а также необратимому изменению формы под действием внешних нагрузок. Она обусловлена силами взаимодействия атомных частиц, составляющих материал. Сила взаимодействия двух соседних атомов зависит от расстояния между ними, если пренебречь влиянием окружающих атомов. Деформирование – изменение относительного расположения частиц в материале. Наиболее простые его виды: растяжение, сжатие, изгиб, кручение, сдвиг. Деформация – изменение формы и размеров образца или его частей в результате деформирования.

Предел пропорциональности – напряжение, при котором отступление от линейной зависимости между напряжениями и деформациями достигает некоторого значения, установленного техническими условиями.

Важными физическими свойствами материалов, которые учитываются при использовании материалов, являются плотность, теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение, электропроводность. Особые магнитные свойства железа, никеля, кобальта и их сплавов, а также ферритов, выделили их в группы материалов исключительной ценности – ферро-Физические свойства определяются типом межатомной связи и химическим составом материалов, температурой и давлением. Для большинства процессов обработки материалов давления не превышают 500 МПа. Такие давления практически не влияют на значения физических свойств. Различают зависимые и независимые от структуры материала физические свойства. Значения последних определяются только химическим составом материала. Физическими свойствами металлов – цвет, плотность, температура плавления, тепло- и электропроводность, способность намагничиваться и т. д. Медь, например, металл красного, а в изломе розового цвета; алюминий серебристо-белого цвета; свинец имеет светло-серый цвет. Важная характеристика физических свойств – электропроводность. Наибольшей (после серебра) электропроводностью обладает медь. Алюминий обладает низкой плотностью, поэтому детали из алюминия и сплавов на его основе широко применяют в автомобиле, тракторостроении. Медь и алюминий, обладающие высокой электропроводностью, используют для изготовления проводников (обмотки трансформаторов, линии электропередачи). Вес изделия или детали также играет важное значение и выступает в качестве 20. Выбор характеристик определенного назначения на основе анализа диаграмм состояния.

Чистые металлы используют в электрорадиотехнике (проводниковые, электровакуумные). Основными.

Конструкционными материалами являются металлические сплавы. Сплавом называют вещество, полученное сплавлением двух или более элементов (компонентов). Сплав, приготовленный преимущественно из металлических элементов и обладающий металлическими

свойствами, называется металлическим сплавом. Псевдосплавы – сплавы, созданные путем спекания, возгонки, электролиза.

Металлические сплавы можно получать методом порошковой металлургии, диффузией и другими методами. Преимущественное использование в технике металлических сплавов объясняется тем, что они обладают более ценными, чем чистые металлы, комплексами механических, физических и технологических свойств. К основным понятиям в теории сплавов относятся: система, компонент, фаза, вариантность.

Система – группа тел, выделяемых для наблюдений и изучения. В металловедении системами являются металлы и металлические сплавы. Чистый металл является простой системой. Сплавы состоят из двух или большего числа компонентов и являются сложными системами.

Компонентами называют вещества, образующие систему, взятые в меньшем числе. В металлических сплавах компонентами могут быть элементы (металлы и неметаллы) и химические соединения.

Фазой называется однородная часть системы, отделенная от другой части системы (фазы) поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура изменяются скачком. Например, при кристаллизации чистого металла в системе имеются две фазы: жидкая (расплавленный металл) и твердая (зерна затвердевшего металла). В твердых сплавах фазами могут быть зерна чистого металла, зерна твердого раствора и зерна химического соединения.

Вариантность – число внутренних и внешних факторов, изменение которых можно производить при постоянном количестве фаз в системе.

Все металлы в жидком состоянии растворяются один в другом в любых соотношениях. В результате растворения образуется однородный жидкий раствор с равномерным распределением атомов одного металла среди атомов другого металла. Благодаря указанному взаимодействию на практике с целью равномерного распределения веществ в сплаве, как правило, прибегают к их расплавлению. Только лишь очень немногие металлы, главным образом сильно различающиеся размерами атомов, не растворяются в жидком состоянии. Также немногие металлы растворяются в жидком состоянии ограниченно. При образовании сплавов в процессе их затвердевания возможно различное взаимодействие компонентов. Если в процессе кристаллизации сила взаимодействия между однородными атомами окажется больше силы взаимодействия между разнородными атомами, то после кристаллизации образуется механическая смесь, состоящая из зерен чистых металлов. В этом случае в твердом сплаве будут присутствовать зерна одного чистого металла и рядом с ними зерна другого чистого металла. Такая форма взаимодействия возникает при большом различии в свойствах входящих в сплав металлов.

Другой формой взаимодействия между веществами, входящими в состав сплава, является образование твердых растворов.

Твердыми растворами называют такие твердые фазы, в которых соотношения между компонентами могут изменяться. В твердом растворе так же, как и в чистых металлах, атомы в пространстве расположены закономерно, образуя кристаллическую решетку. Этим они и отличаются от жидких растворов. В твердом растворе одно из входящих в состав сплава веществ сохраняет присущую ему кристаллическую решетку, а второе вещество, утратив свое кристаллическое строение, в виде отдельных атомов распределяется в кристаллической решетке первого. Первое вещество является растворителем, а второе – растворимым. В зависимости от характера распределения атомов растворимого элемента различают твердые растворы внедрения, замещения и вычитания.

Твердые растворы также делятся в зависимости от степени растворимости компонентов на растворы с ограниченной растворимостью компонентов и с неограниченной растворимостью.

Построение диаграмм состояния осуществляют различными экспериментальными методами. Наиболее часто пользуются методом термического анализа. Экспериментальная сущность этого метода заключается в следующем. Отбирают несколько сплавов данной системы с различным соотношением масс входящих в них компонентов.

Существуют сплавы – механические смеси, которые образуются в случае невозможности растворения компонентов, находящихся в твердом состоянии. Данные компоненты не могут создать

соединения посредством химической реакции. Механические смеси включают элементы, обладающие разными свойствами и строением. В состав сплава включены кристаллы компонентов, которые образуют кристаллические решетки.

Химические соединения – сплавы, которые образуются из разных элементов, содержащих разнородные атомы, между которыми сила взаимодействия значительно выше, чем между однородными атомами.

21. Конструкционные и инструментальные углеродистые стали. Маркировка, применение.

Углеродистые конструкционные стали подразделяются на стали обыкновенного качества и качественные.

Марки сталей обыкновенного качества СтО, Ст1, Ст2,..., Ст6 (с увеличением номера возрастает содержание углерода). Стали обыкновенного качества, особенно кипящие, наиболее дешевые. Из сталей обыкновенного качества изготавливают горячекатаный рядовой прокат: балки, прутки, листы, трубы. Стали применяют в строительстве для сварных и болтовых конструкций. С повышением содержания в стали углерода свариваемость ухудшается. Стали Ст5 и Ст6, имеющие более высокое содержание углерода, применяют для элементов строительных конструкций, не подвергаемых сварке.

Выплавление качественной углеродистой стали производится при соблюдении строгих условий в отношении состава шихты и ведения плавки и разливки. Качественные углеродистые стали маркируют цифрами 08, 10, 15,..., 85, указывающие среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Низкоуглеродистые стали имеют высокую прочность и высокую пластичность. Стали, не обработанные термически, применяются для малонагруженных деталей, ответственных сварных конструкций, для деталей машин, упрочняемых цементацией. Среднеуглеродистые стали (0.3–0.5 % С) 30, 35, ..., 55 применяют после нормализации, улучшения и поверхностной закалки. Эти стали имеют высокую прочность при более низкой пластичности, их применяют для изготовления небольших или крупных деталей, не требующих сквозной прокаливаемости. Стали с высоким содержанием углерода обладают высокой прочностью, износостойкостью. Из этих сталей изготавливают пружины и рессоры, замки, копейники, прокатные валки. **Конструктивная прочность** – это комплекс механических свойств, обеспечивающий длительную и надежную работу материала в условиях его эксплуатации. Конструктивная прочность – это прочность материала конструкции с учетом конструкционных, металлургических, технологических и эксплуатационных факторов.

Учитываются четыре критерия: прочность материала, надежность и долговечность материала в условиях работы данной конструкции. Прочность – способность тела сопротивляться деформациям и разрушению.

Надежность – свойство изделия выполнять заданные функции и сохранять свои эксплуатационные показатели в течение требуемого промежутка времени. Надежность конструкции – это ее способность работать вне расчетной ситуации. Главным показателем надежности является запас вязкости материала, который зависит от состава, температуры, условий нагружения, работы, поглощаемой при распространении трещины.

Сопротивление материала хрупкому разрушению является важнейшей характеристикой, определяющей надежность работы конструкций.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния (невозможности его дальнейшей эксплуатации). Долговечность зависит от условий ее работы (это сопротивление износу при трении и контактная прочность, сопротивление материала поверхностному износу, возникающему при трении качения со скольжением).

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего, измерительного инструмента и штампов холодного и горячего деформирования. Основные свойства для инструмента – износостойкость и теплостойкость. Для износостойкости инструмента необходима высокая поверхностная твердость, а для сохранения формы инструмента сталь должна быть прочной, твердой и вязкой. От теплостойкости стали зависит возможная температура разогрева режущего инструмента. Углеродистые инструментальные стали являются наиболее дешевыми. В основном их

применяют для изготовления малоответственного режущего инструмента и для штампово-инструментальной оснастки регламентированного размера.

Производятся (ГОСТ 1435-74) качественные (У7, У8, У9) и высококачественные – (У7А, У8А, У9А) углеродистые стали. Буква У в марке показывает, что сталь углеродистая, а цифра – среднее содержание углерода в десятых долях процента. Буква А в конце марки показывает, что сталь высококачественная. Углеродистые стали поставляют после отжига на зернистый перлит. За счет невысокой твердости в состоянии поставки (НВ 187–217) углеродистые стали хорошо обрабатываются резанием и деформируются, что позволяет применять накатку, насечку и другие высокопроизводительные методы изготовления инструмента.

Стали марок У7, У8, У9 подвергают полной закалке и отпуску при 275–350 °С на тростит; так как они более вязкие, то их используют для производства деревообделочного, слесарного, кузнечного и прессового инструмента.

Заэвтектоидные стали марок У10, У11, У12 подвергают неполной закалке. Инструмент этих марок обладает повышенной износостойкостью и высокой твердостью.

Заэвтектоидные стали используют для изготовления мерительного инструмента (калибры), режущего (напильники, сверла) и штампов холодной высадки и вытяжки, работающих при невысоких нагрузках.

Недостатком инструментальных углеродистых сталей является потеря прочности при нагреве выше 200 °С (отсутствие теплостойкости). Инструмент из этих сталей применяют для обработки мягких материалов и при небольших скоростях резания или деформирования.

22. Белые, серые, половинчатые, высокопрочные и ковкие чугуны. Формирование микроструктуры, свойства, маркировка и применение.

Чугун – это сплав железа с углеродом. Чугун содержит углерод – 2,14 % и более дешевый материал, чем стали. Он обладает пониженной температурой плавления и хорошими литейными свойствами. Из чугунов можно делать отливки более сложной формы, чем из сталей. Литая структура чугунов содержит концентраторы напряжений, в качестве которых могут быть дефекты: пористость, ликвационная неоднородность, микротрещины.

Белый чугун имеет свое название по виду излома матово-белого цвета. Весь углерод в этом чугуне находится в связанном состоянии в виде цементита. Фазовые превращения протекают согласно диаграмме состояния (Fe – Fe₃C). Белые чугуны в зависимости от содержания углерода бывают: доэвтектическими (перлит + ледебурит); эвтектическими (ледебурит); заэвтектическими (первичный цементит + ледебурит). Эти чугуны имеют большую твердость из-за содержания цементита; они очень хрупкие и для изготовления деталей машин не используются. Отливки из белого чугуна служат для получения деталей из ковкого чугуна с помощью графитизирующего отжига. Отбеленные чугуны-отливки имеют поверхностные слои (12–30 мм) со структурой белого чугуна, а сердцевина – серого чугуна. Высокая твердость поверхности позволяет ей хорошо работать против истирания. Эти свойства отбеленного чугуна применяются для изготовления валков листовых прокатных станов, колес, шаров для мельниц, тормозных колодок и других деталей.

Белые чугуны кристаллизуются по диаграмме состояния системы сплавов железо – цементит. Значительное содержание твердого и хрупкого цементита в составе белых чугунов является причиной того, что эти чугуны трудно поддаются механической обработке. Они применяются для отливки деталей с последующим отжигом на ковкий чугун, а также для отливки прокатных валков и вагонных колес.

Серый чугун (технический) название получил по виду излома, который имеет серый цвет. В структуре серого чугуна имеется графит. Структура чугуна состоит из металлической основы и графита и его свойства зависят от этих двух составляющих. Графит обладает низкими механическими свойствами.

При медленном охлаждении сплавов железо – углерод происходит выделение графита.

В промышленности применяются доэвтектические серые (литейные) чугуны. Серый чугун, который состоит из феррита и графита, называют ферритным, так как металлическую основу его составляет феррит. Весь углерод в виде графита выделяется при очень медленном охлаждении сплава; если скорость охлаждения в процессе кристаллизации (как первичной, так и вторичной)

увеличивается, выделяется не графит, а цементит. Чугун, содержащий до 1,2 % фосфора, применяется для художественного литья, труб.

Маркировка серого чугуна. По ГОСТ чугун в отливках маркируется буквами СЧ с добавлением двух чисел: первое число указывает предел прочности при растяжении ($\sigma_{пч}$) второе – удлинение (σ) в%. Половинчатый чугун состоит из перлита, ледебурита и пластинчатого графита. Сочетает в себе два цвета – серый и белый.

Высокопрочный чугун – это чугун, в котором графит имеет шаровидную форму. Повышение прочности и пластичности чугуна достигается модифицированием, обеспечивающим получение глобулярного (сфероидального) графита вместо пластинчатого. Поверхность графита сфероидальной формы имеет меньшее отношение к объему и определяет наибольшую сплошность металлической основы и прочность чугуна. Такая форма графита получается при присадках в жидкий чугун магния (М) или церия (Се).

Высокопрочный чугун имеет ферритную или перлитную основу. Ферритный чугун имеет повышенную пластичность.

По ГОСТ чугун обозначают числами: первое число указывает предел прочности при растяжении ($\sigma_{пч}$), второе – удлинение (σ) в%. Еще более высокая прочность достигается при модифицировании легированного чугуна.

Высокопрочный чугун применяют вместо стали для изготовления деталей станков, кузнечно-прессового оборудования, работающих в подшипниках при повышенных и высоких давлениях; коленчатых валов, шестерен, муфт и вместо ковкого чугуна для изготовления задних мостов-автомобилей.

Ковкий чугун – чугун с хлопьевидным графитом, условное название мягкого и вязкого чугуна, который получают из белого чугуна специальной термической обработкой; ковке его не подвергают, он обладает высокой пластичностью. Ковкий чугун состоит из сталистой основы и содержит углерод в виде графита. Графит находится в виде включений округленной формы, расположенных изолированно друг от друга и металлическая основа менее разобщена, а сплав обладает значительной вязкостью и пластичностью.

Свойства ковкого чугуна зависят от величины графитных включений (чем меньше эти включения, тем прочнее чугун), но они определяются структурой его металлической основы, которая может быть ферритной, перлитной или смешанной.

В зависимости от состава чугуна и способа термической обработки получают два вида ковкого чугуна: черносердечный и белосердечный. Ковкий чугун более дешевый материал, он обладает хорошими механическими свойствами и применяется в сельскохозяйственном машиностроении, в автомобильной промышленности, вагоностроении, станкостроении.

23. Роль термической обработки в повышении качества конструкционных материалов.

Основные предпосылки для получения необходимого комплекса механических и других свойств у конструкционных сплавов закладываются при их разработке и выплавке.

Реализация же требуемых свойств осуществляется на последующих этапах обработки, преследующих цель придать сплаву не только предусмотренные чертежом форму и размеры, но и рациональное внутреннее строение, под которым следует понимать структурно-фазовый состав и дислокационную структуру, от которых непосредственно зависит комплекс требуемых свойств. Важнейшими этапами обработки сплавов являются термическая обработка и поверхностное упрочнение. Термической обработкой обеспечивается заданный уровень свойств во всем объеме детали, а поверхностным упрочнением – только в определенных наиболее нагруженных и сильно изнашиваемых местах на поверхности детали.

Основные правила термической обработки были разработаны Д.К. Черновым и дополнены А.А. Бочваровым, Г.В. Курдюмовым, А.П. Гуляевым.

Под термической обработкой понимают комплекс операций нагрева и охлаждения сплава, осуществляемых по определенному режиму с целью изменения его строения и получения заданных свойств. Основу термической обработки составляет изменение структурно-фазового состава и дислокационной структуры сплава, которое может быть достигнуто путем использования таких

ключевых факторов, как наличие в нем аллотропических превращений или зависящей от температуры ограниченной взаимной растворимости компонентов.

Все существующие виды термообработки, имеющие целью существенно изменить фазовую и дислокационную структуру сплавов и получить оптимальный комплекс эксплуатационных свойств, основаны на использовании одного из упомянутых факторов. При их отсутствии термообработкой можно получить лишь весьма ограниченные результаты. Две наиболее распространенные разновидности термической обработки. Одна из них основана на использовании специфики превращений в сплавах, обусловленной наличием в них аллотропических превращений, а другая базируется на переменной растворимости компонентов друг в друге при нагреве и охлаждении.

В обоих случаях фундаментальной основой технологии термической обработки, гарантирующей получение ожидаемых результатов, является ее режим. Он включает в себя следующие элементы: температуру нагрева, скорость нагрева до заданной температуры, время выдержки при этой температуре и скорость охлаждения.

Термическая обработка бывает предварительной и окончательной. Предварительная термическая обработка используется в тех случаях, когда материал необходимо подготовить к дальнейшим технологическим воздействиям – давлению, резанию и т. д. Окончательная термическая обработка применяется для подготовки свойств готового материала.

Конкретные величины, характеризующие каждый из элементов режима термообработки, зависят от химического состава обрабатываемого сплава, размера детали и целевого назначения выполняемого вида термообработки. Варьируя эти величины, можно существенно изменять фазовую и дислокационную структуры сплава и придавать ему заданные свойства.

От температуры нагрева зависят характер происходящих в сплаве превращений и сама возможность получения после термообработки требуемой структуры. Она выбирается в зависимости от химического состава сплава и цели производимой термообработки.

Скорость нагрева выбирается таким образом, чтобы обеспечить минимальные потери времени на нагрев, и в то же время ее величина должна исключить возникновение в обрабатываемой детали опасных термических напряжений, могущих привести к короблению и растрескиванию детали, что наблюдается при слишком быстром нагреве.

Скорость нагрева зависит от теплопроводности обрабатываемого сплава, которая, в свою очередь, определяется его химическим составом. С усложнением состава теплопроводность ухудшается. Поэтому нагрев неблагоприятных по составу сплавов до определенных температур осуществляется очень медленно, а затем ускоренно.

Время выдержки детали по достижении заданной температуры должно быть достаточным для ее прогрева от поверхности до сердцевины в наибольшем сечении, а также для полного завершения в сплаве тех, имеющих диффузионный характер структурно-фазовых превращений, которые должны происходить в нем при заданной температуре.

Скорость охлаждения при термической обработке является очень важным элементом режима, от которого зависят особенности приобретаемой сплавом фазовой и дислокационной структуры. Она должна быть достаточной для протекания в сплаве необходимых превращений, но не слишком большой во избежание опасных термических и фазовых напряжений, могущих вызвать растрескивание или деформацию (коробление) детали.

Термическая обработка применяется для улучшения конструкционных материалов, в частности стали. Время проведения термической обработки напрямую зависит от размеров обрабатываемых материалов и деталей.

24. Применение термообработки в технологии производства заготовок и изделий из конструкционных материалов.

Наиболее характерным и хорошо изученным процессом является термическая обработка стали. Данный процесс базируется на наличии в ней аллотропических превращений, которые происходят при нагреве и охлаждении в области определенных критических температур. Управляемые структурно-фазовые процессы в стали, которые обеспечивают получение требуемой фазовой и дислокационной структуры, происходят вследствие наличия аллотропии.

Конструктивная прочность – это определенный комплекс механических свойств, обеспечивающий длительную и надежную работу материала в условиях его эксплуатации. Конструктивная прочность – это прочность материала конструкции с учетом конструкционных, металлургических, технологических и эксплуатационных факторов, т. е. это комплексное понятие. Считается, что как минимум нужно учитывать четыре критерия: жесткость конструкции, прочность материала, надежность и долговечность материала в условиях работы данной конструкции. Для многих силовых элементов конструкций – шпангоутов, стрингеров, плоских пластинок, цилиндрических оболочек и т. п. – условием, определяющим их работоспособность, является местная или общая жесткость (устойчивость), определяемая их конструктивной формой, схемой напряженного состояния и т. д., а также и свойствами материала. Показателем жесткости материала является модуль продольной упругости E (модуль жесткости) – структурно нечувствительная характеристика, зависящая только от природы материала. Среди главных конструкционных материалов наиболее высокое значение модуля E имеет сталь, наиболее низкое – магниевые сплавы и стеклопластики. Однако оценка этих материалов существенно изменяется при учете их плотности и использовании критериев удельной жесткости и устойчивости.

При оценке по этим критериям, выбираемым в соответствии с формой и напряженным состоянием, во многих случаях наиболее выгодным материалом являются магниевые сплавы и стеклопластики, наименее выгодным – углеродистые и легированные стали.

Прочность – способность тела сопротивляться деформациям и разрушению. Большинство технических характеристик прочности определяют в результате статического испытания на растяжение.

Эти характеристики зависят от структуры и термической обработки.

Оценивая реальную прочность конструкционного материала, следует учитывать характеристики пластичности, вязкость материала, т. к. эти показатели в основном определяют возможность хрупкого разрушения.

Это относится и к высокопрочным материалам, которые, обладая высокой прочностью, склонны к хрупкому разрушению.

Надежность – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки. Надежность конструкции – это также ее способность работать вне расчетной ситуации, например, выдерживать ударные нагрузки. Главным показателем надежности является запас вязкости материала, который зависит от состава, температуры (порог хладноломкости), условий нагружения, работы, поглощаемой при распространении трещины. Показателем хрупкого разрушения является важнейшей характеристикой, определяющей надежность работы конструкций.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния (невозможности его дальнейшей эксплуатации).

Долговечность конструкции зависит от условий ее работы. Прежде всего, это сопротивление износу при трении и контактная прочность (сопротивление материала поверхностному износу, возникающему при трении качения со скольжением). Кроме того, долговечность изделия зависит от предела выносливости, зависящего, в свою очередь, от состояния поверхности и коррозионной стойкости материала.

При термообработке материалов используется специальное оборудование: электропечи, газопламенные и элеваторные печи, закалочные баки, соляные ванны и т. д.

Основные виды термической обработки: объемная, поверхностная, местная закалки; нормализованный, гомогенизирующий, рекристаллизационный отжиг, химико-термическая обработка и обработка лазерным нагревом; закалка электроимпульсным полем; термообработка при применении пластической деформации, а также обработка холодом.

Конструкционные стали – это стали, которые используются в производстве различных деталей машин и любых конструкций. Те стали, которые используются при возведении сооружений

или конструкций, называют строительными. К конструкционным сталям можно отнести и легированные, и углеродистые стали.

В машиностроении широкое распространение получили конструкционные легированные стали ГОСТ 4543-71, которые бывают: хромистыми, марганцовистыми, хромокремнистыми, хромокремне-марганцевыми, хромоникелевыми и т. д. В зависимости от технических характеристик данные стали делятся на цементируемые стали, стали для азотирования, улучшаемые стали при помощи термической обработки, воздушнозакаливающиеся стали и т. д.

25. Отжиг 1-го рода. Неравновесная кристаллизация.

Этот вид термической обработки возможен для любых металлов и сплавов. Его проведение не обусловлено фазовыми превращениями в твердом состоянии. Нагрев при отжиге 1 рода, повышая подвижность атомов, частично или полностью устраняет химическую неоднородность, уменьшает внутренние напряжения, т. е. способствует получению более равновесного состояния. Основное значение при проведения такого отжига имеют температура нагрева и время выдержки при этой температуре, так как именно эти параметры определяют скорость процессов, устраняющих отклонения от равновесного состояния. Скорость нагрева и охлаждения для отжига 1 рода имеет второстепенное значение.

Различают следующие разновидности отжига 1 рода: диффузионный отжиг (гомогенизирующий) используют для устранения химической неоднородности, возникающей при кристаллизации сплава (дендритной ликвации).

Выравнивание химического состава происходит благодаря диффузионным процессам, скорость которых зависит от температуры.

Рекристаллизационный отжиг применяют после холодной пластической деформации (холодной обработки давлением) для снятия наклепа и получения равновесного состояния сплава. В результате рекристаллизации в деформированном металле образуются новые зерна, снимаются напряжения, и восстанавливается пластичность металла.

Отжиг для снятия напряжений, возникающих при ковке, сварке, литье, которые могут вызвать коробление, т. е. изменение формы, размеров и даже разрушение изделий.

Неравновесная кристаллизация. Процесс диффузии протекает медленно, поэтому в реальных условиях охлаждения состав в пределах каждого кристалла и разных кристаллов не успевает выравниваться и будет неодинаковым.

Если в процессе охлаждения возможен распад твердого раствора, то диаграмма состояния показывает начало этого процесса при самом медленном охлаждении.

С увеличением скорости охлаждения температура начала выделения избыточной фазы снижается, количество выделившейся фазы уменьшается, и при определении большей скорости охлаждения твердый раствор без выделений полностью переохлаждается до комнатной температуры.

Регулируя скорость охлаждения, можно добиться разной степени распада вплоть до полного его подавления.

Такие пересыщенные растворы неустойчивы.

Если тепловая подвижность атомов переохлажденного раствора недостаточна, то состояние пересыщения может сохраняться неопределенно долгое время.

В противном случае с течением времени будет происходить постепенный распад пересыщенного раствора с выделением избыточной фазы. Этот процесс будет ускоряться при повышении температуры.

Вторичные фазы, которые образуются при высокой температуре, при медленном охлаждении твердого раствора или высоком вторичном нагреве закаленного (пересыщенного) твердого раствора не только крупнее по размерам, но ориентационно не связаны с маточной фазой. Слой атомов, относящийся к старой фазе, граничит со слоем атомов, которые принадлежат решетке новой фазы.

Для случая выделения при низкой температуре новая в-фаза определенным образом ориентирована относительно исходной, так что пограничный слой атомов в равной степени принадлежит обоим решеткам.

Подобное сочленение кристаллических решеток называется когерентным. На границе раздела при когерентной связи возникают и сохраняются напряжения тем большие, чем больше отличие в строении (в плоскости раздела) сопряженных решеток.

Если, температуру сплава повышать, то вследствие увеличения тепловой подвижности атомов и наличия напряжений на границах раздела фаз когерентная связь разрывается (явление срыва когерентности), метастабильные фазы переходят в устойчивую α -фазу, пластинчатые кристаллики α -фазы растут, стремясь принять округлую форму. Когда эти процессы пройдут полностью, структура и фазовый состав станут такими же, как и в случае медленного охлаждения. Процесс формирования быстрого охлаждения неустойчивого состояния носит название закалки, а последующий процесс постепенного приближения к равновесному состоянию (путем нагрева или длительной выдержки) называется отпуском и старением. Столь разнообразное изменение структуры, достигаемое разной степенью приближения сплава к равновесному состоянию, приводит к разнообразному изменению свойств, чем и обусловлено широкое применение термической обработки, в основе которой заложены процессы неравновесного превращения. Сплавы, состоящие из двух или более элементов периодической системы. Получают их с помощью спекания или сплавлением. Компонент – вещество, образующее пространственно ограниченную и отличную от других часть системы, имеющая свою кристаллическую решетку и свои свойства. Гомогенные вещества имеют одну фазу, а гетерогенные – несколько фаз.

Структура – строение металла, в котором можно различать отдельные фазы, их форму, размеры и взаимное расположение. Структура влияет на свойства.

Равновесное состояние – когда в сплаве все фазы, присущие этой системе оформлены. Это состояние обеспечивается при медленном охлаждении, можно различать размеры и формы фаз. Неравновесное состояние – процесс образования и обособления фаз не закончился, образуется при быстром охлаждении.

26. Гомогенизационный отжиг, изменение структуры и свойств при гомогенизационном отжиге. Закалка с полиморфным превращением. Закалка без полиморфного превращения.

Отжиг – операции нагрева и медленного охлаждения стали с целью выравнивания химического состава, получения равновесной структуры, снятия напряжений.

Применяют отжиг для получения равновесной структуры, поэтому при отжиге детали охлаждают медленно. Углеродистые стали – со скоростью 200 °C/ч, легированные стали – 30-100 °C/ч.

Диффузионный (гомогенизирующий) отжиг применяют для устранения ликвации (выравнивание химического состава). В его основе – диффузия. При этом выравнивается состав и растворяются избыточные карбиды. Такой отжиг проводят при высокой температуре с длительной выдержкой. Гомогенизирующему отжигу подвергают легированные стали. Это объясняется тем, что скорость диффузии углерода, растворенного в аустените по способу внедрения, на несколько порядков больше скорости диффузии легирующих элементов, которые растворяются в аустените по способу замещения. Гомогенизация углеродистых сталей происходит практически в процессе их нагрева. Режим гомогенизирующего отжига: нагрев до температуры 1050–1200 °C, время выдержки составляет 8-10 ч. Температура гомогенизации должна быть достаточно высокой, но нельзя допускать пережога и оплавления зерен. При пережоге кислород воздуха соединяется с частицами металла, образуются окисные оболочки, разобщающие зерна. Пережог в металле устранить нельзя. Пережженный металл является окончательным браком. При диффузионном отжиге обычно получается крупное зерно, которое можно выравнивать фазовой перестройкой и измельчением зерна. Сталь в равновесном состоянии содержит перлит и наиболее пластична. Назначение полного отжига – улучшение структуры стали для облегчения последующей обработки резанием, штамповкой или закалкой, получение мелкозернистой равновесной структуры в готовой детали.

Виды (способы) полного отжига: отжиг (обычный и изотермический) на пластинчатый перлит (включения цементита в виде пластинок) и отжиг на зернистый перлит (включения цементита в виде зерен).

При отжиге на пластинчатый перлит охлаждение заготовок производят вместе с печью, чаще всего при частичной подаче топлива, чтобы скорость охлаждения находилась в пределах 10–20 °С в час.

Отжигом достигается измельчение зерна. Крупнозернистая структура получается при затвердевании стали вследствие свободного роста зерен, в результате перегрева стали; такая структура вызывает понижение механических свойств деталей.

Закалка с полиморфным превращением. Закалка без полиморфного превращения.

Закалка – термообработка, при которой сталь приобретает неравновесную структуру, что прежде всего выражается в повышении твердости стали. К закалке относят: термообработку на сорбит, тростит и мартенсит. Степень неравновесности продуктов закалки с увеличением скорости охлаждения повышается и возрастает от сорбита к мартенситу.

Преимуществом истинной закалки является возможность получения из мартенсита за счет последующего отпуска продуктов с комплексами свойств, которые другими видами термообработки получить невозможно.

Истинная закалка получила широкое применение как предварительная обработка перед отпуском.

Важна критическая скорость закалки. От нее зависит прокаливаемость стали, т.е. способность закаливаться на определенную глубину. Критическая скорость закалки зависит от стабильности аустенита, которая определяется количеством растворенных в нем углерода и легирующих элементов. Введением в сталь углерода и легирующих элементов повышается прокаливаемость, которую оценивают с помощью цилиндрических образцов по глубине залегания в них полумартенситного слоя. Полумартенситный слой стали содержит 50 % М и 50 % Т.

Основные параметры при закалке – температура нагрева и скорость охлаждения. Температуру нагрева для сталей определяют по диаграммам состояния, скорость охлаждения – по диаграммам изотермического распада аустенита.

Время нагрева зависит от размеров детали и теплопроводности стали, определяют экспериментально.

Одной из целей легирования конструкционных сталей является уменьшение критической скорости закалки и получение сквозной прокаливаемости изготовленных из них деталей при закалке не только в воде, но и в более мягких охлаждающих средах. От резкости охлаждающей среды зависит уровень термических и фазовых напряжений и вероятность образования трещин в детали. В связи с изложенным при закалке предпочтительны мягкие закалочные среды. При закалке режущего инструмента из высокоуглеродистой стали с целью уменьшения внутренних напряжений применяют охлаждение в двух средах.

У высокоуглеродистых сталей и особенно у сталей с достаточно высоким содержанием легирующих элементов точка М, лежит ниже комнатной температуры, а зачастую и ниже 0 °С. В связи с этим при обычной закалке в них сохраняется много остаточного аустенита. Его наличие снижает твердость закаленной стали и ее теплопроводность, что для режущего инструмента является особенно нежелательным.

Со временем остаточный аустенит претерпевает фазовые превращения, приводящие к изменению размеров изделия. Это крайне недопустимо для мерительного инструмента (скобы, пробки).

27. Изменение микроструктуры и механических свойств металлов при нагреве после горячей и холодной обработки давлением.

Обработка металлов давлением основана на их способности в определенных условиях пластически деформироваться в результате воздействия на деформируемое тело (заготовку) внешних сил.

Если при упругих деформациях деформируемое тело полностью восстанавливает исходные форму и размеры после снятия внешних сил, то при пластических деформациях изменение формы и размеров, вызванное действием внешних сил, сохраняется и после прекращения действия этих сил.

Упругая деформация характеризуется смещением атомов относительно друг друга на величину, меньшую межатомных расстояний, и после снятия внешних сил атомы возвращаются в

исходное положение. При пластических деформациях атомы смещаются относительно друг друга на величины, большие межатомных расстояний, и после снятия внешних сил не возвращаются в свое исходное положение, а занимают новые положения равновесия.

В зависимости от температурно-скоростных условий деформирования различают холодную и горячую деформацию.

Холодная деформация характеризуется изменением формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного течения металла. При холодной деформации формоизменение сопровождается изменением механических и физико-химических свойств металла. Это явление называют упрочнением (наклепом). Изменение механических свойств состоит в том, что при холодной пластической деформации по мере ее увеличения возрастают характеристики прочности, в то время как характеристики пластичности снижаются. Металл становится более твердым, но менее пластичным. Упрочнение возникает вследствие поворота плоскостей скольжения, увеличения искажений кристаллической решетки в процессе холодного деформирования (накопления дислокаций у границ зерен). Изменения, внесенные холодной деформацией в структуру и свойства металла, не обратимы. Они могут быть устранены, например, с помощью термической обработки (отжигом). В этом случае происходит внутренняя перестройка, при которой за счет дополнительной тепловой энергии, увеличивающей подвижность атомов, в твердом металле без фазовых превращений из множества центров растут новые зерна, заменяющие собой вытянутые, деформированные зерна. Так как в равномерном температурном поле скорость роста зерен по всем направлениям одинакова, то новые зерна, появившиеся взамен деформированных, имеют примерно одинаковые размеры по всем направлениям. Явление зарождения и роста новых равноосных зерен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах, называется рекристаллизацией. Для чистых металлов рекристаллизация начинается при абсолютной температуре, равной 0,4 абсолютной температуры плавления металла. Рекристаллизация протекает с определенной скоростью, причем время, требуемое для рекристаллизации, тем меньше, чем выше температура нагрева деформированной заготовки. При температурах ниже температуры начала рекристаллизации, наблюдается явление, называемое возвратом. При возврате (отдыхе) форма и размеры деформированных, вытянутых зерен не изменяются, но частично снимаются остаточные напряжения. Эти напряжения возникают из-за неоднородного нагрева или охлаждения (при литье и обработке давлением), неоднородности распределения деформаций при пластическом деформировании. Остаточные напряжения создают системы взаимно уравнивающих сил и находятся в заготовке, не нагруженной внешними силами. Снятие остаточных напряжений при возврате почти не изменяет механических свойств металла, но влияет на некоторые его физико-химические свойства. Горячей деформацией называют деформацию, характеризующуюся соотношением скоростей деформирования и рекристаллизации, при котором происходит обесценивание упрочнения, происходящего в процессе деформации. При этом структура металла по окончании деформации имеет структуру, не полностью рекристаллизованную, со следами упрочнения, то такая деформация называется неполной горячей деформацией. Неполная горячая деформация приводит к получению неоднородной структуры, снижению механических свойств и пластичности.

При горячей деформации сопротивление деформированию примерно в 10 раз меньше, чем при холодной деформации, а отсутствие упрочнения приводит к тому, что сопротивление деформированию (предел текучести) незначительно изменяется в процессе обработки давлением. Этим обстоятельством объясняется в основном то, что горячую обработку применяют для изготовления крупных деталей, так как при этом требуются меньшие усилия деформирования (менее мощное оборудование).

При горячей деформации пластичность металла выше, чем при холодной деформации.

Влияние холодной деформации на свойства металла можно использовать для получения наилучших эксплуатационных свойств деталей, а управление изменением свойств в требуемом

направлении и на желаемую величину может быть достигнуто выбором рационального сочетания холодной и горячей деформации, а также числа и режимов термических обработок в процессе изготовления детали.

28. Возврат, первичная и собирательная рекристаллизация. Рекристаллизационный отжиг.

Около 10–15 % всей энергии, затраченной на пластическую деформацию, поглощается металлом и накапливается в нем в виде повышенной потенциальной энергии смещенных атомов, напряжений. Деформированный металл находится в неравновесном, неустойчивом состоянии. Переход к более равновесному состоянию связан с уменьшением искажений в кристаллической решетке, снятием напряжений, что определяется возможностью перемещения атомов. При низких температурах подвижность атома мала, а в состоянии наклепа может сохраняться неограниченно долго.

С повышением температуры диффузия атомов увеличивается и в металле начинают развиваться процессы, приводящие его к более равновесному состоянию. Это явление возврата.

Первая стадия возврата – отдых, наблюдается при невысоком нагреве. При отдыхе происходит уменьшение количества вакансий, уменьшение плотности дислокаций, частичное снятие напряжений.

Вторая стадия возврата – полигонизация, деление зерен на части – полигоны (субзерна).

Полигонизация происходит в результате скольжения и переползания дислокаций, вследствие чего дислокации одного знака образуют «стенки», разделяющие зерна на полигоны. В полигонизованном состоянии кристалл обладает меньшей энергией по сравнению с деформированным, и образование полигонов является энергетически выгодным процессом. Температура начала полигонизации не является константой. Скорость полигонизации зависит от природы металла, степени предшествующей деформации, содержания примесей. При возврате заметных изменений в микроструктуре не наблюдается, металл сохраняет волокнистое строение. При этом твердость и прочность несколько понижаются, а пластичность возрастает.

Рекристаллизация. При нагреве до достаточно высоких температур подвижность атомов возрастает и происходит процесс рекристаллизации.

Рекристаллизацией называется процесс образования и роста новых зерен при нагреве наклепанного металла до определенной температуры. Этот процесс протекает в две стадии. Различают рекристаллизацию первичную (обработки) и собирательную.

Рекристаллизация первичная (обработки) заключается в образовании зародышей и росте новых равновесных зерен с неискаженной кристаллической решеткой. Наиболее вероятно, что новые зерна возникают у границ блоков и зерен, пакетов скольжения внутри зерен, где решетка металла была наиболее сильно искажена при пластической деформации. Количество новых зерен постепенно увеличивается и, в конечном счете, в структуре не остается старых деформированных зерен.

Находящийся в неустойчивом состоянии деформированный металл стремится перейти в устойчивое состояние с наименьшим запасом свободной энергии. Этому состоянию соответствует процесс образования новых зерен с неискаженной кристаллической решеткой. В местах, где решетка наиболее искажена и, следовательно, наименее устойчива, при нагреве происходит перемещение атомов, восстановление решетки и возникновение зародышей новых равновесных зерен. Зародышами новых зерен могут быть и объемы (блоки) с наименее искаженной решеткой, куда переходят атомы из соседних объемов с искаженной решеткой.

Собирательная рекристаллизация – вторая стадия рекристаллизационного процесса заключается в росте образовавшихся новых зерен. Движущей силой собирательной рекристаллизации является поверхностная энергия зерен. Рост зерен объясняется тем, что при наличии большого количества мелких зерен их общая поверхность очень велика, поэтому металл обладает большим запасом поверхностной энергии. При укрупнении зерен общая протяженность их границ становится меньше, что соответствует переходу металла в более равновесное состояние.

С началом рекристаллизации происходит существенное изменение свойств металла, противоположное изменению свойств при наклепе. Понижается прочность металла. Увеличивается пластичность, вязкость, теплопроводность и другие свойства, понижающиеся при наклепе. На свойства металла большое влияние оказывает размер зерен, получившихся при рекристаллизации.

Величина зерен возрастает с увеличением времени выдержки. Наиболее крупные зерна образуются после незначительной предварительной деформации. Такая степень деформации называется критической.

Рекристаллизационный отжиг. Этот вид отжига производится с целью устранения наклепа холоднодеформированного металла. Наклепанный металл очень тверд и хрупок, его кристаллическая решетка находится в неравновесном состоянии, обладая большим запасом избыточной свободной энергии. В сильно наклепанном металле из-за слияния дислокаций в местах их скопления наблюдаются опасные дефекты – зародыши трещин. В ряде случаев наклеп приходится устранять. Для этого требуется нагрев, стимулирующий диффузионные процессы. Однако рекристаллизационный отжиг из-за значительно более низкой температуры и намного меньшей продолжительности его проведения при практически одинаковых результатах. 2.2. Обобщение. Предпродажа сталей. Режимы и назначение отжига и нормализации.

Отжигом называют нагревание и медленное охлаждение стали. Отжиг второго рода – изменение структуры сплава с целью получения равновесных структур; к отжигу второго рода относится полный, неполный и изотермический отжики.

Перекристаллизационный отжиг основан на фазовой перекристаллизации, т. е. является отжигом II рода. Основное его назначение – полное изменение фазового состава. Температура нагрева и время выдержки должны обеспечить нужные структурные превращения, скорость охлаждения выбирают такой, чтобы успели произойти обратные диффузионные фазовые превращения. После отжига получают однородную мелкозернистую структуру, твердость понижается, пластичность повышается и отжиг II рода применяют в качестве предварительной термической обработки и перед обработкой стальных деталей на металлорежущих станках. В зависимости от температуры нагрева различают полный и неполный отжиг.

Полный отжиг применяют для доэвтектоидной стали. Изделия нагревают, чтобы обеспечить полную перекристаллизацию – превращение исходной ферритно-перлитной структуры в аустенит. Назначение его – улучшение структуры стали для облегчения последующей обработки резанием, штамповкой или закалкой, а также получение мелкозернистой равновесной перлитной структуры в готовой детали.

Неполный отжиг связан с фазовой перекристаллизацией, он применяется после горячей обработки давлением, когда у заготовки мелкозернистая структура.

После охлаждения получится грубая структура, состоящая из крупных зерен феррита и перлита. Сталь обладает пониженной пластичностью. Получению зернистого цементита способствует предшествующая отжигу горячая пластическая деформация, при которой цементитная сетка дробится. Сталь с зернистым цементитом лучше обрабатывается режущим инструментом и приобретает хорошую структуру после закалки.

С целью экономии времени проводят изотермический отжиг. При изотермическом отжиге в процессе выдержки происходит выравнивание температуры по сечению изделия. Это способствует получению более однородной структуры и однородных свойств. Легированные стали подвергают такому отжигу. При отжиге легированных сталей увеличивается не только продолжительность нагрева и выдержки, но и продолжительность охлаждения. Высоколегированные стали охлаждают с малой скоростью вследствие большей устойчивости легированного аустенита. Их твердость остается после отжига высокой, что ухудшает обрабатываемость. Нормализацию применяют перед термической обработкой стали, при которой изделие нагревают до аустенитного состояния и охлаждают на спокойном воздухе. Отличие нормализации от полного отжига для доэвтектоидных сталей заключается только в скорости охлаждения. В результате нормализации получается более тонкое строение эвтектоида, уменьшаются внутренние напряжения, устраняются пороки, возникшие в процессе предшествующих обработок изделий. Твердость и прочность выше, чем после отжига. Нормализацию применяют как промежуточную операцию, улучшающую структуру. Особенности режима этого вида термообработки являются температура нагрева и охлаждение на спокойном воздухе. Эти особенности обусловлены специфическими целями нормализации. Применительно к доэвтектоидным сталям, особенно низкоуглеродистым,

нормализация за более короткое время и при большей простоте режима охлаждения позволяет получить те же результаты, что и при отжиге.

Охлаждение на воздухе обеспечивает высокую степень переохлаждения аустенита, чем при отжиге, продукты его распада оказываются более дисперсными, вследствие этого нормализацией можно получить более благоприятную мелкозернистую структуру стали, обладающую повышенными прочностными свойствами.

В ряде случаев, когда от материала изделия не требуется повышенных прочностных свойств, нормализация заменяет закалку. Особенно это касается деталей из низкоуглеродистой стали, для которых применение закалки исключается из-за очень высокой критической скорости закалки. При нормализации заэвтектоидных сталей из-за ускоренного выделения из аустенита избыточного (вторичного) цементита нежелательная цементитная сетка вокруг перлитных зерен не образуется. В связи с этим одной из целей нормализации является разрушение упомянутой сетки у заэвтектоидных сталей.

Рекристаллизационный отжиг (рекристаллизация) стали происходит при температурах 500–550 °С; отжиг для снятия внутренних напряжений – при температурах 600–700°. Эти виды отжига снимают внутренние напряжения в отливках от неравномерного охлаждения их частей и в заготовках, обработанных давлением при температурах ниже критических.

Диффузионный отжиг применяется в случаях, когда в стали наблюдается внутрикристаллическая ликвация. Выравнивание состава в зернах аустенита достигается диффузией углерода и других примесей в твердом состоянии, наряду с самодиффузией железа. В результате сталь становится однородной по составу (гомогенной), поэтому диффузионный отжиг называют также гомогенизацией.

Температура гомогенизации должна быть достаточно высокой, но нельзя допускать пережога зерен.

30. Отпуск сталей. Превращения в стали при отпуске, изменение микроструктуры и свойств.

Отпуском называется операция нагрева закаленной стали для уменьшения остаточных напряжений и придания комплекса механических свойств, которые необходимы для долговечной эксплуатации изделия. Отпуск производится путем нагрева деталей, закаленных на мартенсит до температуры ниже критической. При этом в зависимости от температуры нагрева могут быть получены состояния мартенсита, троостита или сорбита отпуска. Эти состояния отличаются от состояний закалки по структуре и свойствам: при закалке цементит (в троостите и сорбите) получается в форме удлиненных пластинок, как в пластинчатом перлите. А при отпуске он получается зернистым или точечным, как в зернистом перлите.

При отпуске закаленной на мартенсит стали в ней происходят превращения, которые приводят к распаду мартенсита и образованию равновесного структурно-фазового состава. Интенсивность и результат этих превращений зависят от температуры отпуска. Температуру отпуска выбирают в зависимости от функционального эксплуатационного назначения изделия.

В процессе многолетней эксплуатационно-производственной практики сложились три основные группы изделий, требующие для их успешной эксплуатации «своих» специфических комплексов вязкостно-прочностных свойств.

Первая группа: режущие измерительные инструменты и штампы для холодной штамповки. От их материала требуются высокая твердость и небольшой запас вязкости. Вторую группу составляют пружины и рессоры, от материала которых требуется сочетание высокого предела упругости с удовлетворительной вязкостью. Третья группа включает большинство деталей машин, испытывающих статические и особенно динамические или циклические нагрузки. При длительной эксплуатации изделий от их материала требуется сочетание удовлетворительных прочностных свойств с максимальными показателями вязкости.

В зависимости от температуры нагрева существует три вида отпуска: низкотемпературный (низкий), среднетемпературный (средний) и высокотемпературный (высокий). Преимуществом точечной структуры является более благоприятное сочетание прочности и пластичности.

При низком отпуске (нагрев до температуры 200–300°) в структуре стали в основном остается мартенсит, кроме того, начинается выделение карбидов железа из твердого раствора углерода. Это

влечет за собой некоторое уменьшение твердости и увеличение пластических и вязких свойств стали, а также уменьшение внутренних напряжений в деталях.

Для низкого отпуска детали выдерживают в течение определенного времени обычно в масляных или соляных ваннах. Низкий отпуск применяется для режущего, измерительного инструмента и зубчатых колес. При средних и высоком отпуске сталь из состояния мартенсита переходит в состояние троостита или сорбита. Чем выше отпуск, тем меньше твердость отпущенной стали и тем больше ее пластичность и вязкость. При высоком отпуске сталь получает сочетание механических свойств, повышение прочности, пластичность и вязкость, поэтому высокий отпуск стали после закалки ее на мартенсит называют кузнечным штампом, пружин, рессор, а высокий — для многих деталей, подверженных действию высоких напряжений. Для некоторых марок стали отпуск производят после нормализации. Этот относится к мелкозернистой легированной доэвтектоидной стали (особенно никелевой), имеющей высокую вязкость и поэтому плохую обрабатываемость режущим инструментом. Для улучшения обрабатываемости производят нормализацию стали при повышенной температуре (до 950–970°), в результате чего она приобретает крупную структуру (определяющую лучшую обрабатываемость) и одновременно повышенную твердость (ввиду малой критической скорости закалки никелевой стали). С целью уменьшения твердости производят высокий отпуск, который просто устраняет внутренние напряжения в закаленной стали. При низком отпуске мартенсит частично освобождается от пересыщающих его решетку атомов углерода, основу мартенсита отпуска составляет пересыщенный твердый раствор углерода.

Среднетемпературный (средний) отпуск производится при температуре от 350 до 450 °С. При таком нагреве завершается распад мартенсита, приводящий к образованию нормальных по составу и внутреннему строению феррита и цементита. Вследствие недостаточной интенсивности диффузионных процессов размер зерен образующихся фаз оказывается небольшим. Высокотемпературный (высокий) отпуск осуществляется при 500–650 °С. При таких условиях нагрева при усилившихся диффузионных процессах происходит образование более крупных зерен феррита и цементита, сопровождающееся снижением плотности дислокаций и полным устранением остаточных напряжений.

Получающийся при высоком отпуске продукт распада мартенсита, называемый сорбитом отпуска, обладает максимальной для стали вязкостью.

Такой комплекс является идеальным для деталей машин, подвергающихся динамическим нагрузкам. Благодаря этому преимуществу термическую обработку, сочетающую закалку и высокий отпуск, издавна называют улучшением.

31. Классификация и маркировка легированных сталей.

Элементы, специально вводимые в сталь с целью придания ей требуемых свойств, называют легирующими, а сталь, содержащую такие элементы, называют легированной. В современных легированных сталях в качестве легирующих элементов используют в основном: хром, никель, марганец, кремний, молибден, вольфрам, ванадий, титан, реже — кобальт, алюминий, медь, цирконий, бор, азот.

По структуре: ферритные, перлитные, аустенитные, мартенситные, двухфазные ферритно-мартенситные, мартенситно-старейшие и другие. Смотря по применяемой термообработке, структура стали может отличаться, однако стали разного состава имеют оптимальные для их применения режимы термообработки и соответственно, оптимальную с точки зрения свойств структуру.

Так, стали с аустенитной структурой имеют высокую коррозионную и химическую стойкость, мартенситные — твердость и прочность, а также магнитные качества, двухфазные ферритно-мартенситные — высокую степень деформационного упрочнения и способность к очень глубокой вытяжке.

По степени легирования стали разделяют на:

- низколегированную (легирующих элементов до 2,5 %),
- среднелегированную (от 2,5 до 10 %),
- высоколегированную (от 10 до 50 %).

По химическому составу: хромомарганцевокремниевые (30ХГС, 30ХГСА, и подобные), хромоникелевые (12ХН3А, 20ХН, 30ХН), хромоникельмолибденовые (30Х2Н2МА и подобные), силхромы (33ХС, 38ХС), и другие. Легирующие элементы по разному влияют на свойства стали (в том числе в закалённом виде), причём из-за присутствия других элементов их действие может отличаться. Внесение кремния обычно значительно поднимает предел текучести и твёрдость с падением пластичности, хром и марганец повышают прокаливаемость и прочность, никель значительно снижает предел хладноломкости и повышает ударную вязкость, молибден сильно увеличивает вязкость и прокаливаемость, ванадий измельчает зерно, вольфрам увеличивает красностойкость, медь уменьшает коррозию.

Поскольку легирующие элементы дороже железа, их добавки удорожают сталь. Кроме того, при большом списке вводимых легирующих элементов возникает значительный разброс химического состава, что влечёт за собой разброс механических показателей. Поэтому легированные стали чаще всего применяют в тех случаях, когда трудно или невозможно добиться необходимых свойств применением обычной углеродистой стали. Например, без легирования невозможно добиться сквозной прокаливаемости деталей с большим сечением, и применение добавок, замедляющих распад аустенита, даёт возможность использовать сквозную закалку таких деталей. Ярким примером необходимости достаточного легирования является, например, танковая броня (45Х2НМФА и подобные).

По качеству легированные стали по ГОСТ разделяют на обычные (без добавочной буквы, например 30ХГС), качественные (буква А, например 30ХГСА, 30Х2Г2НТРА), высококачественные электрошлакового переплава (-Ш), высококачественные вакуумно-дугового переплава (-ВД), и специальные (цифровое обозначение, перед которым буква Э). Качественные и высококачественные имеют меньшее содержание вредных примесей — серы, фосфора, кислорода и азота. Такие неметаллические примеси значительно снижают механические свойства даже при небольшом содержании, так что их удаление приводит к значительному росту пластичности и ударной вязкости стали. Состав специальных сталей (Эпnn) определяется отдельными техническими условиями (ТУ), состав легирующих элементов в марке стали не показан.

В начале марки конструкционных легированных сталей ставятся цифры, обозначающие содержание углерода в сотых долях процента.

Далее идут большие буквы, обозначающие тот или иной легирующий элемент:

Х – хром	Б – ниобий
Н – никель	Д – медь
К – кобальт	Г – марганец
М – молибден	Р – бор
Т – титан	Ю – алюминий
В – вольфрам	Ф – ванадий
А – азот	С – кремний

32. Химический состав, методы получения порошков, свойства и методы их контроля.

Порошковые материалы – материалы, получаемые в результате прессования металлических порошков в изделия необходимой формы и размеров и последующего спекания сформованных изделий в вакууме или защитной атмосфере.

Антифрикционные порошковые сплавы имеют низкий коэффициент трения, легко обрабатываются, имеют хорошую износостойкость.

Сплавы на основе цветных материалов применяют в приборостроении и электронной технике. Порошковые материалы применяют при изготовлении деталей, которые имеют простую симметричную форму, небольшие массу и размер.

Порошковая металлургия – отрасль технологии, которая занимается производством металлических порошков и деталей из них. Из металлического порошка прессуют заготовки, которые подвергают термической обработке – спеканию. Металлические порошки бывают: железные, медные, никелевые, хромовые, кобальтовые, вольфрамовые, молибденовые, титановые. Различают два способа получения порошков: механический и физико-химический. Наиболее распространенным является способ механического измельчения исходного сырья (стружкой, обрезков). Для измельчения применяются механические мельницы. Механическое измельчение имеет свои недостатки. К ним относят высокую стоимость порошков, которая включает стоимость изготовления исходных литых металлов и сплавов, и относительно низкую производительность процесса.

Физико-химические способы получения порошков: восстановление оксидов, осаждение металлического порошка из водного раствора соли. Получение порошка связано с изменением химического состава сырья. Физико-химические способы получения порошков более универсальны, чем механические. Благодаря использованию дешевого сырья физико-химические способы отличаются экономичностью.

Химический состав порошков определяется содержанием основного металла или компонента и примесей. Физические свойства порошков определяются размером и формой частиц, микротвердостью, плотностью, созданием кристаллической решетки. Технологические свойства характеризуются текучестью, прессуемостью и спекаемостью порошков. Текучесть – способность порошка заполнять форму. Текучесть имеет большое значение при автоматическом прессовании, где на производительность пресса влияет скорость заполнения формы. Низкая текучесть влияет на неоднородность плотности заготовки. Прессуемостью называют способность порошка уплотняться под действием внешней нагрузки и прочность сцепления частиц в результате прессования. На прессуемость порошка влияет пластичность материала частиц, их размер и форма. Она повышается с введением в состав порошка поверхностно-активных веществ.

Конструкционные материалы, которые используются для изготовления заготовок и готовых деталей, получают при помощи методов порошковой металлургии. Композиционные материалы со специальными физико-механическими и эксплуатационными свойствами широко распространены в промышленности.

Антифрикционные металлокерамические материалы используются для изготовления подшипников скольжения. В антифрикционных материалах твердой составляющей является металлическая основа, а мягкой составляющей – поры, заполняемые маслом или пластмассой.

Фрикционные композиционные материалы – это сложные композиции, в основе которых находятся медь или железо. Графит или свинец способствуют уменьшению износа композиции. Фрикционные материалы используются как биметаллические элементы, состоящие из фрикционного слоя, который спекается под давлением с основой (диском).

Высокопористые материалы используются для изготовления фильтров. Фильтры могут быть изготовлены из порошков коррозионно-стойкой стали, алюминия, титана.

Металлические высокопористые материалы производят при помощи спекания порошков, не применяя предварительное прессование. Для выделения газов в процессе спекания в порошки добавляют специальные вещества.

Металлокерамические твердые сплавы имеют высокую твердость, теплостойкость и износостойкость. Их используют для изготовления режущих и буровых инструментов, а также наносят на поверхность быстроизнашивающихся деталей.

Порошковой металлургией изготавливают алмазно-металлические материалы. В качестве связующего применяют металлические порошки (медные, никелевые).

В современной технологии композиционных материалов широкое применение получили волокнистые материалы. Для их получения используют проволоки из вольфрама, молибдена, бора,

графита – в зависимости от требуемых свойств создаваемого материала. Металлургия волокна – отрасль порошковой металлургии, которая специализируется на решении вопросов исследования и создания волокнистых материалов.

Процесс приготовления смеси включает предварительный отжиг, сортировку порошка по размерам частиц (рассев) и смешение.

33. Полимеры, пластмассы.

Полимеры – это вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных повторяющихся элементарных звеньев, которые представляют одинаковую группу атомов. Молекулярная масса молекул составляет от 500 до 1000000.

В молекулах полимеров различают главную цепь, которая построена из большого числа атомов. Боковые цепи имеют меньшую протяженность.

Полимеры, главная цепь которых содержит одинаковые атомы, называют гомоцепными, а если атомы углерода – карбоцепными. Полимеры, в главной цепи которых содержатся различные атомы, называют гетероцепными.

Макромолекулы полимеров по форме делят на линейные, разветвленные, плоские, ленточные, пространственные или сетчатые.

Линейные макромолекулы полимера – длинные зигзагообразные и скрученные в спираль цепочки, которым присуща гибкость, ограничиваемая жесткими участками – сегментами, состоящими из нескольких звеньев. Такие макромолекулы обладают высокой прочностью вдоль главной цепи, слабо связаны между собой и обеспечивают высокую эластичность материала. Нагрев вызывает размягчение, а последующее охлаждение – затвердевание полимера (полиамид, полиэтилен).

Разветвленная макромолекула содержит боковые ответвления и это затрудняет сближение макромолекул и понижает межмолекулярное взаимодействие. Полимеры с такой формой отличаются пониженной прочностью, повышенной плавкостью и рыхлостью. Сшитые формы макромолекул свойственны более прочным, нерастворимым и неплавким полимерам, склонным к набуханию в растворителях и размягчению при нагревании.

Макромолекулы полимеров обладают гибкостью.

Пластмассы (пластики) – это органические материалы на основе полимеров, которые способны при нагреве размягчаться и под давлением принимать определенную устойчивую форму. Простые пластмассы состоят из одних химических полимеров. Сложные пластмассы включают добавки: наполнители, пластификаторы, красители, отвердители, катализаторы.

Наполнители в пластмассы вводят в количестве 40–70 % для повышения твердости, прочности, жесткости, придания особых специфических свойств. Наполнителями могут быть ткани и порошкообразные, волокнистые вещества.

Пластификаторы (стеарин, олеиновая кислота) способствуют повышению эластичности, пластичности и облегчают обработку пластмасс.

Отвердители (амины) и катализаторы (перекисные соединения) вводят в пластмассы для отверждения.

Красители (минеральные пигменты, спиртовые растворы органических красок) придают пластмассам определенную окраску и снижают их стоимость. Состав компонентов, их сочетание и количественное соотношение позволяют изменять свойства пластмасс в широких пределах. Пластмассы классифицируют по признакам.

По виду наполнителя: с твердым наполнителем; с газообразным наполнителем.

По реакции связующего полимера к повторным нагревам. Термопластичные пластмассы на основе термопластичного полимера размягчаются при нагреве и затвердевают при последующем охлаждении (чистые полимеры или композиции полимеров с пластификаторами, противостарителями).

Термопласты отличаются низкой усадкой 1–3%. Для них характерны малая хрупкость, большая упругость и способность к ориентации.

Термореактивные пластмассы на основе термореактивных полимеров (смол) после тепловой обработки – отверждения – переходят в термостабильное состояние и отличаются хрупкостью, имеют большую усадку 10–15 % и содержат в своем составе наполнители.

По применению подразделяются на группы: конструкционные – для силовых деталей и конструкций, для несилowych деталей; прокладочные, уплотнительные; фрикционные и антифрикционные; электроизоляционные, радиопрозрачные теплоизоляционные; стойкие к воздействию огня, масел, кислот; облицовочно-декоративные.

Полиэтилен можно использовать длительное время при 60-100 °С. Морозостойкость достигает –70 °С и ниже. Химически стоек и нерастворим в растворителях, применяется для изоляции защитных оболочек кабелей проводов, деталей высокочастотных установок и изготовления коррозионностойких деталей – труб, прокладок, шлангов. Его выпускают в виде пленки, листов, труб, блоков. Полиэтилен подвержен старению.

Полистирол – это аморфный, твердый, прозрачный полимер, который имеет линейное строение, высокие диэлектрические свойства, удовлетворительную механическую прочность, невысокую рабочую температуру (до 100 °С), химическую стойкость в щелочах, минеральных и органических кислотах, маслах. Он набухает в 65 %-ной азотной, ледяной уксусной кислотах, бензине и керосине. При температуре выше 200 °С разлагается, образуя стирол. Полистирол применяют для производства слабонагруженных деталей и высокочастотных изоляторов. Недостатки – хрупкость при пониженных температурах, склонность к постепенному образованию поверхностных трещин.

Пластмассы широко применяются в машиностроении и приборостроении для изготовления деталей. Пластмассы электротехнического назначения применяют в качестве электроизоляционных материалов в конструкциях машин.

Примеры экзаменационных билетов

Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования Институт нефти и газа Уфимского государственного
нефтяного технического университета (филиал в г. Октябрьском)
Кафедра Нефтепромысловые машины и оборудование

Экзаменационный билет №1

Основы материаловедения

Программа среднего профессионального образования – программа подготовки
квалификационных рабочих, служащих по профессии 15.01.36 Дефектоскопист

- 1 Классификация и маркировка легированных сталей.
- 2 Отпуск сталей. Превращения в стали при отпуске, изменение микроструктуры и свойств.
- 3 Виды разрушения: понятия о вязком и хрупком разрушении.

Составитель
Зав.каф.НПОМО

Л.З. Зайнаглина
Р.И. Сулейманов

Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Институт нефти и газа Уфимского государственного нефтяного
технического университета (филиал в г. Октябрьском)
Кафедра Нефтепромысловые машины и оборудование

Экзаменационный билет №2

Основы материаловедения

Программа среднего профессионального образования – программа подготовки
квалификационных рабочих, служащих по профессии 15.01.36 Дефектоскопист

- 1 Конструкционные и инструментальные углеродистые стали. Маркировка, применение.
- 2 Классификация дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты, зависимость их концентрации от температуры. Краевая и винтовая дислокации.
- 3 Применение термообработки в технологии производства заготовок и изделий из конструкционных материалов.

Составитель
Зав.каф.НПОМО

Л.З. Зайнаглина
Р.И. Сулейманов

Вопросы для собеседования

С обучающимися проводится собеседование по темам, связанным с изучаемой дисциплиной. По результатам собеседования ставится оценка по пятибалльной шкале: оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он в полной мере отвечает на поставленные вопросы раздела, оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он не в полной мере отвечает на поставленные вопросы, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не полностью отвечает на поставленные вопросы, не ориентируется в рамках раздела, не отвечает на дополнительные вопросы. Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он не отвечает на поставленные вопросы, не ориентируется вообще в рамках раздела, вообще не отвечает на дополнительные вопросы.

Темы для собеседования:

1. Атомно-кристаллическая структура металлов.
2. Полиморфные превращения металлов.
3. Поверхностные дефекты кристаллического строения твердых тел.
4. Точечные дефекты кристаллического строения твердых тел.
5. Линейные дефекты кристаллического строения твердых тел.
6. Термодинамические условия и механизм процесса кристаллизации.
7. Зависимость числа центров кристаллизации и скорости роста кристалла от степени переохлаждения (зависимость Таммана.).
8. Строение металлического слитка.
9. Модификаторы.
10. Теоретическая и практическая прочность металлов.
11. Возврат.
12. Рекристаллизация. Холодная и горячая деформация.
13. Основы теории сплавов. Система, компонент, фаза. Правило фаз Гиббса.
14. Твердые растворы.
15. Химические соединения.
16. Диаграммы состояния сплавов 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода.
17. Компоненты и фазы на диаграмме состояния Fe-C.
18. Фазовые превращения в сплавах железа.
19. Термическая обработка углеродистых сталей; отжиг 1 и 2 рода, нормализация, закалка, отпуск.
20. Химико-термическая обработка стали; цементация, азотирование, нитроцементация, цианирование, борирование.
21. Углеродистые чугуны; белый, серый, ковкий и высокопрочный.
22. Влияние углерода и примесей на свойства сталей.
23. Классификация и маркировка углеродистых сталей.
22. Углеродистые конструкционные стали обычного качества и качественные.
25. Углеродистые инструментальные стали.
26. Классификация и маркировка легированных сталей.
27. Конструкционные инструментальные легированные стали.
28. Металлокерамические твердые сплавы.
29. Твердые и сверхтвердые материалы.
30. Цветные металлы и сплавы, их свойства и назначение.
31. Неметаллические материалы. Керамика, керметы, ситаллы.
32. Углеграфитовые и теплоизоляционные материалы.
33. Полимерные материалы. Термопластичные и термореактивные пластмассы.
34. Композиционные материалы.

Примеры тестовых заданий

Тесты с открытыми ответами:

Задание 1: Графическое изображение зависимости температур фазовых превращений в сплавах от их состава называется

Ответ: **диаграмма фазового равновесия**

Задание 2: Сплав железа с углеродом (и другими элементами), в котором содержание углерода — не менее 2,14 % это

Ответ: **чугун**

Задание 3: Способность материала разрушаться при незначительных деформациях называются

Ответ: **хрупкость**

Задание 4: Макроскопически однородный металлический материал, состоящий из смеси двух или большего числа химических элементов с преобладанием металлических компонентов.

Ответ: **сплав**

Задание 5: Краевые и винтовые дислокации относятся к:

Ответ: **линейным дефектам**

Задание 6: Рассчитайте число атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку в решетке ГЦК

Ответ: **4**

Задание 7: Основные виды термообработки сталей

Ответ: **отжиг, отпуск, закалка, нормализация**

Задание 8: Стали, содержащие один или несколько элементов в определенных концентрациях, которые введены в них с целью придания заданных физико-химических свойств называются

Ответ: **легированные**

Задание 9: Сплав железа с углеродом (и другими элементами периодической таблицы), содержащий не менее 45 % железа и в котором содержание углерода находится в диапазоне от 0,02 до 2,14 % это

Ответ: **сталь**

Задание 10: Назовите критерий легкоплавкости

Ответ: **температура плавления олова**

Задание 11: Химический символ — С обозначает

Ответ: **углерод**

Задание 12: Назовите критерии тугоплавкости

Ответ: **температура плавления железа**

Задание 13: Чугун и сталь – это сплавы :

Ответ: **железа с углеродом.**

Задание 14: Вакансии, межузельные атомы и примесные атомы относятся к:

Ответ: **точечным дефектам**

Задание 15: Химический символ — Fe обозначает

Ответ: **железо**

Задание 16: Объясните, почему металлы обладают электропроводностью, а другие материалы являются диэлектриками?

Ответ: **они. имеют свободные электроны**

Задание 17: В сером чугуне углерод находится:

Ответ: **в виде графита**

Задание 18: Как называется линия ACD на диаграмме фазового равновесия?

Ответ: **ликвидуса**

Задание 19: Способностью сопротивляться внедрению в поверхностный слой другого более твердого тела обладают:

Ответ: **твердые материалы;**

Задание 20: Явление, когда свойства вещества зависят от направления, называется

Ответ: **анизотропия**

Задание 21: Химическая формула цементита:

Ответ: **Fe₃C**

Задание 22: Химическая формула хрома:

Ответ: **Cr**

Задание 23: Лёгкий парамагнитный металл серебристо-белого цвета, легко поддающийся формовке, литью, механической обработке.

Ответ: **алюминий**

Задание 24: Бронзы и латуни относятся к сплавам какого металла

Ответ: **медь**

Задание 25: Раствор углерода и других примесей в γ -Fe называют

Ответ: **аустенит**

Задание 26: Серый чугун с хлопьевидной формой графита

Ответ: **ковким**

Задание 27: Серый чугун со сферической формой графита называется

Ответ: **высокопрочным**

Задание 28: Образование новых кристаллов в твердом кристаллическом веществе называют

Ответ: **вторичной кристаллизацией**

Задание 29: эвтектическая смесь аустенита и цементита это

Ответ: **ледебурит**

Задание 30: Физически и химически однородная часть сплава, отделенная от другой части сплава поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура изменяются скачкообразно, называется

Ответ: **фазой**

Тесты с закрытыми ответами:

Задание 31: Графическое изображение зависимости температур фазовых превращений в сплавах от их состава называется

- **диаграмма фазового равновесия**
- полиморфное превращение
- диаграмма состав-свойство
- правило фаз
- диаграмма растяжения

Задание 32: Сплав железа с углеродом (и другими элементами), в котором содержание углерода — не менее 2,14 % это

- **чугун**
- бронза
- латунь
- сталь
- вольфрам

Задание 33: Хрупкостью материала называется

- **Способность материала разрушаться при незначительных деформациях**
- Способность материала сопротивляться изменению формы и размеров
- Способность материала сопротивляться циклическим нагрузкам
- Способность материала давать остаточные деформации после нагружения и последующей разгрузки
- Способность материала восстанавливать свои первоначальные размеры и форму после разгрузки

Задание 34: Температура, при которой магнитные материалы теряют ферромагнитные свойства, называется точкой

Ответы:

- **Кюри**
- Лоренца
- Фарадея
- Гиббса
- Намибии

Задание 35: Целью визуального контроля сварных швов является:

- **выявление трещин, свищей и пористостей**
- выявление внутренних дефектов
- подтверждение соответствия марки металла и сварного шва требованиям НД
- выявление кристаллической коррозии
- выявление внешних дефектов

Задание 36: Чем определяются свойства сварного соединения?

- **Свойствами металла шва, линии сплавления с основным металлом и зоны термического влияния.**

- Свойствами металла линии сплавления и зоны термического влияния;
- Свойствами металла линии сплавления;
- Техническими характеристиками использованных электродов;
- Свойствами зоны термического влияния;

Задание 37: Макроскопически однородный металлический материал, состоящий из смеси двух или большего числа химических элементов с преобладанием металлических компонентов.

- **сплав**
- полимер
- композитный материал
- железо
- бронза

Задание 38: Выберите углеродистую сталь с максимальной прочностью из ряда

- **сталь 60**
- сталь 05
- сталь 35
- сталь 25
- сталь 45

Задание 39: Какой газ выделяется при взаимодействии разбавленной серной кислоты с железом?

- **H₂**
- H₂S
- SO₂
- SO₃
- H₂O

Задание 40: Выберите углеродистую сталь с максимальной пластичностью из ряда

- **сталь 08**
- сталь 35
- сталь 60
- сталь 45
- сталь 25

Задание 41: Перечислите основные типы сварных соединений:

- **все перечисленные.**
- стыковое;
- угловое;
- нахлесточное;
- тавровое и торцевое;

Задание 42: Основные виды термообработки сталей

- **Все перечисленные**

- Отжиг
- Отпуск
- Закалка

- **Нормализация**

Задание 43: Магнитный контроль может быть использован только для контроля изделий из ...

- **ферромагнитных сплавов**

- порошкообразных металлов
- диамагнетиков
- неметаллических материалов
- металлических материалов

Задание 44: Что такое легированные стали?

- **Стали, содержащие один или несколько элементов в определенных концентрациях, которые введены в них с целью придания заданных физико-химических свойств.**

- Обладающие определенными физико-химическими свойствами за счет химического состава или термомеханической обработки.

- Обладающие определенными физико-химическими свойствами за счет снижения содержания углерода, серы, фосфора или термической обработки.

- Стали, не содержащие вредные примеси
- Обладающие высокой коррозионной стойкостью

Задание 45: Вид атомов с одинаковым зарядом ядра – это:

- **химический элемент**
- химическое соединение
- молекула
- вещество
- изотоп

Задание 46: Сплав железа с углеродом (и другими элементами периодической таблицы), содержащий не менее 45 % железа и в котором содержание углерода находится в диапазоне от 0,02 до 2,14 % это

- **сталь**
- титан
- чугун
- ртуть
- дюралюминий

Задание 47: Наименьшая частица вещества, обладающая всеми его химическими свойствами,

– это:

- **молекула**
- атом
- позитрон
- нуклон
- протон

Задание 48: Участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура и свойства которого изменились в результате нагрева при сварке или наплавке, называется:

- **зона термического влияния.**
- зона синеломкости
- переходная зона;
- зона сплавления;
- все ответы верны

Задание 49: Назовите критерий легкоплавкости

- **температура плавления олова**
- температура плавления свинца
- температура плавления алюминия

- температура плавления железа
 - температура плавления титана
- Задание 50: К объектам измерения относятся ...

- **физические величины**

- меры
- образцовые приборы
- стандартные образцы
- образцовые меры
- калибры

Задание 51: Химический символ — С обозначает

- **углерод**

- хлор
- селен
- хром
- цинк

Задание 52: Как называется дефект, в виде избытка наплавленного металла на обратной (корневой) стороне стыкового сварного шва сверх установленного НД значения?

- **наплыв (506)**
- натёк (509)
- усадочная канавка (5013)
- превышение проплава (504)
- прожог (510)

Задание 53: Назовите критерии тугоплавкости

- **температура плавления железа**
- температура плавления титана
- температура плавления хрома
- температура плавления алюминия
- температура плавления титана

Задание 54: Наименьшая частица химического элемента, которая является носителем его свойств:

- **атом**
- молекула
- позитрон
- нуклон
- протон

Задание 55: Чугун и сталь – это сплавы :

- **Железа с углеродом.**
- Марганца, кремния, фосфора и серы
- Азота, фосфора, серы.
- Меди, водорода, кислорода.
- Железа с водородом.

Задание 56: Атомный номер элемента показывает:

- **число протонов в атоме**
- число элементарных частиц в атоме
- число нуклонов в атоме
- число нейтронов в атоме
- число степеней свободы

Задание 57: Назовите черные металлы

- **Железо, никель, кобальт, марганец**
- Железо, тантал, титан, гафний
- Железо, титан, никель, кобальт
- Титан, никель

- Никель, кобальт
- Задание 58: Измерением называется:
- **опытное нахождение значения физической величины с помощью технических средств**
 - аналитическое нахождение величины
 - теоретическое обоснование полученного результата
 - операция сравнения неизвестного с известным
 - монтирование средства измерения
 - выбор технического средства, имеющего нормированные метрологические характеристики
- Задание 59: Разновидности атомов данного химического элемента, различающиеся по массе

их ядер, называются:

- **изотопы**
 - нуклоны
 - атомы
 - изобары
 - изохоры
- Задание 60: Химический символ — Fe обозначает

- **Железо**

- висмут
- никель
- бром
- натрий

Задание 61: Что считают внешним дефектом сварного соединения?

- **Наплывы, подрезы, трещины, кратеры;**
- Надрезы;
- Прожоги и пористость;
- Отколы;
- Непровары, пористость.

Задание 62: Объясните, почему металлы обладают электропроводностью, а другие материалы являются диэлектриками?

- **Они обладают ненаправленной межатомной связью, т.е. имеют свободные электроны**
- Они обладают направленной межатомной связью, т.е. имеют связанные электроны
- Они обладают направленной межатомной связью и имеют в узлах кристаллической решетки

ионы

- Они обладают направленной межатомной связью и имеют в узлах кристаллической решетки

атомы

- Они обладают ненаправленной межатомной связью и имеют в узлах кристаллической решетки ионы

Задание 63: Спин электрона – это:

- **собственный момент количества движения электрона**
- квантовое число собственного механического момента нуклона
- квантовое число собственного механического момента позитрона
- квантовое число собственного электромагнитного момента электрона
- квантовое число собственного механического момента протона

Задание 64: В сером чугуна углерод находится:

- **В виде графита**
- В виде цементита
- В виде аустенита
- В виде феррита
- В виде перлита

Задание 65: Шероховатость поверхности - совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине. Шероховатость измеряется в...

- **микронметрах (мкм);**

- люксах (Лк)
- миллиметрах (мм);
- процентах от толщины детали (%/мм).
- Сантиметрах

Задание 66: Большинство неметаллов относится к электронному семейству:

- **p – элементов**
- s - элементов
- d – элементов
- f– элементов
- e– элементов

Задание 67: Как называется воображаемая пространственная сетка минимальных размеров, в узлах которой располагаются атомы или ионы, образующие твердое кристаллическое тело?

- **Элементарная ячейка**
- Элементарная пачка
- Элементарный кристалл
- Элементарный куб
- Сетка атомов

Задание 68: Отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой физической величины.

- **погрешность результата измерения**
- округление результата измерения
- градиент результата измерения
- точность результата измерения
- истинное значение результата измерения
- среднеарифметическое значение результата измерения

Задание 69: Способностью сопротивляться внедрению в поверхностный слой другого более твердого тела обладают:

- **твердые материалы;**
- пластичные материалы;
- хрупкие материалы
- металлические материалы
- наноматериалы

Задание 70: Электронная формула внешнего электронного слоя атома наиболее активного металла:

- **3s¹**
- 2s¹
- 3s²
- 3s²3p¹
- 2s¹3p²

Задание 71: Если для определения коэффициента линейного расширения материала измеряется длина и температура стержня, то такие измерения называют...

- **совместными**
- косвенными
- абсолютными
- прямыми
- совокупными

Задание 72: Явление, когда свойства вещества зависят от направления, называется

- **анизотропия**
- изотропия
- полиморфизм
- гетерогенность
- модификация

Задание 73: Нормальные условия измерений - это измерения, производимые...

- при температуре 20 градусов Цельсия, атмосферном давлении 760 мм. рт. ст., относительной влажности 60%

- при минимальных систематических и случайных погрешностях
- в специализированных лабораториях
- средством измерения, имеющим нормированные метрологические характеристики
- при реальных условиях окружающей среды

Задание 74: Качественная характеристика физической величины называется:

- размерностью
- количественными измерениями нефизических величин
- размером
- шероховатостью
- допуском
- посадкой

Задание 75: Химическая формула цементита:

- Fe₃C
- SO₂
- Mn₃O
- Ag₂SeO₄
- Be(CHO₂)₂

Задание 76: Элемент, невозбужденный атом которого не содержит неспаренных электронов, -

это:

- магний
- углерод
- сера
- кремний
- водород

Задание 77: Точка Кюри пьезоматериала - это:

- температура, выше которой материал теряет пьезосвойства.
- точка на преобразователе, в которой амплитуда равна нулю.
- температура исчезновения ферромагнитных свойств.
- Температура плавления
- Нет правильного ответа.

Задание 78: Твердый раствор углерода и других примесей в α-Fe называется

- феррит
- бронза
- латунь
- свинец
- сурьма

Задание 79: Химическая формула графита:

- C
- CCl₄
- CH₃I
- CO
- C₃H₈

Задание 80: Технические средства, используемые при измерениях и имеющие метрологические свойства

- измерительные средства
- транспортные средства
- грузоподъемные средства
- мобильные средства
- телекоммуникационные средства

- средства безопасности
Задание **81**: Лёгкий парамагнитный металл серебристо-белого цвета, легко поддающийся формовке, литью, механической обработке.
- **алюминий**
- барий
- литий
- железо
- свинец
Задание **82**: Средства, официально утвержденные и обеспечивающие воспроизведение и хранение единицы физической величины
- **эталон**
- мера
- измерительный прибор
- измерительная установка
- измерительный преобразователь
- измерительная система
Задание **83**: Бронзы и латуни относятся к сплавам какого металла
- **медь**
- алюминий
- никель
- железо
- серебро
Задание **84**: Первый период периодической таблицы Д.И.Менделеева состоит из:
- **двух элементов**
- одного элемента
- трех элементов
- четырех элементов
- пяти элементов
Задание **85**: Какие типы волн могут быть возбуждены в металле с помощью электромагнитоакустических преобразователей:
- **Все вышеперечисленные.**
- Объемные.
- Волны Лэмба.
- Сдвиговые (Sn) нормальные волны.
- Волны Рэлея.
Задание **86**: Раствор углерода и других примесей в γ -Fe называют
- **аустенит**
- эвтектика
- солидус
- ликвидус
- перлит
Задание **87**: Микрометры позволяют измерять детали с точностью
- **0,001 мм**
- 0,1 мм
- 0,25 мм
- 1 мм
- 10 мм
- 0,5 мм
Задание **88**: Какой чугун называется ковким?
- **Серый чугун с хлопьевидной формой графита**
- Белый чугун с хлопьевидной формой графита
- Серый чугун с пластинчатой формой графита

- Серый чугун со сферической формой графита
- Белый чугун
- Задание 89: Ученый, создавший термодинамическую абсолютную шкалу температур:
- **У. Кельвин**
- А. Цельсий
- Г. Фаренгейт
- Р. Реомюр
- Н. Бор
- Задание 90: Какой чугун называется высокопрочным?
- **Серый чугун со сферической формой графита**
- Серый чугун с хлопьевидной формой графита
- Белый чугун с хлопьевидной формой графита
- Серый чугун с пластинчатой формой графита
- Белый чугун
- Задание 91: Область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями (наименьшим и наибольшим значениями измеряемой величины)
- **диапазон показаний**
- шкала
- отметка шкалы
- цена деления шкалы
- чувствительность измерительного прибора
- диапазон измерений
- Задание 92: В каких единицах измеряется энтальпия образования вещества?
- **кДж/моль**
- моль · Дж
- Дж/моль · К
- Дж · К / моль
- г/моль
- Задание 93: Что такое шлаковое включение?
- **Дефект в виде шлака в сварном шве;**
- Дефект в виде углубления по линии сплавления шва со вспомогательным металлом;
- Дефект сварного шва в виде полости прямоугольной формы, заполненной газом;
- Дефект сварного шва в виде полости округлой формы, заполненной газом;
- Дефект в виде углубления по линии сплавления шва с основным металлом.
- Задание 94: Назовите вредные примеси в углеродистых сталях?
- **Мышьяк, сера, фосфор, водород, кислород, азот**
- Мышьяк, сера, фосфор, марганец, водород, азот
- Мышьяк, сера, фосфор, марганец, кремний, водород
- Марганец, кремний, алюминий
- Хром, титан, алюминий
- Задание 95: При макроструктурном анализе изучают:
- **Макрошлифы;**
- Микрошлифы;
- Рентгеновские снимки;
- Геометрические параметры шва;
- Макро- и микрошлифы.
- Задание 96: Для контроля каких процессов используют измерение твердости?
- **Всех вышеназванных**
- Термической обработки
- Сварки
- Механической обработки
- Химико-термической обработки

Задание 97: Из чего состоит припой?

- Из сплава олова и свинца.
- Из олова;
- Из свинца;
- Из серебра;
- Из цинка;

Задание 98: Физически и химически однородная часть сплава, отделенная от другой части сплава поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура изменяются скачкообразно, называется

- фазой
- твердым раствором
- компонентом
- эвтектоидом
- эвтектикой

Задание 99: Стандартный образец со-3 изготовлен из какого материала ?

- сталь
- алюминий
- медь
- свинец
- серебро

Задание 100: Что обеспечивает электропроводность металлов?

- наличие свободных электронов
- наличие свободных ионов
- наличие свободных протонов
- наличие свободных бозонов
- наличие свободных нейтронов

Оформление комплекта заданий лабораторных работ

Пример лабораторной работы:

Лабораторная работа №1 - Микроструктурный анализ железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии

Для исследования микроструктуры сплава из него изготавливают микрошлиф, то есть небольшой образец, одну из плоских поверхностей которого шлифуют, полируют до зеркального блеска и травят специальным химическим реактивом (травителем). Познакомиться с классификацией железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии по содержанию углерода и микроструктуре, а также провести их микроструктурный анализ.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Тема лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Методика проведения работы.
4. Таблица экспериментальных данных.
5. Диаграмма состояния сплавов системы «железо-углерод»
6. Выводы.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. Тигли со сплавами необходимо помещать в печь и извлекать из нее только специальными клещами.
2. Тигли с жидким металлом устанавливать на специальные коврики из асбестовой ткани.

3. При обнаружении какой-либо неисправности необходимо прекратить работу, сообщить о ней преподавателю или учебному мастеру и не приступать к работе до ее устранения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое система, компонент, фаза?

2. Дайте определение диаграмме состояния сплавов.

3. Что такое кривая охлаждения?

4. Как называются линии на диаграмме состояния сплавов системы «железо-углерод»?

5. Что такое эвтектика, каково процентное содержание компонентов в эвтектическом сплаве?

6. Как называются сплавы в зависимости от процентного содержания компонентов? 7. Как выглядит микроструктура сплавов системы «железо-углерод» при комнатной температуре?

1. Темы и задания лабораторных работ Основы материаловедения : учебно-методическое пособие к лабораторным работам / УГНТУ, каф. ОТСК ; сост. А. М. Файрушин. - Уфа : УГНТУ, 2021. - 2,57 Мб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/OTSK/Fairushcin.pdf. - Текст : электронный.

Платформа: <https://oiled.ru/courses/ugntu/matved-v-neftegaz-otrasli.html>, где можно пройти виртуальную лабораторную работу.

Краткий конспект лекций дисциплины

Сплавы - это вещества, состоящие из нескольких элементов, взятых в произвольных соотношениях. Сплавы получают главным образом путем сплавления различных элементов в жидком состоянии, но могут быть получены и за счет диффузии в твердом состоянии, и путем совместной конденсации паров или другими способами.

Компонентами сплава называют химические элементы или химические соединения, входящие в состав сплава. В зависимости от химической природы элементов, размера их ионов и типа кристаллической решетки компоненты могут растворяться друг в друге (ограниченно или неограниченно), могут быть нерастворимыми друг в друге или образовывать новые химические соединения. Отдельные однородные части сплавов, отделенные от других частей поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав и свойства меняются скачком, называются фазами. В жидком состоянии компоненты сплавов хорошо растворяются друг в друге.

При понижении температуры и кристаллизации из жидкой фазы выделяются твердые фазы, которые могут быть твердыми растворами либо чистыми компонентами. Твердые растворы бывают трех видов: замещения, внедрения и вычитания.

Твердыми растворами замещения называют фазы, в которых часть узлов кристаллической решетки заполнены атомами одного сорта, а часть узлов атомами другого сорта. Твердые растворы замещения могут быть ограниченными и неограниченными (непрерывными). Образование неограниченных твердых растворов возможно в тех случаях, когда размеры атомов близки, кристаллические решетки компонентов одинаковы (изоморфны) и строение валентных электронных оболочек подобно.

Когда кристаллические решетки не одинаковы или размеры атомов отличаются более чем на 6%, твердые растворы являются ограниченными. При разнице размеров атомов более чем 12% компоненты не растворяются друг в друге.

Твердыми растворами внедрения называют фазы, в которых атомы растворенного компонента внедрены между атомами второго компонента ? растворителя. Твердые растворы внедрения всегда ограничены.

Твердыми растворами вычитания называют фазы на основе химических соединений. В кристаллических решетках таких сплавов часть узлов не занята атомами того или иного сорта, то есть часть атомов как бы вычтена из кристаллической решетки, и вместо

них в решетке остаются вакансии.

Химические соединения образуются при строго определенном количественном соотношении компонентов сплава и характеризуются кристаллической решеткой, отличной от решеток исходных компонентов. Химические соединения обладают характерными физико-механическими свойствами: высокой твердостью, повышенной хрупкостью, высоким электрическим сопротивлением.

Химические соединения в сплавах образуются между металлами (интерметаллические соединения), а так же между металлами и неметаллами. Некоторые соединения металлов с неметаллами (карбиды, нитриты, оксиды, фосфиды и т.д.) получили в технике самостоятельное применение.

Механические смеси образуются при одновременном выпадении из жидкого расплава при его охлаждении кристаллов составляющих его компонентов (эвтектические смеси). В кристаллах, которые входят в состав механической смеси, сохраняется кристаллическая решетка исходных компонентов сплава. Механические смеси могут состоять из чистых графических изображений всех превращений, протекающих в сплавах в зависимости от компонентов, твердых растворов, химических соединений и т.д.

Диаграммы состояния, или диаграммы фазового равновесия, представляют собой температуры и концентрации компонентов. То есть, диаграмма строится в координатах концентрация - температура. Превращения в сплавах при нагреве или охлаждении зависят от того, какие фазы при этом образуются. Так, однородная жидкость представляет собой однофазную систему, а жидкий сплав, находящийся в равновесии с кристаллом, является двухфазной системой.

Диаграмма состояний сплавов железо-углерод -- графическое отображение состояний сплавов железа с углеродом. Диаграмма железо -- углерод должна распространяться от железа до углерода. Железо образует с углеродом химическое соединение: цементит. Каждое устойчивое химическое соединение можно рассматривать как компонент, а диаграмму -- по частям. Так как на практике применяют металлические сплавы с содержанием углерода до 6,67 %, то рассматриваем часть диаграммы состояния от железа до химического соединения цементита, содержащего углерод.

Железо -- это металл сероватого цвета, атомная масса которого равна 55,85, а атомный радиус -- 0,127 нм. Температура плавления 1539 °С. В твердом состоянии железо имеет кристаллическую решетку, для которой характерно два возможных состояния, называемых полиморфной модификацией и обозначаемых как α -Fe и γ -Fe. Существование этих модификаций зависит от температуры нагрева.

Для α -Fe характерна объемноцентрированная кубическая решетка, которая существует при температурах менее $T \leq 910^\circ\text{C}$ и в диапазоне $T = 1392 \div 1539^\circ\text{C}$. В диапазоне температур $T = 910 \div 1392^\circ\text{C}$ железо существует в форме γ -Fe.

Углерод является неметаллическим элементом, который растворяется в железе как в жидком, так и в твердом состоянии. Чаще всего система Fe-C существует в виде жидкого сплава или твердого раствора. Твердыми растворами называют такие фазы, в которых один из компонентов сохраняет свою кристаллическую структуру, а атомы других компонентов присутствуют в решетке первого, изменяя ее размеры. Различают твердые растворы замещения и внедрения.

Твердый раствор углерода и других примесей в α -Fe называется ферритом. Углерод при этом располагается в центре грани куба, в котором может поместиться сфера радиусом, равным $0,29R$, где R -- атомный радиус железа.

Раствор углерода и других примесей в γ -Fe называют аустенитом. Атом углерода при этом размещается в центре куба со вписанной сферой радиусом $0,41R$. Аустенит характеризуется высокой пластичностью и низкой прочностью.

Наиболее распространенными сплавами на основе железа являются сталь и чугун, которые представляют собой твердые растворы (сплавы) железа Fe с углеродом C. Если содержание углерода в растворе менее 2,14%, то такой сплав называется сталью, а если больше 2,14%, то чугуном. Граница разделения чугуна и стали соответствует предельной растворимости

углерода в аустените. Стали после затвердевания не содержат хрупкой структурной составляющей и при высокотемпературном нагреве имеют только аустенитную структуру, обладающую высокой пластичностью. По этой причине стали легко деформируются при нормальных и повышенных температурах, т.е. являются ковкими материалами. В отличие от сталей чугуны характеризуются хрупкостью, но обладают хорошими литейными свойствами, в том числе более низкими температурами плавления.

Чугун – сплав железа Fe и углерода C (свыше 2,14%), содержащие постоянные примеси марганца, кремния, фосфора и серы, а также при необходимости легирующие элементы. Повышенное содержание углерода улучшает его литейные свойства при одновременном увеличении хрупкости. Благодаря хорошим литейным свойствам и низкой стоимости чугун используется для изготовления конструкций сложных конфигураций. Из-за своей относительно низкой стоимости чугун применяется для изготовления массивных деталей, например, корпусных, и различного рода станин, а также для маховиков при окружной скорости не выше 30 м/с. Не рекомендуется применять серый чугун при действии на детали машин больших крутящих моментов. В случае ударов, больших усилий, необходимости экономии массы и т. п. при изготовлении деталей машин отливкой переходят от серого чугуна к высокопрочному чугуну или к стальному литью. Высокопрочный чугун значительно прочнее серого чугуна и с успехом может заменять стальное литье и поковок из углеродистой стали.

Чугун можно рассматривать как сталь, пронизанную графитом, который играет роль надрезов, ослабляющих металлическую основу структуры. В этом случае механические свойства чугуна зависят от характера распределений включений графита и от их величины. Чем меньше графитовых включений и чем они мельче, тем выше прочность чугуна. Таким образом, можно сказать, что для чугуна характерно нарушение сплошности, и это обстоятельство делает его малочувствительным к всевозможным концентраторам.

В отличие от стали чугун не подвержен остаточному пластическому деформированию, следовательно, не имеет предела текучести. Для чугунов характерным является только предел прочности, причем предел прочности при сжатии σ_{bc} оказывается существенно выше, чем предел прочности при растяжении σ_{bt} .

Важной механической характеристикой любого материала является модуль упругости. Для чугунов его величина может быть рассчитана по формуле $E = (4,5 \dots 5) 100 \sigma_b$, если предел прочности находится в границах $\sigma_b = 100 \dots 300$ МПа.

Для этих материалов не в полной мере справедлив закон прямой пропорциональной зависимости деформации от нагрузки. По этой причине решения, полученные методами теории упругости, применительно к чугунам могут иметь значительно большие погрешности, чем при расчете других материалов.

В зависимости от структуры и состояния, в котором находится углерод (свободный или химически связанный), различают серые, белые и ковкие чугуны. Чугуны также классифицируют в зависимости от назначения – на конструкционные и со специальными свойствами; и от химического состава – на легированные и нелегированные.

Цветные металлы входят в состав различных сплавов. Наибольшее применение получили медные сплавы (бронзы, латуни), обладающие антифрикционной, антикоррозионной, и алюминиевые сплавы (дюралюминий), обладающие легкостью. Однако эти металлы значительно дороже черных.

Медь – это металл красноватого цвета плотностью 8,94 г/см³, имеющий гранцентрированную кубическую решетку с периодом $a = 0,31607$ нм.

Медь в чистом виде характеризуется высокой электро- и теплопроводностью, хорошей об-

рабатываемостью давлением, небольшой прочностью и применяется для изготовления токопроводящих деталей. На основе меди получают различные сплавы, которые широко используются в качестве материалов для изготовления различных деталей. Эти сплавы обладают хорошими механическими и антикоррозионными свойствами, они износостойки, имеют низкий коэффициент трения, высокую электро- и теплопроводность. Различают две основные группы медных сплавов: латунь и бронза. В латунях основным легирующим элементом является цинк, в бронзах – иные элементы.

Легирующие элементы в марках медных сплавов обозначают следующими буквами: А – алюминий, Н – никель, О – олово, Ц – цинк, С – свинец, Ж – железо, Мц – марганец, К – кремний, Ф – фосфор, Т – титан.

Рекомендации по организации и проведению лабораторных работ

Лабораторная работа как вид учебного занятия должна проводиться в специально оборудованных учебных лабораториях. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности обучающихся, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ и практических занятий предшествует проверка знаний обучающихся их теоретической готовности к выполнению задания.

По каждой лабораторной работе и практическому занятию образовательным учреждением должны быть разработаны и утверждены методические указания и рекомендации по их проведению.

Лабораторные работы могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично-поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от обучающихся самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы и инструктивной и справочной литературы и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что обучающиеся должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания. При планировании лабораторных работ и практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации обучающихся на лабораторных работах: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 – 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Для повышения эффективности проведения лабораторных работ рекомендуется: разработать сборники задач, заданий и упражнений, сопровождающихся методическими указаниями, применительно к конкретным специальностям; разработать задания для автоматизированного тестового контроля за подготовленностью обучающихся к лабораторным работам;

подчинение методики проведения лабораторных ведущих дидактическим целям соответствующим условиям для

обучающихся; использование в практике преподавания лабораторных работ, построенных на про-

блемной основе; применение коллективных и групповых форм работы, максимальное использование индивидуальных форм с целью повышения ответственности каждого обучающегося за самостоятельное выполнение полного объема работ;

проведение лабораторных работ на повышенном уровне сложности с включением в них заданий, связанных с выбором обучающегося, условий выполнения работы, конкретизацией целей, самостоятельным отбором необходимого оборудования; подбор дополнительных задач и заданий для обучающихся, работающих в более быстром темпе, для эффективного использования времени, отводимого на лабораторные.

Рекомендации по проведению практических занятий

Цель практических занятий заключается в следующем: закрепить у студентов положения теории и углубить знания предмета; выявить практическое значение теоретических положений; научить студентов правильно пользоваться нормативными актами при решении конкретных вопросов по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»; содействовать развитию навыков самостоятельной работы; развивать умение публично выступать.

Проведение практических занятий имеет также своей целью осуществление контроля преподавателя за ходом изучения соответствующего предмета студентами.

Подготовка к проведению занятий.

При подготовке к занятию следует прежде всего решить, что нужно сделать до занятия, чтобы правильно его построить.

Успешное проведение занятий возможно при продуманной, четкой и технически обеспеченной организации их.

Подготовка преподавателя к проведению занятий заключается:

- в определении объема и характера учебного материала, подлежащего изучению и использованию на занятии студентами в соответствии с планами занятий;
- в установлении числа задач, последовательности их рассмотрения, т.е. в планировании и определении учебного материала в зависимости от количества отведенных для данной темы часов;
- в выборе методических приемов введения занятий;
- в подборе соответствующего законодательного материала (обеспечения занятий сборниками нормативных материалов, справочниками и т.д.);
- в формулировании вопросов, которые должны быть поставлены в связи с решением задач.

Далее должен быть составлен рабочий план каждого занятия, в котором могут быть указаны: вопросы, задаваемые студентам по теме занятия до рассмотрения задач; какие задачи должны быть рассмотрены; какие дополнительные вопросы следует выяснить при решении задач; краткие решения задач; кого из студентов следует вызвать, по какой задаче, какой вопрос ему поставить.

Проведение практического занятия.

Методические правила (приемы) проведения практических занятий сводится к следующему:

а) небольшая часть времени на первом занятии может быть отведена на разъяснение целей практических занятий по данному предмету. Объясняется также метод ведения занятий и ообщаются основные требования к содержанию и форме выступления студентов, которые должны содержать суждения, опирающиеся на положения теории;

б) в начале каждого занятия должна проверяться явка студентов, соответствующие пометки о которой вносятся преподавателем в специальный журнал. Далее выясняется, нет ли среди присутствующих неподготовленных к занятию. В соответствующих графах журнала преподаватель отмечает качество ответов каждого студента. Такой контроль дисциплинирует студентов, обязывает их регулярно готовиться к занятиям, он важен в дальнейшем для экзамена.

При рассмотрении сложных задач, состоящих из нескольких частей, полезно давать решение по каждой части в отдельности, вызывая с этой целью несколько студентов;

Вопросы по ходу решения задачи должны формулироваться преподавателем четко и ясно. Если студент не уяснил вопроса, его нужно повторить.

Нужно добиваться полных и правильных ответов. Нельзя ограничиваться приблизительным, поверхностным ответом и переходить к следующему вопросу. Не следует перебивать правильно отвечающего студента, ставя перед ним новый вопрос, пока он полностью не ответил на предыдущий. Поставив вопрос, преподаватель не должен на него отвечать сам, не попытавшись получить ответ от группы.

Подведение итогов практического занятия.

После того, как предложено и убедительно обосновано кем-либо из студентов решение задачи и нет желающих предложить другое решение в целом или в частности, рекомендуется прекратить обсуждение задачи.

Прекращая обсуждение задачи, преподаватель должен быть уверен, что решение понято группой. Если этого убеждения у преподавателя нет, если часть группы не поняла решения или предлагает другое, то преподаватель обязан еще раз разъяснить правильное решение или пояснить ошибочность другого решения. С этой целью он может в отдельных случаях использовать выступления тех студентов, которые правильно решили задачу и могут успешно оспорить доводы товарищей, стоящих на ошибочной точке зрения.

Когда правильное решение задачи найдено и понято, преподаватель должен сделать резюме. Подводя итоги обсуждения, он объясняет, в чем состояли ошибки в ответах или выступлениях студентов, не поправленные им ранее, указывает, кто предложил правильное решение, формулирует выводы.

При недостаточности времени для развернутого рассмотрения всех задач, намеченных к занятию, следует перенести разбор нерешенных задач на очередное занятие, если это позволяют сделать тематика и график. В противном случае целесообразно в конце занятия сообщить кратко решение этих задач с указанием нормативного материала. Это, конечно, не исключает просмотра после занятия (или на консультации) записи решения указанных задач в тетрадях отдельных студентов.

Методические рекомендации преподавателям по подготовке к занятиям по учебным дисциплинам профессионального модуля/УГНТУ, каф. ТМО; сост.: С.Ш.Абызгильдина [и др.]. - Уфа : УГНТУ, 2021. - 796 Кб. - Текст :

электронный. http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/TMO/Mazina12928.pdf

Методические рекомендации по СРО

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

На основании компетентного подхода к реализации профессиональных образовательных программ, видами заданий для самостоятельной работы являются:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и информационно-телекоммуникационной сети Интернет и др.

- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции, обработка текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей), повторная работа над учебным материалом, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др.), завершение аудиторных практических работ и оформление отчетов по ним, подготовка

мультимедиа-сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), материалов-презентаций, подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов. Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа проводится в виде упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

1. готовность студентов к самостоятельному труду;
2. наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;
3. консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа способствует формированию компетенций, тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и ответственность.

СРО – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (возможно частичное непосредственное участие преподавателя при сохранении ведущей роли студентов). Целью СРО является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней.

Задачи СРО: систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов; углубление и расширение теоретической подготовки; формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу; развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации; развитие исследовательских умений; использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Функции СРО: развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов); информационно-обучающая (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной); ориентирующая и стимулирующая (процессу обучения придается ускорение и мотивация); воспитательная (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста и гражданина); исследовательская (новый уровень профессионально-творческого мышления). В основе СРО лежат следующие принципы: 1. развития творческой деятельности; 2. целевого планирования; 3. личностно-деятельностного подхода. СРО – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом.

Методологическую основу СРО составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРО определяется федеральным государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами по образовательным программам, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРО: учебниками, учебными пособиями 9 и методическими руководствами, учебно-методическими рекомендациями и т.д. Планируемые результаты грамотно организованной СРО предполагают: усвоение знаний, формирование профессиональных умений, навыков и компетенций будущего специалиста; закрепление знания теоретического материала практическим путем; воспитание потребности в самообразовании; максимальное развитие познавательных и творческих способностей личности; побуждение к научно-исследовательской работе; повышение качества и интенсификации образовательного процесса; формирование интереса к избранной профессии и овладению ее особенностями; осуществление дифференцированного подхода в обучении. применение полученных знаний и практических навыков для анализа ситуации и выработки правильного решения, для формирования собственной позиции, теории, модели. Реализация СРО осуществляется в соответствии с учебно-тематическим планом по каждой учебной дисциплине. Выбор учебных заданий определяется учебным планом по всем направлениям подготовки.

При изучении дисциплин основных профессиональных образовательных программ, реализуемых в УГНТУ, практикуются разные виды и формы самостоятельной работы студентов. Для индивидуализации образовательного процесса СРО можно разделить на базовую и дополнительную. Базовая СРО обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям и контрольным мероприятиям для всех дисциплин учебного плана. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях и в качестве выполненных контрольных работ, тестовых заданий, сделанных докладов и других форм текущего контроля. Базовая СРО может включать следующие формы работ: – изучение лекционного материала, предусматривающее проработку конспекта лекций и учебной литературы; – поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса; – выполнение домашнего задания или домашней контрольной работы, выдаваемых на практических занятиях; – освоение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; – подготовка к практическим занятиям; – подготовка к контрольной работе или коллоквиуму; – подготовка к зачету, различным видам аттестации; – написание реферата по заданной теме. Дополнительная СРО направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины. К ней относятся: подготовка к экзамену/зачету; выполнение расчетно-графической работы; исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах; анализ научной публикации по заранее определенной преподавателем теме; анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов и др. В учебном процессе учебного заведения выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданиям. Основными формами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются: текущие консультации; коллоквиум как форма контроля освоения теоретического содержания дисциплин; прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий); выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин (руководство, консультирование и защита курсовых работ (в часы, предусмотренные учебным планом); прохождение и оформление результатов практик (руководство и оценка уровня сформированности профессиональных умений и навыков); выполнение выпускной квалификационной работы (руководство, консультирование и защита выпускных квалификационных работ) и др. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Основными формами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором

учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);

- написание рефератов, – подготовка к практическим занятиям (подготовка сообщений, докладов, заданий);

- овладение студентами конкретных учебных модулей, вынесенных на самостоятельное изучение;

- подбор материала, который может быть использован для написания рефератов, курсовых и квалификационных работ;

- подготовка презентаций; – составление глоссария, кроссворда по конкретной теме и др.

Следует принимать во внимание, что границы между этими видами работ относительно, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Студенты в ходе выполнения самостоятельной работы должны руководствоваться ориентировочной основой деятельности на каждом этапе: 1 этап – определить цели самостоятельной работы; 2 этап – конкретизировать познавательные (практические или проблемные) задачи; 3 этап – оценить собственную готовность к самостоятельной работе по решению познавательных задач; 4 этап – выбрать оптимальный способ действий (технологии, методы и средства), ведущий к достижению поставленной цели через решение конкретных задач; 5 этап – спланировать (самостоятельно или с помощью преподавателя) программу самостоятельной работы; 6 этап – реализовать программу самостоятельной работы; 7 этап – проанализировать и сделать выводы по результатам самостоятельной работы.

Планирование и контроль преподавателем самостоятельной работы студентов необходим для успешного ее выполнения. Преподаватель заранее планирует систему самостоятельной работы, учитывает все ее цели, формы, рекомендует учебную и научную информацию и методические средства коммуникаций, продумывает свое участие и роль студента в этом процессе. Вопросы для самостоятельной работы студентов, указанные в рабочей программе дисциплины, предлагаются преподавателями в начале изучения дисциплины. Студенты имеют право выбирать дополнительно интересующие их темы для самостоятельной работы.

Основы материаловедения Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся по программе среднего профессионального образования 15.01.36 «Дефектоскопист»/УГНТУ, каф.МЗК; сост.: Киреев Д.М., Бондарь М.А., -Уфа : УГНТУ, 2021. - 854 Кб. - Текст : электронный http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/MZK/Kireev12959.pdf