

**Методические указания для
обучающихся по выполнению
практических работ по
ОП. 04 Материаловедению**

**профессия
13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию элек-
трооборудования (по отраслям).**

ОДОБРЕНА
на заседании ЦМК

Протокол № _____
от «__» _____ 20__ г.

Руководитель ЦМК
_____ / _____

Разработала:
Каркавина Н.В.

Методические материалы для обучающихся обозначает комплекс четко сформулированных рекомендаций, указаний по выполнению лабораторных и практических занятий, заданий на учебной и производственной практике, выполнению курсовых и дипломных работ и другое.

Методические рекомендации предназначены педагогам среднего профессионального образования, реализующим основные профессиональные образовательные программы в рамках компетентностного подхода, для всех профессий и специальностей. Рекомендации для преподавателей разработаны в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами по профессиям и специальностям СПО, реализуемыми в ГПОУ «Осинниковский политехнический техникум».

Методические рекомендации устанавливают порядок оформления, требования к структуре лабораторных работ и практических занятий для контроля знаний, умений и профессионального опыта обучающихся и студентов по дисциплинам и профессиональным модулям, входящим в основные профессиональные образовательные программы.

Выполнение практических занятий должно способствовать формированию компетенций, более глубокому пониманию, освоению и закреплению учебного материала, развитию логического мышления, аккуратности, умению делать выводы.

Одобрено на заседании
Методического совета
ГПОУ «Осинниковский политехнический техникум».
Протокол № 8 от 11 сентября 2021 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Нормативные ссылки	4
Основные понятия и определения	4
1. Введение	5
2. Методические указания по выполнению практических работ	8
3. Примерные хронокарты различных видов учебных занятий	11
Приложение	12
Список литературы	22

Пояснительная записка

Настоящие методические указания предназначены для проведения практических занятий по дисциплине ОП. 04 Материаловедение и оказания помощи обучающимся при выполнении практических работ. Представленные практические работы являются средством для формирования умений и навыков у обучающихся в целях закрепления теоретического материала по дисциплине ОП. 04 Материаловедение. Практические работы ориентированы на создание условий для мыслительной деятельности обучающихся, развития операций анализа, систематизации, обобщения.

Цели и задачи дисциплины - **требования к результатам освоения дисциплины:**

Уметь:

- У 1** - определять свойства и классифицировать материалы, применяемые в производстве, по составу, назначению и способу приготовления;
- У 2** - подбирать основные конструкционные материалы со сходными коэффициентами теплового расширения;
- У 3** - различать основные конструкционные материалы по физико-механическим и технологическим свойствам;

знать:

- З 1** - виды, свойства и области применения основных конструкционных материалов, используемых в производстве;
- З 2** - виды прокладочных и уплотнительных материалов;
- З 3** - виды химической и термической обработки сталей;
- З 4** - классификацию и свойства металлов и сплавов, основных защитных материалов, композиционных материалов;
- З 5** - методы измерения параметров и определения свойств материалов;
- З 6** - основные сведения о кристаллизации и структуре расплавов;
- З 7** - основные свойства полимеров и их использование;
- З 8** - способы термообработки и защиты металлов от коррозии.

Структура методических указаний соответствует рабочей программе учебной дисциплины ОП. 04 Материаловедение, которая выполнена в соответствии с требованиями ФГОС СПО.

Каждая практическая работа содержит: тему, цели работы, порядок выполнения работы, а так же перечень контрольных вопросов. Для получения дополнительной, более подробной информации по изучаемым вопросам, приведен список рекомендуемой литературы.

В указаниях представлены различные варианты заданий:

- ✓ на воспроизведение изученного материала;
- ✓ для развития мыслительных операций;
- ✓ для практического применения полученных теоретических знаний.

Методические указания включает в себя:

Раздел 1. Общие сведения о материалах.

- Строение металлов
- Методы изучения свойств металлов и сплавов
- Сплавы железа с углеродом
- Термическая обработка
- Коррозия металлов и методы борьбы с ней

Раздел 2. Основные группы материалов, их свойства и применение

- Чугуны
- Стали
- Цветные металлы и сплавы
- Стали и сплавы с особыми свойствами
- Инструментальные материалы
- Материалы для сварки
- Материалы для пайки
- Классификация неметаллических материалов
- Классификация композиционных материалов

В процессе подготовки к практическим занятиям необходимо тщательно изучить лекционный материал, рекомендуемую литературу.

Выполнение заданий обучающимися на практических занятиях основывается на подобранном материале по соответствующим темам.

Практические и лабораторные работы оформляются в отдельной тетради.

По учебной дисциплине ОП. 04 Материаловедение обучающиеся выполняют 10 практических работ.

Оценки за практические и лабораторные работы являются формой текущей аттестации.

Условием получения зачёта по дисциплине является выполнение всех практических и лабораторных работ.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ОП. 04 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Тема по учебному плану	Название практического занятия	Кол-во часов	Формируемые умения
Тема 1.1. Общие сведения о структуре, составе, свойствах и классификации материалов	ПЗ № 1. Составление классификации материалов по составу, назначению и способу приготовления. Определение свойств материалов по справочным таблицам.	1	У 1 У 3
Тема 2.1. Металлы и сплавы	ПЗ № 2. Составление классификации основных конструкционных материалов по физико-механическим и технологическим свойствам.	1	У 1 У 2 У 3
	ПЗ № 3. Составление характеристик сплавов железа с углеродом по справочной таблице.	1	У 1 У 2 У 3
	ПЗ № 4. Расшифровка марок меди и ее сплавов, марок алюминия и его сплавов, марок магния и его	1	У 1 У 2

	сплавов, марок титана и его сплавов.		У 3
	ПЗ № 5. Составление характеристик сплавов цветных металлов по справочной литературе.	1	У 1 У 2 У 3
	ПЗ № 6. Выбор механической обработки металла. Выбор способа термической обработки металла.	1	У 1 У 2 У 3
Тема 2.2. Неметаллические материалы	ПЗ № 7. Составление таблиц с основными параметрами полимеров.	1	У 1 У 2 У 3
	ПЗ № 8. Составление таблиц с основными параметрами твердых неорганических диэлектриков.	1	У 1 У 2 У 3
Тема 2.3. Свойства и применение вспомогательных материалов	ПЗ № 9. Выбор марки припоя и флюса по условиям пайки.	1	У 1 У 3
	ПЗ № 10. Составление таблиц с основными параметрами смазочных антикоррозионных материалов.	1	У 1 У 3
	ИТОГО:	10	

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

В методических указаниях по выполнению практических занятий описание практических занятий должно быть изложено связно, в дидактической и методической последовательности. Название практических занятий должно включать порядковый номер работы в выполняемой последовательности, в соответствии с рабочей программой дисциплины, календарно-тематическим планированием.

Структура методических указаний по выполнению практических занятий включает:

1. Титульный лист. **(Приложение №1)**

2. Содержание - упорядоченный перечень наименований всех структурных элементов методических указаний (кроме обложки, титульного листа и оборотной стороны титульного листа) с указанием номеров страниц. **(Приложение №2)**

3. Введение (Пояснительная записка). **(Приложение №3)**

Во введении:

- обосновывается выбор тематики в соответствии с ее значимостью в изучении дисциплины;
- назначение методических указаний;
- укрупненные требования к знаниям и умениям обучающихся после проведения практических занятий по данной дисциплине;
- дается количество часов, отводимых на выполнение практических занятий;

- прогнозируется ожидаемый результат, т. е. приобретенные навыки владения современными методами работы с применением оборудования, технических средств и т. д.

4. Перечень практических занятий. Перечисляется каждая работа с указанием номера. **(Приложение №4)**

Для каждого занятия приводится:

Введение (если отсутствует общее).

Обучающийся должен знать, что выполнению каждого занятия предшествует проверка готовности обучающегося преподавателем, после выполнения задания необходимо представить отчет о проделанной работе.

Цель занятия должна определять требования к приобретению практических умений, освоению профессиональных компетенций и применению теоретических знаний.

Задачи занятия. Задачами практического занятия могут быть:

- овладение методиками экспериментального исследования и обработки полученных результатов;

- приобретение практических умений работы с приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, компьютерной техникой, составляющих часть профессиональной практической подготовки.

Задачи практического занятия должны соответствовать целям проведения практического занятия, осваиваемым компетенциям, умениям.

Теоретическая часть. Теоретическая часть практического занятия должна содержать:

- формулировку темы;

- основные теоретические положения необходимые для формирования целостного представления о содержании и задачах практического занятия;

- поясняющие схемы, чертежи, формулы, рисунки и т.д., при необходимости-конкретные числовые примеры, примеры расчетов, способствующие усвоению материала.

Описание оборудования (используемых программных комплексов). Раздел описания оборудования должен содержать:

- описание конструктивных особенностей используемого в работе оборудования (установок, измерительных приборов и др.);

- порядок его настройки, регулировки, технические параметры.

Задание. Задание на выполнение практического занятия должно содержать:

- характеристику состава и особенностей заданий работы;

- руководство по подготовке оборудования, приборов к работе;

- измерение величин, определение соответствующих характеристик, показателей;

- порядок обработки данных, их анализ, обобщение, установление соответствия нормам и/или сравнения с известными данными и т. д.;
- характеристику требований к результату работы.

Задания практического занятия должны быть спланированы так, чтобы за отведенное время могли быть выполнены в полном объеме большинством обучающихся. Количество часов, отводимое на практического занятия, определяется учебным планом.

Методика выполнения задания. Методика выполнения практического занятия должна содержать:

- характеристику требований к теоретическим знаниям;
- порядок постановки экспериментальной части практического занятия;
- объяснение подходов (методов, способов, приемов) к выполнению заданий;
- описание последовательности действий при выполнении заданий;
- рекомендации по организации исследований, их технического и программного обеспечения;
- порядок воспроизведения изучаемого явления;
- указания по самоконтролю результатов выполнения заданий обучающимися.

Контрольные вопросы. Контрольные вопросы для самопроверки охватывают весь изучаемый материал и позволяют определить уровень освоения теоретической и практической частей практического занятия.

Требования к содержанию и оформлению отчета по практическому занятию.

Отчет по практическому занятию должен содержать:

- название и цель занятия;
- краткое изложение основных теоретических положений, на которых базируется данное занятие;
- краткое описание порядка выполнения занятия;
- результаты эксперимента (например, в виде таблиц, куда заносятся все экспериментальные данные и результаты расчетов);
- к отчету прилагаются графики в случае необходимости графической интерпретации полученных результатов или другие материалы;
- вывод по занятию, соответствующий полученным результатам, если обнаружены отклонения от теоретических закономерностей, указывается их предполагаемая причина.

Критерии оценки результатов выполнения практического занятия. Критерии оценки результатов выполнения работы четко прописываются в зависимости от требований к занятию, возможно преподаватель при оценивании будет

учитывать ход выполнения работы, представленный отчет, скорость выполнения и т.д. называются требованиями и процедура выставления оценки за работу.

Критериями оценки результатов выполнения практического занятия могут являться:

- степень реализации цели и задач занятия;
- степень овладения запланированными умениями и навыками;
- качество оформления отчета;
- степень соответствия результатов занятия заданным требованиям и т.д..

5.Список литературы. Список литературы должен включать основные и дополнительные рекомендуемые литературные источники.

Образец оформления практического занятия

(приложение №5)

3. ПРИМЕРНЫЕ ХРОНОКАРТЫ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

№ п/п	Этапы и содержание занятия	Время
1.	<i>Вступительная часть занятия.</i>	5 мин.
1.1.	Объявление темы, цели занятия.	
1.2.	Оценка готовности аудитории, оборудования и студентов.	
1.3.	Характеристика содержания, порядка проведения и оценки результатов практического занятия.	
2.	<i>Актуализация базовых (теоретических) знаний студентов.</i> (перечисляются формы и методы диагностики знаний, умений и навыков студентов, необходимых для выполнения практического занятия)	10-15 мин.
3.	<i>Самостоятельная работа студентов под контролем преподавателя.</i> (перечисляются этапы самостоятельной работы студентов с методическими пособиями, алгоритмами и пр.)	30 мин.
4.	<i>Отработка практических умений и навыков.</i>	10 - 15 мин.
5.	<i>Контроль качества знаний, умений и навыков студентов по теме занятия.</i>	10 - 15 мин.
6.	<i>Заключительная часть занятия.</i>	5 - 10 мин.
6.1	Обобщение, выводы по теме.	
6.2	Оценка работы студентов на занятии.	
6.3	Домашнее задание.	

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
«ОСИННИКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО
ЗАНЯТИЯ**

ОП. 04 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию
электрооборудования (по отраслям)**

Рассмотрено:

на заседании ЦМК

профессий технического профиля

« ____ № _____ 20 ____ г.

Протокол № _____

_____ / Ф.И.О. *руководителя ЦМК*

Разработал:

преподаватель

Каркавина Н. В.

Осинники
2021

Содержание

Пояснительная записка	3
Перечень практических работ	4
Практическое занятие № 1	5
Практическое занятие № 2	9
Практическое занятие № 3	13
Практическое занятие № 4	16
Практическое занятие № 5	21
Практическое занятие № 6	23
Практическое занятие № 7	26
Практическое занятие № 8	29
Практическое занятие № 9	32
Практическое занятие № 10	35
Список литературы	39

Пояснительная записка

Содержанием данного методического пособия являются методические указания и индивидуальные задания для выполнения практических работ по учебной дисциплине Основы электротехники.

Освоение дисциплины предполагает практическое осмысление изученного теоретического учебного материала на практических занятиях, в процессе которых обучающиеся должны закрепить и углубить теоретические знания, приобрести необходимые умения и навыки, требующиеся будущему специалисту.

Проведение практических занятий следует четко спланировать и подготовить. Обучающиеся должны повторить соответствующий учебный материал.

Практические занятия рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- вводная беседа и проверка готовности обучающихся к занятиям;
- выдача задания;
- самостоятельная работа обучающихся;
- подведение итогов занятия.

По окончании каждой практической работы обучающиеся должны оформить практическую работу в отдельной тетради (*отчеты на формате А4 в соответствии с требованиями стандартов*) и сдать преподавателю на проверку. Неполные работы и работы, имеющие грубые ошибки, возвращаются обучающимся для окончательной доработки. За неаккуратное и неправильное оформление практической работы, а также ее несвоевременную сдачу преподавателю оценка снижается.

В данном методическом пособии, составленном в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины представлено 10 практических занятий.

Оценки за практические работы являются формой текущей аттестации.

Условием получения зачёта по дисциплине является выполнение всех практических работ.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Тема по учебному плану	Название практической работы	Кол-во часов	Формируемые компетенции, умения
Тема 1.1. Общие сведения о структуре, составе, свойствах и классификации материалов	ПЗ № 1. Составление классификации материалов по составу, назначению и способу применения. Определение свойств материалов по справочным таблицам.	1	ПК 1.3. ОК 2 У1
Тема 2.1. Металлы и сплавы	ПЗ № 2. Составление классификации основных конструкционных материалов по физико-механическим и технологическим свойствам.	1	ПК 1.3 ОК 2 У1
	ПЗ № 3. Составление характеристик сплавов железа с углеродом по справочной таблице.	1	ПК 1.3. ОК 2 У1
	ПЗ № 4. Расшифровка марок меди и ее сплавов, марок алюминия и его сплавов, марок магния и его сплавов, марок титана и его сплавов.	1	ПК 1.3. ОК 2 У1
	ПЗ № 5. Составление характеристик сплавов цветных металлов по справочной литературе.	1	ПК 1.3. ОК 2 У1
	ПЗ № 6. Выбор механической обработки металла. Выбор способа термической обработки металла.	1	ПК 1.3. ОК 2 У5
Тема 2.2. Неметаллические материалы	ПЗ № 7. Составление таблиц с основными параметрами полимеров.	1	ПК 1.3. ОК 2 У1
	ПЗ № 8. Составление таблиц с основными параметрами твердых неорганических диэлектриков.	1	ПК 1.3. ОК 2 У3
Тема 2.3. Свойства и применение вспомогательных материалов	ПЗ № 9. Выбор марки припоя и флюса по условиям пайки.	1	ПК 1.3. ОК 2 У2
	ПЗ № 10. Составление таблиц с основными параметрами смазочных антикоррозионных материалов.	1	ПК 1.3. ОК 2 У2

ПЗ № 1. Составление классификации материалов по составу, назначению и способу применения. Определение свойств материалов по справочным таблицам.

Ознакомиться с разделом «Принципы классификации материалов».

Изучить материал по каждой отдельной группе материалов в следующем объеме:

- а) название группы материалов;
- б) принцип маркировки: значение букв и цифр марки;
- в) по возможности воспроизвести весь ряд сплавов данной группы от первого до последнего;
- г) ознакомиться с табличными данными на предмет их соответствия марке материала;
- д) ознакомиться с областью применения материалов данной группы;
- е) с целью облегчения дальнейшего использования материала в последующих инженерных дисциплинах рекомендуется указывать номер ГОСТа, по которому поставляется изготовителем и принимается заказчиком тот или иной материал.

Ход практической работы:

Для указанных марок сплавов определить (таблица 1):

- химический состав;
- название.

Таблица 1

Марка сплава	Название	Химический состав

1.3. Классификация материалов

В технике и быту применяется очень много разнообразных по составу, происхождению, свойствам и назначению материалов. И самой первой и самой простой классификацией всех материалов на группы является деление их на металлы и неметаллы. Поскольку круг рассматриваемых материалов в данной разработке ограничен металлами и их сплавами, приведем отличительные признаки металлов и неметаллов.

Отличительной особенностью металлов является их кристаллическое упорядоченное строение и способность деформироваться ковкой, что было отмечено еще М.В. Ломоносовым. Однако, более типичными свойствами металлов и их сплавов являются высокие тепло - и электропро-

водность, увеличивающиеся с понижением температуры. Теория твердого тела выбирает в качестве главного физического критерия металлического состояния температурный ход электропроводности $\rho(T)$: у металлов при $T \rightarrow 0, \rho \rightarrow 0$, а у неметаллов $\rho \rightarrow \infty$. В ассортимент неметаллов включаются пластмассы, волокна, пленки, резины, клеи, древесина, стекло, керамика, лакокрасочные покрытия и т.д.

Из известных к настоящему времени 111 химических элементов 83 относят к металлам, хотя некоторые с оговоркой (Bi, Sb, Si), поскольку имеют свойства металлов и неметаллов. Заметное производство и применение нашли около 30 металлов, при этом на долю, железа приходится более 90%, а на долю всех остальных менее 10%. Кроме того, следует иметь в виду, что в чистом виде металлы применяются редко. Чаще всего используются сплавы на их основе, так как сплавы имеют более высокие механические свойства и обладают комплексом специальных свойств: жаропрочностью, кислотостойкостью, магнитными свойствами и т.д. На основе железа производят сталь и чугун. Объем производства стали является важнейшим показателем технической и экономической мощи страны.

Число металлических сплавов, применяемых в технике, очень велико, при этом оно постоянно возрастает в связи с растущими требованиями многих отраслей промышленности. Классифицировать эти сплавы по одному признаку не удастся, так как их состав, свойства, назначение и способы производства слишком многообразны. Поэтому существуют несколько признаков, по которым классифицируют сплавы: по химическому составу, по назначению, по свойствам, по способу выплавки, по степени раскисления, по структуре, качеству и т.д.

По химическому составу классификация основана на указании главного или основного компонента сплава, на основе которого сплав составлен: железо, медь, алюминий и т.д. Такая классификация позволяет распределить сплавы на небольшое число основных классов: а) сплавы на основе железа (стали, чугуны), б) медные сплавы (бронзы и латуни), в) алюминиевые сплавы (авали, дюралюмины, силумины), г) магниевые сплавы, д) титановые сплавы, е) оловянистые и свинцовистые сплавы для подшипников (баббиты) и т.д. А самая большая группа сплавов - стали, в свою очередь, делится по химическому составу на 2 группы: углеродистые (нелегированные) стали и легированные.

По назначению стали делятся на 3 основные группы: конструкционные, инструментальные и стали специального назначения. Конструкционные стали должны обладать высокими прочностью, пластичностью и вязкостью в сочетании с хорошими технологическими свойствами: легко обрабатываться давлением, резанием, хорошо свариваться и т.д. Стали конструкционные используются для изготовления деталей машин, механизмов в машиностроении и металлоконструкций в строительстве. Инструментальные стали должны обладать повышенной или высокой твердостью и износостойкостью, которые должны сохраняться при нагреве. Инструментальные стали применяются для изготовления инструмента для обработки металлов резанием, давлением, для изготовления мерительного инструмента. Специальные стали должны обладать какими-либо особыми свойствами: кислотостойкостью, жаропрочностью, магнитными или, наоборот, немагнитными свойствами и т.д. Основными потребителями сталей с особыми свойствами являются приборостроение, химические производства, ракетостроение, авиационное, военная спецтехника и т.д.

По качеству стали подразделяют на стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные. Основным признаком качества является содержание вредных примесей в сталях: серы и фосфора. Предельно допустимое содержание примесей в сталях разных категорий качества следующее:

	P	S
--	---	---

сталь обыкновенного качества	0,040%	0,050%
Качественная сталь	0,035%	0,035%
Высококачественная сталь	0,025%	0,025%
Особовысокачественная сталь	0,025%	0,015%

Категория обыкновенного качества относится только к сталям простым углеродистым (нелегированным), а две остальные категории относятся и к углеродистым, и к легированным сталям.

По степени раскисления (удаление кислорода из металла) стали могут быть спокойные (сп), полуспокойные (пс), и кипящие (кп), что указывается в марке. При одинаковом содержании углерода спокойные, полуспокойные и кипящие стали имеют практически одинаковую прочность. Главное их различие в пластичности, что отражается на штампуемости в холодном состоянии. Это обусловлено содержанием остаточного кремния в стали:

Кипящая <0,05%;

Полуспокойная сталь 0,05-0,15%;

Спокойная сталь 0,15 - 0,35%.

Чем больше кремния в стали, тем хуже штампуемость. Легированные стали выплавляются только спокойными в мартеновских или электрических печах. В качестве раскислителей металлурги используют марганец, кремний, алюминий.

По способу производства различают, стали конверторные, мартеновские, электросталь и стали особых методов выплавки: электрошлаковый переплав (ЭШП), вакуумно-индукционная плавка (ВИП), вакуумно-диффузионная плавка (ВДП), электронно-лучевой переплав (ЭЛП), плазменно-дуговая плавка (ПДП). Применение особых методов выплавки позволяет получить более чистый качественный материал.

Наряду с приведенными классификациями по общим признакам, относящимся к различным сталям, существуют более частные классификации отдельных групп сталей, которые требуют специальных знаний в области материаловедения и будут рассмотрены в соответствующих разделах этой дисциплины, например, классификация сталей по микроструктуре.

ПЗ № 2. Составление классификации основных конструкционных материалов по физико-механическим и технологическим свойствам.

Ход практической работы:

Для указанных марок сплавов определить (таблица 1):

- химический состав;
- название.

Таблица 1

Марка сплава	Название	Химический состав

--	--	--

Исходя из природы конструкционных и инструментальных материалов, их можно разделить на следующие основные группы:

1. Металлические материалы, к которым относятся:

- сплавы на основе железа – чистое железо, стали, чугуны (подробно рассмотрены ранее в курсе «Металловедение»);
 - стали и сплавы с особыми физическими свойствами – магнитные и немагнитные стали и сплавы, аморфные сплавы, сплавы с высоким электрическим сопротивлением, сплавы с эффектом памяти формы и т.д.);
 - цветные металлы и сплавы – алюминий и сплавы на его основе (деформирующиеся и литейные; упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой), медь и сплавы на ее основе (латуни, бронзы), титан и сплавы на его основе, подшипниковые сплавы и др.
 - композиционные материалы с металлической матрицей;

2. Неметаллические материалы:

- полимерные органические материалы – пластмассы (термореактивные и термопластичные), резины;
- композиционные материалы с неметаллической матрицей (стеклопластики, углепластики, оргпластики и др.);
- неорганические материалы (стекло, ситаллы, керамика);

3. Материалы со специальными свойствами - электронные материалы, материалы с особыми оптическими свойствами (волоконная оптика, люминофоры), проводниковые материалы.

Чистое железо - хороший проводниковый материал. Отсюда его применение в радио- и приборостроении. Чистое железо является магнитомягким материалом (легко намагничивается и размагничивается). Получить чистое железо достаточно трудно. По степени чистоты различают технически чистое железо - 0,006 - 0,025% С и химически чистое железо - 0 - 0,006% С.

Стали в свою очередь можно разделить на следующие группы:

- конструкционные стали (углеродистые, легированные, строительные, арматурные, машиностроительные цементуемые и улучшаемые, рессорно-пружинные, шарикоподшипниковые, и т.д.);
- инструментальные стали (стали для режущего инструмента, для измерительного инструмента, стали для штампов холодного деформирования, стали для штампов горячего деформирования, твердые сплавы и т.д.).

Инструментальные стали отличаются от конструкционных более высоким содержанием углерода. Соответственно они имеют более высокую твердость, прочность и более низкую пластичность.

Чугуны можно разделить на белые, серые, ковкие и высокопрочные. Они отличаются друг от друга по структуре и свойствам.

Белые чугуны хрупкие и твердые. Как конструкционный материал, применения не находят. Серые чугуны хорошо работают на сжатие и поэтому применяются для изготовления станин различных станков и другого оборудования. Ковкие чугуны имеют высокую прочность и наряду с этим хорошую пластичность. Применяются ковкие чугуны для деталей, работающих при высоких динамических, статических и вибрационных нагрузках. Высокопрочные чугуны имеют высокую прочность и твердость, хорошие литейные свойства. Применяются для изготовления коленчатых валов, крышек цилиндров, молотовых шаботов, траверс прессов, прокатных валков, корпусов насосов.

Кроме того, возможна классификация конструкционных материалов по свойствам, определяющим выбор материала для конкретных деталей конструкций. Каждая группа материалов оценивается соответствующими критериями, обеспечивающими работоспособность в эксплуатации. Универсальные материалы рассматриваются в нескольких группах, если возможность их применения определяется различными критериями.

В соответствии с выбранным принципом классификации все конструкционные материалы подразделяют на следующие группы:

- материалы, обеспечивающие жесткость, статическую и циклическую прочность (стали);
- материалы с особыми технологическими свойствами;
- износостойкие материалы;
- материалы с высокими упругими свойствами;
- материалы с малой плотностью;
- материалы с высокой удельной прочностью;
- материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды;

ПЗ № 3. Составление характеристик сплавов железа с углеродом по справочной таблице.

Цель работы: ознакомление с диаграммой состояния системы железо-углерод; ее анализ; классификация железоуглеродистых сплавов.

Оборудование и материалы: диаграмма железо-углерод, атлас макро- и микроструктур.

1. Теоретическое введение

1.1. Диаграмма состояния железо-углерод

Сплавы на основе железа и углерода – стали, и чугуны широко используются для создания конструкционных материалов в различных отраслях промышленности. Несмотря на бурное развитие технологии создания различного рода материалов роль железоуглеродистых сплавов по-прежнему остается исключительно важной. По этой причине именно сплавам системы железо-углерод уделяется достаточно большое внимание в процессе изучения предмета «материаловедение».

Железо – металл серебристого цвета. Температура плавления 1539 °С. Атомный радиус 1,27 Å. Железо существует в трех полиморфных модификациях:

- α -железо с ОЦК кристаллической решеткой стабильно при температурах ниже 911 °С. При температуре 911 °С точка *G* на диаграмме происходит полиморфное превращение



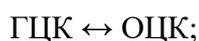
закключающееся в смене типа кристаллической решетки



- γ -железо с ГЦК решеткой стабильно в интервале температур 911-1392 °С. При температуре 1392 °С точка *N* на диаграмме происходит полиморфное превращение



закключающееся в смене типа кристаллической решетки



- δ -железо с ОЦК решеткой стабильно при температурах от 1392 °С до 1539 °С (температура плавления железа);

Углерод – неметалл. Температура плавления 3500 °С. Атомный радиус 0,77 Å. Углерод полиморфен. Стабильная модификация – графит. Метастабильная модификация – алмаз. Растворим в железе в твердом и жидком состоянии. Образует с железом химическое соединение – цементит Fe₃C (6,67% С).

Диаграмма состояния железо-углерод (метастабильная) показана на рисунке. В зависимости от состояния, в котором находится углерод возможно существование двух диаграмм состояния рассматриваемой системы. В реальных условиях охлаждения сплавов системы железо-углерод углерод выделяется в виде химического соединения Fe₃C, называемого цементитом. Диаграмма железо-цементит называется метастабильной. В условиях медленного охлаждения и в присутствии графитизаторов углерод выделяется в виде графита. Диаграмма железо-графит называется стабильной.

В системе железо-углерод в определенных областях диаграммы стабильно существуют следующие фазы: жидкость; α -(δ)-феррит – твердый раствор внедрения углерода в α -железе; аустенит – твердый раствор внедрения углерода в γ -железе; цементит – Fe₃C – химическое соединение; графит (стабильная диаграмма железо-углерод).

Характерными точками на диаграмме Fe–Fe₃C являются: *A* (1539 °С) – температура плавления железа; *D* (1550 °С) – температура плавления цементита; *N* (1392 °С) и *G* (911 °С) – температуры полиморфного $\gamma \leftrightarrow \alpha$ -превращения.

Для других характерных точек диаграммы необходимо знать и температуру, и концентрацию углерода:

B – концентрация углерода (0,51 %) в жидкой фазе, находящейся в равновесии с δ -ферритом и аустенитом в процессе перитектического превращения (1499 °С);

H – (0,1 % С) – предельная концентрация углерода в δ -феррите (1499 °С);

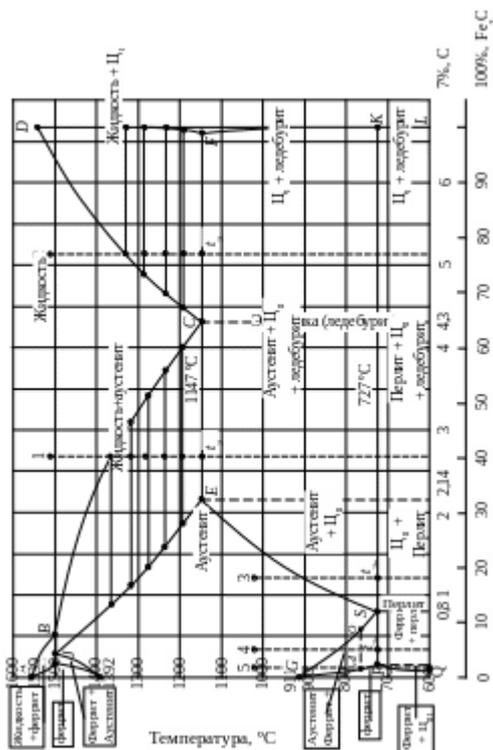


Диаграмма железо-углерод метастабильная

J – (0,16 % C) – предельная концентрация углерода в аустените при 1499 °C (перитектика);

E – (2,14 % C) – предельная концентрация углерода в аустените при температуре эвтектического превращения (1147 °C);

S – (0,8 % C) – предельная концентрация углерода в аустените при температуре эвтектоидного превращения (727 °C);

C – (4,3 % C) – предельная концентрация углерода в жидкой фазе при эвтектической температуре (1147 °C);

P – (0,025 % C) – предельная концентрация углерода в α – феррите при эвтектоидной температуре (727 °C);

Q – (0,006 % C) - предельная концентрация углерода в феррите при комнатной температуре.

Физический смысл линий на диаграмме Fe – Fe₃C:

AB – часть линии ликвидус, показывающая температуру начала кристаллизации δ – феррита из жидкой фазы;

BC – часть линии ликвидус – показывающая температуру начала кристаллизации аустенита из жидкой фазы;

CD – часть линии ликвидус – показывающая температуру начала кристаллизации первичного цементита из жидкой фазы;

HJB – линия перитектического превращения $J_B + \Phi_H \leftrightarrow A_J$;

ECF (часть линии солидус) – линия эвтектического превращения $Ж_C A_E + Ц$ (индекс не ставится, так как цементит – это фаза постоянного состава);

PSK – линия эвтектоидного превращения $A_S \Phi_P + Ц$.

Все сплавы системы $Fe-Fe_3C$ с концентрацией углерода от 0,025 до 6,67% претерпевают эвтектоидное превращение, так как аустенит (γ -фаза) стабилен только при температурах выше $727^\circ C$ (линии PSK). Сплавы с концентрацией углерода от 2,14 до 6,67% (чугуны) претерпевают и эвтектическое, и эвтектоидное превращение.

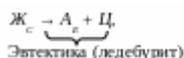
Следует отметить, что левый верхний угол диаграммы $Fe-Fe_3C$ не имеет практического значения по той причине, что все виды термической обработки сталей производятся из аустенитной области.

1.2. Анализ диаграммы железо-углерод

Рассмотрим процесс кристаллизации сплавов различных составов.

Сплав состава 1 кристаллизуется из жидкого состояния. Линия состава сплава 1 показана пунктиром на рисунке.

В процессе понижения температуры от точки 1 до температуры соответствующей точке пересечения линии состава сплава 1 с линией ликвидуса (участок BC) сплав в соответствии с диаграммой остается жидким. При достижении температуры соответствующей точке пересечения линии состава с линией ликвидуса начинается процесс кристаллизации аустенита из жидкой фазы. Так как в этой точке процесс кристаллизации только начинается, то в соответствии с правилом рычагов количество кристаллов аустенита равно нулю. Состав кристаллов аустенита определяется по линии солидуса (участок JE). Состав жидкой фазы определяется по линии ликвидуса (участок BC). По мере понижения температуры ниже точки пересечения линии состава с линией ликвидуса доля кристаллов аустенита в сплаве растет, а доля жидкой фазы падает (в соответствии с правилом рычагов). При этом состав кристаллов аустенита с понижением температуры меняется по линии солидуса и при температуре эвтектического превращения достигает состава соответствующего точке E , а состав жидкой фазы меняется по линии ликвидуса и при достижении температуры эвтектического превращения достигает состава соответствующего точке C . И так, при температуре эвтектического превращения сплав состоит из кристаллов аустенита которые выделились из жидкой фазы в процессе ее охлаждения (от температуры соответствующей точке пересечения линии состава с линией ликвидуса до температуры эвтектического превращения) состава точки E в количестве соответствующем отрезку коноды Et_3 и жидкой фазы в количестве соответствующем отрезку коноды t_3C состава точки C . Жидкость состава точки C кристаллизуется в эвтектику ледебурит по реакции



а кристаллы аустенита превращений не испытывают.

В сталях эвтектика имеет имя собственное – ледебурит.

После завершения кристаллизации жидкости состава точки C при температуре эвтектического превращения сплав состоит из кристаллов аустенита состава точки E и эвтектики ледебурит.

Понижение температуры ниже температуры эвтектического превращения приводит к выделению кристаллов цементита вторичного из кристаллов аустенита. Содержание углерода в аусте-

ните меняется в соответствии с линией ES – линией предельной растворимости углерода в аустените. Как видно из диаграммы, показанной на рисунке, содержание углерода в аустените уменьшается с понижением температуры по линии ES и при температуре эвтектоидного превращения аустенит имеет состав точки S . То есть в процессе понижения температуры от температуры эвтектического превращения до температуры эвтектоидного превращения содержание углерода в аустените снижается с 2,14% С (состав точки E) до 0,8% С (состав точки S). Понижение концентрации углерода в аустените с понижением температуры возможно только в том случае если углерод выходит из аустенита. Выделение же углерода из аустенита возможно только в виде цементита вторичного, так как фазы углерода на метастабильной диаграмме нет. Следовательно, кристаллы цементита вторичного появятся в сплаве в процессе понижения температуры ниже эвтектической в результате распада пересыщенного аустенита с выделением из него кристаллов цементита. Чем ниже температура, тем выше доля кристаллов цементита вторичного в сплаве.

Таким образом, при температурах ниже температуры эвтектического превращения, вплоть до температуры эвтектоидного превращения сплав состоит из кристаллов аустенита, цементита вторичного и ледебурита.

Как было отмечено ранее, при температуре эвтектоидного превращения кристаллы аустенита достигают состава точки S и аустенит состава точки S при температуре эвтектоидного превращения превращается в эвтектоид перлит по реакции



После завершения эвтектоидного превращения при температурах ниже температуры эвтектоидного превращения сплав состоит из перлита, цементита вторичного и ледебурита.

Если рассмотреть процесс охлаждения сплава эвтектического состава – состава точки c , то в результате его кристаллизации образуется только эвтектика.

Чем ближе состав сплава к точке C , тем больше доля эвтектики и меньше доля кристаллов аустенита. Чем дальше состав сплава от точки C , тем меньше доля эвтектики и больше доля кристаллов аустенита, в соответствии с правилом рычагов.

Во всех случаях, когда линия состава сплава пересекает линию эвтектического превращения ECF , в составе сплава будет присутствовать эвтектика.

Для сплавов, состав которых лежит правее точки C , полностью справедливы все рассуждения приведенные выше, поэтому на сплаве состава 2 останавливаться не будем. Предлагается студенту самостоятельно разобрать превращения происходящие в сплаве состава 2.

Рассмотрим превращения, происходящие со сплавом состава 3 при его охлаждении из однофазной аустенитной области. Линия состава сплава 3 показана пунктиром на рисунке.

В процессе понижения температуры от точки 3 до температуры соответствующей точке пересечения линии состава сплава 3 с линией ES сплав в соответствии с диаграммой остается однофазным аустенитом. При достижении температуры соответствующей точке пересечения линии состава с линией ES начинается процесс распада аустенита с выделением из него кристаллов цементита вторичного. Так как в этой точке распад аустенита только начинается, то в соответствии с правилом рычагов количество цементита вторичного равно нулю. Состав кристаллов аустенита определяется по линии ES . Состав кристаллов цементита вторичного определяется по линии $DFKL$ (отрезок FK) и считается постоянным, так как цементит – химическое соединение.

Двумя страницами ранее была рассмотрена причина выделения кристаллов цементита вторичного из аустенита. При понижении температуры от точки пересечения линии состава с линией ES до температуры эвтектоидного превращения состав кристаллов аустенита меняется по линии ES и при температуре эвтектоидного превращения аустенит достигает состава точки S . При достижении температуры эвтектоидного превращения сплав состоит из кристаллов аустенита состава точки S в количестве соответствующем отрезку коноды $St_{Эв}$ и кристаллов цементита в количестве соответствующем отрезку коноды $t_{Эв}K$. Кристаллы аустенита состава точки S испытывают эвтектоидное превращение по реакции (3.2), а с ранее выделившимися кристаллами цементита ничего не происходит. После завершения эвтектоидного превращения сплав состоит из перлита и цементита вторичного.

Рассмотрим превращения, происходящие со сплавом состава 4 при его охлаждении из однофазной аустенитной области. Линия состава сплава 4 показана пунктиром на рисунке.

В процессе понижения температуры от точки 4 до температуры соответствующей точке пересечения линии состава сплава 4 с линией GS сплав в соответствии с диаграммой остается однофазным аустенитом. При достижении температуры соответствующей точке пересечения линии состава с линией GS начинается процесс распада аустенита с выделением из него кристаллов α -феррита. Распад аустенита сопровождается $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращением. Так как в этой точке распад аустенита только начинается, то в соответствии с правилом рычагов количество α -феррита равно нулю. Состав кристаллов аустенита определяется по линии GS . Состав кристаллов α -феррита определяется по линии GP .

В процессе понижения температуры от точки пересечения линии состава с линией GS эвтектоидного превращения PSK количество аустенита уменьшается, а количество кристаллов в сплаве растет. Состав кристаллов аустенита при этом меняется по линии GS и при температуре эвтектоидного превращения аустенит достигает состава точки S , а состав кристаллов α -феррита изменяется по линии GP и при температуре эвтектоидного превращения α -феррит достигает состава точки P .

Таким образом, при температуре эвтектоидного превращения сплав состоит из кристаллов α -феррита состава точки P в количестве соответствующем отрезку коноды $t_{Эв}S$ и кристаллов аустенита состава точки S в количестве соответствующем отрезку коноды $Pt_{Эв}$.

Кристаллы аустенита состава точки S испытывают эвтектоидное превращение по реакции (3.2). Кристаллы α -феррита превращений не испытывают. И при температурах ниже температуры эвтектоидного превращения сплав состоит из α -феррита и перлита в соответствии с диаграммой.

Рассмотрим превращения, происходящие со сплавом состава 5 при его охлаждении из однофазной аустенитной области. Линия состава сплава 5 показана пунктиром на рисунке.

При достижении температуры соответствующей точке пересечения линии состава 5 с линией GS начинается процесс распада аустенита с выделением из него кристаллов α -феррита. Распад аустенита сопровождается $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращением. Так как в этой точке распад аустенита только начинается, то в соответствии с правилом рычагов количество кристаллов α -феррита равно нулю. Состав кристаллов аустенита определяется по линии GS . Состав кристаллов α -феррита определяется по линии GP .

При понижении температуры от точки пересечения линии состава 5 с линией GS до температуры соответствующей точке пересечения линии состава 5 с линией GP состав кристаллов аустенита меняется по линии GS , а состав кристаллов α -феррита по линии GP . При температуре со-

ответствующей точке пересечения линии состава 5 с линией GP аустенит полностью превращается в α -феррит состав которого соответствует составу сплава 5.

В процессе дальнейшего понижения температуры от температуры соответствующей точке пересечения линии состава 5 с линией GP до температуры соответствующей точке пересечения линии состава 5 с линией PQ сплав остается однофазным α -ферритом.

При достижении температуры соответствующей точке пересечения линии состава 5 с линией PQ начинается распад α -феррита с выделением из него кристаллов цементита третичного. По причинам рассмотренным ранее. Линия PQ – это линия предельной растворимости углерода в α -феррите. Не трудно видеть, что по мере понижения температуры растворимость углерода в α -феррите падает в соответствии с линией PQ . Для того чтобы содержание углерода в α -феррите уменьшалось необходимо, чтобы углерод из него выходил. Углерод из α -феррита может выходить только в виде кристаллов цементита, так как фазы чистого углерода на метастабильной диаграмме нет. Соответственно при температурах ниже температуры соответствующей точке пересечения линии состава 5 с линией PQ сплав состоит из α -феррита и цементита третичного в соответствии с диаграммой.

Кристаллы цементита различаются по фазам из которых они образовались. Цементит первичный кристаллизуется из жидкости. Цементит вторичный выделяется из аустенита. Цементит третичный из α -феррита.

1.3. Классификация железоуглеродистых сплавов

Сплавы железа с углеродом, содержащие менее 0,025% С называются техническим железом.

Стали делятся на доэвтектоидные с содержанием углерода от 0,025% С до 0,8% С (состав левее точки S), эвтектоидные с содержанием углерода 0,8% С (состав точки S) и заэвтектоидные с содержанием углерода от 0,8% С до 2,14% С (состав от точки S до точки E).

Над всеми сталями располагается однофазная область аустенита. Именно по этому признаку разделяются стали и чугуны. Аустенит исключительно пластичная фаза, поэтому все стали обладают высокой пластичность при повышенных температурах в аустенитной области.

Чугуны классифицируются на доэвтектические с содержанием углерода от 2,14% С до 4,3% С (состав от точки E до точки C), эвтектические с содержанием углерода 4,3% С (состава точки C) и заэвтектические с содержанием углерода от 4,3% С до 6,67% С (состава от точки C до точки K).

В зависимости от химического состава, условий охлаждения и термической обработки сплава различают следующие виды чугунов:

1. Белый чугун. Весь углерод в виде цементита. Белые чугуны в соответствии с метастабильной диаграммой железо-цементит кристаллизуются в условиях охлаждения с достаточно высокими скоростями. Структурным признаком белого чугуна является наличие эвтектики – ледебурит. Структура такого чугуна: перлит, ледебурит, цементит.

2. Половинчатый чугун. Кристаллизуется частично по стабильной, частично по метастабильной диаграмме железо-углерод. После затвердевания в структуре такого чугуна присутствует графитная эвтектика и ледебурит. Более 0,8% С в виде Fe_3C . Структура такого чугуна: перлит, ледебурит, пластинчатый графит.

3. Серый чугун. Кристаллизуется по стабильной диаграмме железо-графит в условиях очень медленного охлаждения и в присутствии графитизирующих добавок (Si, Ni и т.д.). Углерод в значительной степени или полностью находится в виде графита, который выделяется в виде пластинок, глобул, хлопьев, розеток с пластинчатыми краями. Структурным признаком серого чугуна является наличие в его структуре графита и отсутствие ледебурита.

- перлитный серый чугун. 0,7% C–0,8% C в виде Fe₃C. Структура такого чугуна: перлит, и пластинчатый графит;

- ферритно-перлитный серый чугун. 0,1% C – 0,7% C в виде Fe₃C. Структура такого чугуна: перлит, феррит и пластинчатый графит;

- ферритный серый чугун. Весь углерод в виде графита. Структура такого чугуна: феррит, пластинчатый графит.

4. Высокопрочный чугун. Получается при добавлении в жидкий расплав специальных поверхностноактивных элементов (Mg) – модификаторов, в результате чего графит приобретает шаровидную форму.

5. Ковкий чугун. Получается путем длительного отжига белого чугуна при высоких температурах. При этом цементит разлагается на железо и графит, называемый графитом отжига и имеющий форму изолированных хлопьевидных включений.

В прил. 3 показаны структуры железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии.

2. Задание

1. Вычертите в удобном масштабе метастабильную диаграмму железо-цементит.

2. Проанализируйте один из сплавов метастабильной диаграммы железо – цементит.

3. Постройте кривую охлаждения, определите число фаз, их химический состав и массу для сплава заданного состава при определенной преподавателем температуре.

4. Опишите равновесную структуру сплава заданного состава при комнатной температуре.

5. Постройте кривую нагрева сплава системы Fe – Fe₃C и проанализируйте соответствующие превращения и структуры.

6. Посмотреть под микроскопом и зарисовать структуры сталей и чугунов, кристаллизующихся по метастабильной и стабильной диаграммам железо-углерод.

7. Составьте отчет.

3. Содержание отчёта

1. Основные теоретические сведения о диаграмме железо-углерод и превращения в железоуглеродистых сплавах.

2. Результаты исследования сплава заданного состава.

3. Схематические изображения микроструктур по результатам микроанализа.

4. Построить кривые нагрева и охлаждения для чистого железа.

4. Контрольные вопросы

1. Поясните метастабильную диаграмму состояния железо-цементит. Поясните смысл точек и линий на диаграмме. Укажите однофазные и двухфазные области диаграммы.

2. Что означает стабильное и метастабильное состояние сплавов?

3. Дайте определение фаз и структур в системе железо-углерод.

4. В чем состоит сходство и различие цементита первичного, вторичного и третичного?

5. Объясните физическую сущность невариантных превращений в сплавах железо – цементит (перитектическое, эвтектическое и эвтектоидное превращения).

6. Какие железоуглеродистые сплавы вы знаете?

7. В чем заключаются различия между белым, серым, ковким, высокопрочным и половинчатым чугунами.

ПЗ № 4. Расшифровка марок меди и ее сплавов, марок алюминия и его сплавов, марок магния и его сплавов, марок титана и его сплавов.

ОП.08. Материаловедение

Количество часов 1 час

Тема: Изучение марки меди и ее сплавов, марки алюминия и его сплавов, марки магния и его сплавов, марки титана и его сплавов.

Цель работы: изучить марки меди и ее сплавов, марки алюминия и его сплавов, марки магния и его сплавов, марки титана и его сплавов.

Информационное обеспечение:

Адаскин, А.М. Материаловедение

Фетисов Г.П., Гарифуллин Ф.А. Материаловедение и технология металлов

Ход практической работы:

Ответить на поставленные вопросы и выполнить задания:

1. Сформулируйте определение металла

с позиции химии

физики

техники

2. На какие пять групп делятся черные металлы:

1 _____

2 _____
 3 _____
 4 _____
 5 _____

3. Изобразите и охарактеризуйте геометрические и формы элементарных кристаллических ячеек

Геометрическая форма

Характеристика

Геометрическая форма

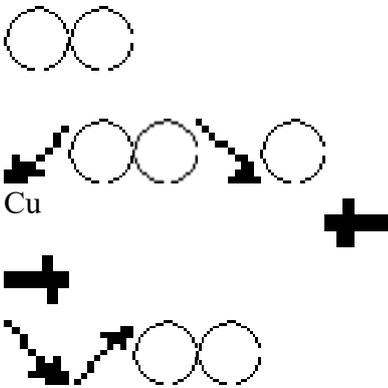
Характеристика

4. Заполните пропуски в тексте. Для выполнения задания используйте информационный банк

Чистая медь – металл розовато – красного цвета. Ее плотность составляет _____, температура плавления - _____. В отожженном состоянии ее предел прочности _____, относительное удлинение _____, твердость _____.

Информационный банк: $\sigma_{0.2} = 45 \dots 60\%$, 60НВ, $\sigma_{0.2} = 250 \text{ МПа}$, $T_{пл} = 1083^\circ\text{C}$, $\rho = 8,93 \text{ г/см}^3$.

5. Запишите в свободных кружках металлы, с которыми медь образует сплавы



Для указанных марок сплавов определить (таблица 1):

- химический состав;
- название.

Таблица 1

Марка сплава	Название	Химический состав

Контрольные вопросы

1. Как подразделяются сплавы на основе меди?
2. Какие основные элементы входят в состав медных сплавов?
3. Что такое латунь? Маркировка латуней.
4. Приведите примеры литейных латуней.
5. Что такое бронза? Виды бронз.
6. Приведите маркировку бронз.

ПЗ № 5. Составление характеристик сплавов цветных металлов по справочной литературе.

Цель работы:

1. Изучить структуру и свойства наиболее применяемых в промышленности цветных металлов и сплавов.
2. Уметь найти на диаграмме состояния рассматриваемый сплав, назвать структуру его и фазовый состав.
3. Знать области применения рассматриваемых металлов и сплавов.

Ход практической работы:

Для указанных марок сплавов определить (таблица 1):

- химический состав;
- название.

Таблица 1

Марка сплава	Название	Химический состав

Краткие сведения из теории.

Цветные металлы и сплавы образуют особую группу конструкционных материалов. Прочность и твердость цветных сплавов невелика, даже после термообработки (закалка + старение). Некоторые сплавы, например, на основе меди не подвергаются термической обработке из-за отсутствия должного эффекта.

Основное отличие цветных металлов от сплавов на основе железа - повышенная коррозионная стойкость, высокие антифрикционные свойства и у сплавов на основе алюминия - высокая удельная прочность.

Медь и ее сплавы

Технически чистая медь (табл. 1) имеет ряд ценных свойств: высокая пластичность, высокая электро- и теплопроводность, небольшая окисляемость. Эти свойства позволяют использовать

медь, например, в электротехнической промышленности. Кроме того, медь является основой двух больших групп сплавов - латуней и бронз.

Таблица 1

Состав (%) технической меди ГОСТ 859-78

Марка	Cu	Примеси		
		Bi	Pb	$\Sigma_{\text{прим.}}$
M000	99,99	0,0005	0,001	0,01
M1	99,9	0,001	0,005	0,1
M2	99,7	0,002	0,002	0,3
M3	99,5	0,003	0,05	0,5

Свинец и висмут являются вредными примесями меди.

В литой меди эвтектика Cu+Cu₂O располагается по границам зерен и имеет точечное строение. После обработки давлением эвтектика разрушается, и в деформированной меди кислород присутствует в виде обособленных частиц.

Микроструктура и свойства латуней

Латуни представляют собой сплавы меди с цинком (ГОСТ 15527-70), содержащие до 45% цинка.

При комнатной температуре практически применяемые латуни состоят из α - кристаллов (α - твердый раствор цинка в меди) или смеси α и β - кристаллов (β - твердый раствор на базе соединения CuZn с электронным типом связи). Цинк повышает прочность и пластичность сплавов. Максимальную пластичность имеет латунь, содержащая 30%Zn.

Марки латуней Л90, Л80, Л68 и др. Цифра, стоящая после буквы Л, указывает на содержание в латуни меди.

α - латуни содержат меди не менее 61%. Марка этих латуней Л62, Л68 и др. Из таких латуней изготавливают тонкие листы, полоски ленты и другие полуфабрикаты, из которых штампуют различные детали. α - латуни с высоким содержанием меди (Л80) имеют цвет золота, и их применяют для ювелирных и декоративных изделий. Латуни, содержащие 80% Cu и более называют томпаком.

Литейные свойства латуней характеризуются малой склонностью к образованию концентрированной усадочной раковины и большой усадкой.

Латуни $\alpha+\beta$ содержат 55-61% меди; наиболее распространенная марка Л59; из этой марки изготавливают прутки, а из них с помощью механической обработки - детали.

В табл. 2 представлены марки двойных латуней и их механические свойства.

Кроме простых латуней (двойных) - сплавов только меди и цинка применяют специальные латуни, в которых для придания тех или иных свойств используют небольшие присадки различных элементов: свинец - для улучшения обрабатываемости (латунь Л59 содержит 1-2% Pb, так называемая автоматная латунь), олово - для повышения коррозионной стойкости в морской воде (морская латунь), алюминий, никель - для повышения механических свойств. Латуни более сложного состава в обозначении имеют после буквы Л другую букву, а цифры, размещенные после цифры, показывающей процент меди, указывают процент добавок в марке латуни. Все добавляемые к латуни элементы обозначают русскими буквами: О — олово, Ц — цинк, С — свинец, Ж — железо, Мц — марганец, Н — никель, К — кремний, А — алюминий и т.д.

Таблица 2

Состав и свойства двойных латуней (ГОСТ 17711-80)

Марка латуни	Содержание элементов в %		Механические свойства	
	Cu	Примеси	σ_b , МПа	$\delta\%$
Л96	95-97	0,2	240	52
Л90	88-91	0,2	260	44
Л85	84-86	0,3	280	43
Л80	79-81	0,3	310	52
Л70	69-72	0,2	320	55
Л68	67-70	0,3	330	56
Л62	60,5-63,5	0,5	360	49

Остальное - цинк.

В табл. 3 представлены марки некоторых сложных латуней и их механические свойства.

Таблица 3

Состав и свойства некоторых сложных латуней

Марка	Содержание, %		σ_b , МПа	$\delta\%$
	Меди	Примесей		
ЛЦ40С	57-60	2,0	215	12-20
ЛЦ40Мц1,5	57-60	2,0	372-390	20-30
ЛЦ40Мц3А	55-58	1,5	440	15

ЛЦ38Мц2С2	57-60	2,4	245-343	10-15
ЛЦ30А3	66-68	2,6	294-392	12-15
ЛЦ23А6ЖЗМц2	64-68	1,8	686-705	7

Кроме меди и примесей в состав сложных латуней входят: марганец, свинец, алюминий, железо и др. Остальное - цинк.

Микроструктура и свойства бронз.

Бронзы - сплавы меди с оловом, содержащие до 20% олова (ГОСТ 5017-74). Бронзы, содержащие до 6% олова, состоят из светлых пластичных зерен α - твердого раствора, замещение олова в меди. Такие однофазные сплавы хорошо деформируется. Из них изготавливают ленты, гильзы патронов, радиаторные трубки, проволоку.

При содержании олова выше 6% в структуре бронзы появляется хрупкий эвтектид ($\alpha+\beta$), где α - твердый раствор на базе электронного соединения Cu_3Sn_8 . Такие сплавы используются как литейные.

Особенность таких сплавов в том, что α - твердый раствор - относительно мягкая составляющая, кристаллы δ (Cu_3Sn_8) - твердые, что является хорошим сочетанием для подшипников скольжения: мягкая фаза быстро прирабатывается, твердые частицы обеспечивают высокую износостойкость и хорошо удерживают смазку между трущимися поверхностями деталей. Поэтому оловянные бронзы являются хорошим антифрикционным материалом.

Оловянные бронзы имеют низкую объемную усадку (около 0,8%) и используются при художественном литье. Хорошую жидкотекучесть обеспечивает наличие фосфора в составе бронз. Прочность бронз понижается при содержании олова больше 20%, при этом количество δ - фазы значительно увеличивается. Технические сплавы $Cu - Sn$, как правило, содержат в своем составе не больше 12% олова. Часто в состав бронз входят 5...10% цинка главным образом с целью экономии олова; 3..5% свинца для улучшения антифрикционных свойств; до 1% фосфора для раскисления сплавов, улучшения жидкотекучести и повышения упругих свойств.

Бронзы маркируют по следующим принципам: БрОФ10-1 означает, что в бронзу входит 10% олова, 1% фосфора, остальное - медь.

Оловянные бронзы подразделяются на деформируемые и литейные. В деформированных бронзах содержание олова не должно превышать 6%. Из этих сплавов изготавливают ленты, трубы, прутки, проволоку. Деформируемые бронзы в зависимости от состава отличаются высокими механическими, антикоррозионными, антифрикционными и упругими свойствами и используются в различных отраслях промышленности.

Литейные бронзы используются в основном для изготовления пароводяной арматуры и для отливок антифрикционных деталей типа втулок, венцов червячных колес, подшипников скольжения. В табл. 4 представлены марки, механические свойства и области применения некоторых бронз.

Алюминиевые бронзы (ГОСТ 18175-78) - сплавы меди с алюминием. Хорошими механическими и технологическими свойствами обладают алюминиевые бронзы, содержащие 5-10% , например БрА5, БрА7, БрА10, содержащие соответственно 5, 7 и 10% алюминия. Сплавы, содержащие до 7% алюминия, обладают высокой пластичностью, прочностью и коррозионной стойкостью. Из них производят ленты, листы для производства монет. Эти бронзы имеют структуру α - твердого раствора замещения алюминия в меди. Бронза А10 в структуре содержит эвтектоид ($\alpha+\beta$), что в состаренном состоянии уменьшает пластичность сплава, а, следовательно, затрудняет процесс пластической деформации. Поэтому заготовки из бронзы А10 получают методом литья.

Таблица 4

Механические свойства и применение бронз

Марка	Механические свойства		Применение
	σ_v , МПа	δ , %	
Оловянные бронзы (деформируемые)			
БрОФ6,5-0,15	300	38	Пружины, коробки барометров, мембраны, подшипники
БрОЦС4-4-2,5	360	35	Антифрикционные детали
Оловянные бронзы (литейные)			
БрОЦСНЗ-7-5-1	180...200	14...16	Арматура в условиях воды, морской воды, пара
БрОЦС4-4-17	180...200	8...10	Антикоррозийные детали (втулки, червячные колеса), антифрикционные детали
Бериллиевая бронза			
БрБ2	540	45	Прутки, ленты, проволока для пружины

Бериллиевые бронзы - сплавы меди с бериллием, содержащие 2...2,5% бериллия. Марки бериллиевых бронз БрБ2; БрБ2,5. Растворимость бериллия в меди при комнатной температуре составляет 0,2%, что используют для получения высоких упругих и прочностных свойств деталей из этих бронз методом дисперсионного твердения.

Готовые изделия из бериллиевых бронз закаливают в воду от 800⁰ С, благодаря чему фиксируется при комнатной температуре пересыщенный твердый раствор α (бериллия в меди). Затем проводят искусственное старение при 300...350⁰ С, в результате чего твердость закаленной бронзы повышается до 350...400 НВ.

В результате старения бериллиевой бронзы из перенасыщенного α - твердого раствора выделяются мелкие и твердые частицы CuBe , которые и придают сплаву повышенную твердость.

Микроструктура и свойства алюминиевых сплавов.

Алюминий (ГОСТ 11069-74) относится к легким металлам, плотность которых не превышает 3 г/см^3 . Плотность алюминия $\gamma=2,7 \text{ г/см}^3$, низкая температура плавления 600^0 С . Алюминий не имеет аллотропических превращений, обладает высокой теплопроводностью и сравнительно высокой электропроводностью, составляющей 65% от величины электропроводности меди.

Таблица 5

Марки первичного алюминия (ГОСТ 11069-74)

Марка алюминия	Al, % не менее	Количество примесей %
Особой чистоты		
A999	99,999	0,001
Высокой чистоты		
A995	99,995	0,005
A99	99,99	0,01
A97	99,97	0,03
A95	99,95	0,05
Технической чистоты		
A85	99,85	0,15
A8	99,8	0,20
A7	99,7	0,30
A6	99,6	0,40
A5	99,5	0,50
A0	99,0	1,0

Алюминий быстро окисляется на воздухе, при этом образуется очень тонкая окисная пленка $\text{Al}_2 \text{O}_3$, надежно защищающая металл от дальнейшего окисления.

В промышленности применяется, хотя и ограниченно, алюминий технической частоты: электрические провода, техническая и пищевая фольга для обертки конфет.

Алюминий в основном используют как основу таких сплавов как дуралюмины, силумины и др. Эти сплавы, как правило, отличаются высокой удельной прочностью ($\sigma_{в}/\gamma$).

В таблице 5 представлены марки первичного алюминия различной частоты.

Прочность алюминия низка, пластичность - высокая. Прокатанный и отожженный алюминий высокой частоты имеет.

Алюминий высокой чистоты имеет $\sigma_b=58$ МПа; $\sigma_{0,2}=20$ МПа; твердость 25 НВ; $\Psi=85\%$, $\delta=40\%$.

Постоянными примесями алюминия являются железо и кремний.

Дуралюмины (ГОСТ 4784-74) - сплавы алюминия с медью (3,8-5,7%), магнием (0,4-1,8%). Марки дуралюмина Д1 и Д16 - деформируемые сплавы. Медь является основным упрочняющим легирующим элементом в дуралюминах. Поэтому для упрощения все процессы, происходящие в структуре дуралюминов, рассматривают по диаграмме состояния двойных сплавов Al-Cu. На рис 1 приведена диаграмма состояния Al-Cu.

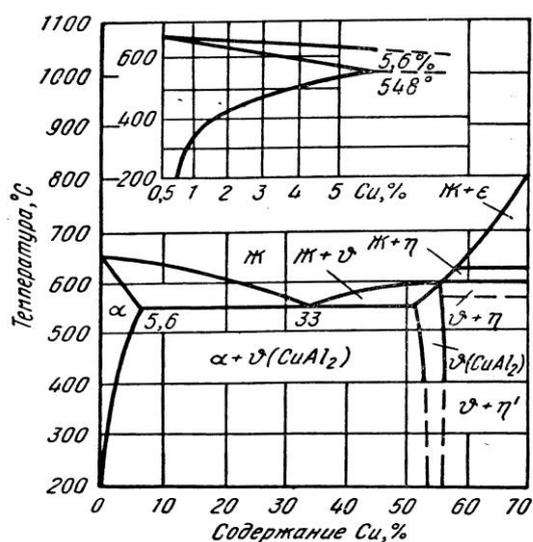


Рис.1. Диаграмма состояния Al-Cu.

Структура дуралюмина в отожженном состоянии представляет собой α -твердый раствор замещения меди в алюминии, по границам зерен которого располагаются мелкодисперсные выделения CuAl_2 . При комнатной температуре растворимость меди составляет 0,2%. В результате нагрева до 500⁰ С основное количество частиц CuAl_2 растворяется в α - твердом растворе. При закалке в воде мелкодисперсные частицы CuAl_2 не успевают выделиться и остаются в α -твердом растворе, пересыщая его медью.

В перенасыщенном α -твердом растворе меди в алюминии при комнатной температуре начинаются процессы, обуславливающие распад - выделение из α -твердого раствора мелкодисперсных частиц CuAl_2 . Этот процесс происходит в течение 4-6 суток и называется естественным старением. При этом плотность сплава повышается более чем в два раза за счет выделения из α -твердого раствора очень мелких и твердых частиц CuAl_2 .

В промышленности естественное старение часто заменяют искусственным. При этом закаленный сплав нагревают до 150-200⁰ С и выдерживают в течение двух часов.

В табл. 6 представлены свойства дуралюмина Д1 после отжига и закалки с последующим старением.

Таблица 6

Механические свойства дуралюмин

Марки	Состояние, полуфабрикат	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Д1	Отжиг	210	110	18
	Закалка+старение	490	320	14
	Прутки лист	410	240	20

Силумины - сплавы алюминия с кремнием (4-13%), магнием (0,2-0,8%), марганцем (0,2-0,8%), медью (1-3%). Силумины - распространенные литейные алюминиевые сплавы, применяемые только в литом виде (например, при изготовлении головок и крышек двигателей внутреннего сгорания, поршней корпусов двигателей мотоциклов и мотороллеров).

Для получения плотной отливки применяют сплавы с узким интервалом кристаллизации.

Силумины подвергаются термической обработке (закалке с последующим искусственным старением) с целью повышения механических свойств.

Температура нагрева под закалку у литых сплавов выше, чем у деформируемых, и выдерживать отливки при этой температуре нужно более длительное время, что обусловлено необходимостью растворения грубых интерметаллических соединений, которые часто располагаются по границам зерен, и выравнивания концентрации по всему объему зерна.

Упрочнение литых алюминиевых при нагреве под закалку объясняется растворением интерметаллических соединений CuAl_2 , MgSi , Al_3Mg_2 с получением в закаленном состоянии пересыщенного твердого раствора.

Однако высококремнистые сплавы слабо упрочняются в результате закалки и старения, но механические свойства этих сплавов можно существенно повысить при помощи особой обработки в жидком состоянии. Обычный силумин содержит 12-13% Si, а по структуре относится к заэвтектическим сплавам. Структура такого сплава состоит из игольчатой грубой эвтектики $\text{Al}+\text{Si}$ и включений первичного кремния (рис. 2, а). Если в сплав перед заливкой в форму внести смесь, состоящую из $2/3 \text{ NaF} + 1/3 \text{ NaCl}$, то структура резко изменится.

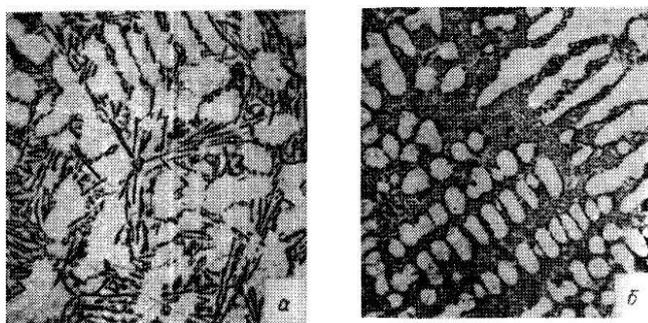


Рис.2. Микроструктура литейных сплавов алюминия X200

а- немодифицированный силумин; б- модифицированный силумин

Сплав становится доэвтектическим и структура его состоит из светлых первичных кристаллов алюминия и мелкозернистой эвтектики (рис. 2, б). Такой процесс обработки жидкого расплава называется модифицированием.

Введение модификатора (в количестве примерно 1% от массы жидкого расплава) затрудняет кристаллизацию кремния, температура кристаллизации кремния и эвтектики понижается, а, следовательно, продукты кристаллизации становятся более дисперсными.

Отсутствие первичных кристаллов кремния и измельчение структуры улучшает механические свойства модифицированного силумина. Немодифицированный силумин с 13% Si имеет $\sigma_{\text{в}}=140$ МПа, $\delta=3\%$. Модифицированный $\sigma_{\text{в}}=180$ МПа, $\delta=8\%$.

Двойные алюминиево-кремниевые сплавы, несмотря на хорошие литейные свойства, обладают невысокими механическими свойствами. Поэтому, например, алюминиево-кремниевый сплав АЛ2 применяют для отливок, которые не претерпевают больших напряжений в процессе эксплуатации. При более высоких требованиях к прочностным свойствам используют силумины с добавлением меди, магния и марганца (сплавы АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6 - табл. 7).

Маркировка сплава АЛ расшифровывается следующим образом: А - сплав алюминиевый, Л - литейный, цифра - порядковый номер в ГОСТе.

Таблица 7

Химический состав алюминиевых сплавов.

Марка	Основные компоненты, %				Примеси, не более Σ прим.
	Mg	Si	Mn	Cu	
АЛ2	-	10-13	-	-	2,2-2,8
АЛ4	0,17-0,30	8,5-10,5	0,25-0,50	-	1,1-1,7
АЛ9	0,2-0,4	6,0-8,0	-	-	1,0-1,9
АЛ3	0,2-0,8	4,0-6,0	0,2-0,8	-	1,3-1,8
АЛ6	-	4,5-6,5	-	2,0-3,0	1,8-2,0

Свойства алюминиевых литейных сплавов представлены в таблице 8.

Таблица 8

Механические свойства алюминиевых литейных сплавов

Марка	Вид литья	Термическая обработка	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	δ , %	Твердость НВ	Плотность г/см ³
АЛ2	В землю	-	180	80	7	50	2,65
АЛ4	В землю	Закалка+старение	260	200	4	60	2,65
АЛ9	В землю	Закалка+старение	200	110	6	75	2,68
АЛ6	В землю	Закалка+старение	240	240	4	80	2,76
АЛ7	В землю	Закалка+старение	280	210	2	95	2,81

АЛ2 - нормальный силумин, сплавы АЛ4 и АЛ9 - силумины с повышенным содержанием кремния и с небольшими добавками магния и марганца.

Сплавы АЛ3, АЛ5, АЛ6 - низкокремнистые силумины, дополнительно легированные медью, обладающие худшими литейными свойствами, но более высокими механическими свойствами, чем обыкновенный силумин.

Структура и свойства баббитов

Для изготовления вкладышей подшипников скольжения применяют чугун, бронзу, а также легкоплавкие сплавы на основе олова, свинца, цинка и алюминия, называемые *баббитами*. Подшипники скольжения находят широкое применение в автотракторном машиностроении.

Металл вкладыша должен обладать следующими свойствами:

1. Коэффициент трения со стальной поверхностью должен быть небольшим.

Таблица 9

Химический состав и свойства баббитов

Марка баббита	Содержание основных элементов, %				структура		свойства			
	Sn	Sb	Cu	Pb	Мягкая основа	Твердые включения	Плотность, г/см ³	$T_{пл}$, °C	σ_B , МПа	δ , %
Б83	Основа	10-12	5,5-6,5	-	Sn	SnSb Cu ₃ Sn	7,5	380	90	6
Б89	Основа	7.5	3	-	Sn	Cu ₃ Sn	7,3	342	90	9
Б16	16	16	1,75	Основа	Pb	SnSb Cu ₃ Sn	9,3	410	80	0,5
БС	-	17	1,0	Основа	эвтектика Pb+Sb	Sb	10,1	410	40	0,5

2. Обе трущиеся поверхности должны мало изнашиваться.

3. Материал вкладыша должен выдерживать достаточно большие удельные давления.

Баббиты обладают минимальным коэффициентом трения со сталью и хорошо удерживают смазку, что обусловлено структурой вкладыша, состоящей из твердых включений и мягкой основы.

Лучшим баббитом на основе олова является баббит марки Б83. Химический состав и свойства баббитов представлены в таблице 9.

Микроструктура баббита Б83 (рис.3,*а*) состоит из темной основы, представляющей собой α -твердый раствор сурьмы в олове, светлых крупных кристаллов квадратной и треугольной формы - соединения SnSb (β -фаза) и светлых мелких кристаллов в виде точек и иголок - соединения Cu_3Sn . Перегрев приводит к укрупнению включений и к ухудшению качества баббитов.

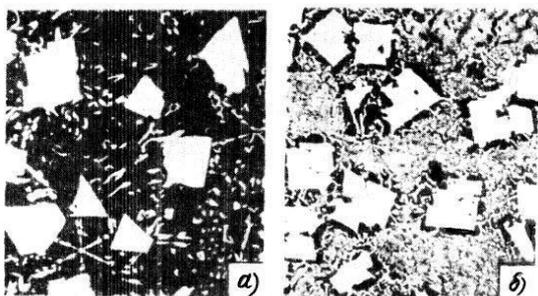


Рис.3. Микроструктура баббитов: *а*– Б83,*б*– Б16

Баббитами на основе свинца являются баббиты марки Б16, БС и др. В свинцовых баббитах с сурьмой (марки Б16) твердые частицы образуют кристаллы соединений SnSb и Cu_3Sn , рассеянные в мягкой основе — растворе сурьмы и олова в свинце (рис 3, *б*). Эти баббиты уступают по качеству оловянным, однако с успехом применяются для подшипников средней нагруженности (например, в тракторных и автомобильных двигателях).

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями.
2. Изучить и зарисовать структуры меди, алюминия, их сплавов и баббитов.
3. Сделать соответствующие выводы.

Контрольные вопросы.

1. Какие сплавы называются латунями и бронзами?
2. Укажите маркировку латуней и бронз.
3. Какой обработке подвергаются двойные латуни и бронзы?
4. В чем заключается преимущество бериллиевых бронз?
5. Назовите химический и фазовый состав и область применения дуралюмина.

6. В чем заключается естественное и искусственное старение дуралюмина? Как изменяются свойства дуралюмина после закалки и старения?
7. Назовите состав и области применения силуминов.
8. С какой целью производят модифицирование силуминов с высоким содержанием кремния?
9. Назовите марки наиболее применяемых баббитов и области их применения.

ПЗ № 6. Выбор механической обработки металла. Выбор способа термической обработки металла.

Ход практической работы:

Для термообработок определить (таблица 1):

- способ;
- название.

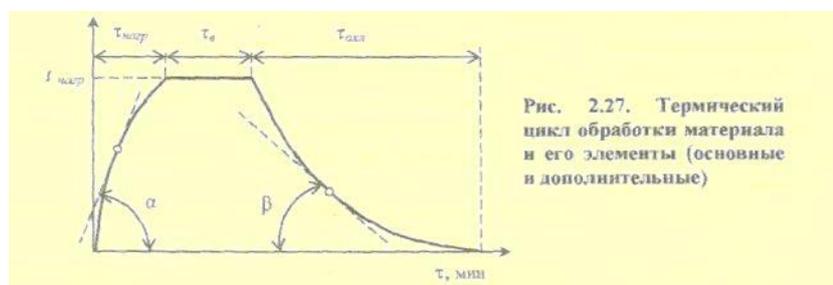
Таблица 1

Способ	Название	Описание

Термическая обработка и ее цикл

Термообработкой называется технологическая операция, заключающаяся в тепловом воздействии на материал с целью изменения его структуры и свойств в заданном направлении. При этом могут достигаться самые различные эффекты: увеличение прочности или повышение пластичности, изменение магнитных свойств материала, коррозионной стойкости и пр.

Основной характеристикой термообработки является ее **термический цикл** - совокупность температур детали от начала ее нагрева до полного охлаждения (рис. 2.27). $T^{\circ}C$



К числу основных элементов термического цикла относятся: температура нагрева $t_{нагр}$, время нагрева $t_{нагр}$ и охлаждения $t_{охл}$, время выдержки при температуре нагрева $t_{выд}$. Помимо основных, термический цикл характеризуют также два дополнительных элемента:

- **скорость нагрева** $V_{нагр} = \frac{dt}{dt} = tg\alpha$

- **скорость охлаждения** $V_{\text{охл}} = \frac{dt}{d\tau} = \text{tg}\beta$

Указанные элементы, выбираемые в зависимости от задач термообработки, составляют ее **режим** - совокупность контролируемых параметров, обеспечивающих получение изделия заданного качества.

Как правило, решающую роль при назначении режима термообработки играют температура нагрева, время выдержки и скорость охлаждения.

Общая классификация операций термообработки

Все основные операции термообработки (ТО) по воздействию на материал дещш можно разделить на 2 группы: а) повышающие плотность дефектов кристаллического строения, б) понижающие плотность дефектов (рис. 2.28).



В соответствии с отмеченным ранее (см. п. 2.2.4), первая группа операций ТО, сопровождающаяся повышением уровня свободной (избыточной) энергии и плотности дефектов кристаллического строения материала, приводит к повышению прочностных свойств и снижению пластичности, увеличению электросопротивления, скорости коррозии и т.п.

Вторая группа операций ТО, приводящих к понижению уровня свободной энергии и плотности дефектов, оказывает на свойства материала противоположное влияние: прочность снижается, пластичность повышается, электропроводность возрастает и т.д.

Приведем общую характеристику перечисленных операций ТО, а для операций, используемых в условиях эксплуатации судна, дополнительно рассмотрим и их термические циклы.

Закалка - это термическая операция, заключающаяся в нагреве до температуры выше температуры фазовых превращений, выдержке при этой температуре и охлаждении со скоростью больше критической (рис. 2.29, а). Резкое снижение температуры подавляет диффузионные процессы, в результате чего при более низкой температуре фиксируется расположение атомов материала в кристаллической решетке, свойственное ему при температуре нагрева. Закалка может быть применена только к тем металлам и сплавам, в которых с повышением температуры в твердом состоянии происходит изменение строения - полиморфные превращения либо растворение избыточных фаз.



Химико-термическая обработка (ХТО) заключается в нагреве детали в химически активной среде, длительной выдержке при этой температуре и последующем охлаждении. В результате диффузии на поверхности детали создается слой с измененным химическим составом и, соответственно, свойствами. Более конкретное название операция ХТО получает по имени наносимого элемента: азотирование - насыщение азотом, хромирование - хромом и т.п. Химико-термическая обработка может быть применена ко всем без исключения металлическим материалам.

Термомеханическая обработка (ТМО) представляет собой пластическую деформацию нагретой детали (заготовки). Примером ТМО является ковка коленчатого вала, шатунов СДВС и др.

Особо следует подчеркнуть, что корпус судна практически полностью изготовлен из материалов, прошедших ТМО на металлургических заводах - это позволяет значительно повысить его конструкционную прочность и за счет этого снизить массу.

Так же как и ХТО, операция термомеханической обработки универсальна.

Отпуск - операция термообработки, заключающаяся в нагреве предварительно закаленного материала до температуры ниже критической, выдержке и последующем охлаждении (рис. 2.29, б). В зависимости от температуры нагрева предварительно закаленного материала, различают низкий, средний и высокий отпуск.

Отжиг - это ТО, состоящая в нагреве материала, выдержке (зачастую длительной) и последующем, обычно медленном охлаждении (рис. 2.29, в). Этот вид термообработки применим ко всем материалам - как не имеющим фазовых превращений в твердом состоянии (отжиг 1-го рода), так и имеющим такие превращения (отжиг 2-го рода).

Нагревательные и охлаждающие среды, используемые при термообработке деталей СТС

Выбор способа и среды нагрева и охлаждения деталей при термообработке определяется стоящими перед ней задачами.

В условиях береговых судоремонтных предприятий нагрев обычно производится в электрических или газовых печах, а также токами высокой частоты (ТВЧ). **Нагревательной средой** чаще всего является газовая, которая может быть **окислительной** (воздух) или **нейтральной**. Реже используются жидкие нагревательные среды - обычно это **расплавы солей** в тиглях. Так, для равномерного прогрева деталей сложной конфигурации при температурах до 160...550 °С используется смеси азотной и калиевой селитры в различном соотношении. Если необходим высокотемпературный нагрев до 1300... 1350 °С (для закалки быстрорежущих сталей), то применяют $BaCl_2$.

Основные **охлаждающие среды** - вода, минеральное масло и воздух применяются при ТО как на берегу, так и в море. Они понижают температуру со скоростью порядка 600, 150 и 30 °С/с соответственно. При закалке углеродистых сталей скорость охлаждения свыше критической обеспечивает только вода, для легированных - вода и масло. При необходимости для увеличения $v_{-o.0}$, можно использовать морскую воду – $V_{охл} \sim 1200^\circ\text{C}/\text{с}$.

Источники тепла, применяемые для нагрева в условиях эксплуатации судна, имеют заметно меньшую тепловую мощность - пламя газовой горелки или паяльной лампы. Это позволяет проводить термообработку деталей СТС небольших габаритов и массы. Однако в последние годы наметился некоторый прогресс в росте этих параметров деталей за счет использования т.н. "гибких" индукторов, подключаемых к имеющимся на судах сварочным трансформаторам.

Конструкционные стали

Рассмотрим более подробно группу конструкционных сталей с учетом конкретного назначения, термообработки и получаемых эксплуатационных свойств (табл. 2.17.).

К корпусным относят стали, широко используемые для изготовления сварных корпусов морских и речных судов. Так, на сухогрузах они составляют 80...90 % общей массы судна. Оптимальное сочетание прочности и пластичности, достигаемое уже на металлургических заводах при термомеханической обработке (прокатка нагретого материала), позволяет гнуть листы заданной кривизны, сохранять целостность корпуса судна при навале на пирс и других аварийных ситуациях. Выполнение же технологического требования - хорошей свариваемости - дает возможность выполнять сварку на судне практически при любых погодных условиях.

Таблица 2.17 - Сводная информация по конструкционным
сталям в судостроении и судоремонте

Доминирующие требования к материалу изделия	Типовая марка стали	Основные свойства			Примеры применения
		Предел прочности σ_b , МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСЧ, МДж/м ² (твёрдость НRC)	
1	2	3	4	5	6
Корпусные: $C \leq 0,22\%$, без термообработки, в состоянии поставки					
Высокая пластичность, приемлемый уровень прочности свойств хорошая свариваемость	ВСт.3	420	25	0,55	Изготовление корпусов судов и конструкций с помощью сварки
	09Г2С	600	21	0,5	
	10ХСНД	620	19	0,4	
	10Г2СД М	540	19	0,7	
Цементируемые: 0,15 С 0,3%, ТО цементация+закалка+низкий отпуск					
Наследственная мелкозернистость	20Х	800	11	(58...62)	Детали СТС с высокой твёрдо-
	12Х2Н4	1150	12		

– способность длительное время сохранять размер зерна при нагреве до высоких температур	МА				стью и износостойкостью поверхности: топливная аппаратура дизелей, шестерни, клачные шайбы и др.
	18ХГТ	1000	9		
	30ХГТ	1500	9		
Улучшаемые: 0,3 С 0,5%, ТО закалка+высокий отпуск					
Повышенная способность выдерживать знакопеременные и динамические нагрузки	45	670	17	0,4	Наиболее нагруженные ответственные детали: шатуны, анкерные связи, коленчатые валы и др.
	35ХМА	1050	12	0,6	
	40Х	1000	10	0,6	
	40ХМН	1100	11	0,7	
	38ХНЗМФ А	1200	12	0,8	
Пружинно-рессорные: 0,5 0,7 %, ТО закалка+средний отпуск					
Высокое значение пределов пропорциональности и выносливости, высокая релаксационная стойкость	65	1100	10	-	Пружины различных механизмов, мембраны и прочие упругие элементы
	50ХФА	1200	6	-	
	70СЗА	1800	6	-	
	60С2ХФА	1900	5	-	
Шарикоподшипниковые: около 1%С, ТО закалка+низкий отпуск					
Чистота по неметаллическим включениям, стабильность размеров	ШХ6	-	-	(66...61)	Подшипники качения: шарико- и роликоподшипники, игольчатые и др.
	ШХ15	-	-		
	ШХ15СГ	-	-		

Корпусные стали относятся к тем судостроительным материалам, которые должны удовлетворять жестким требованиям Правил классификации и постройки морских судов (Морского Регистра) в части хладноломкости. По этому критерию она делится на категории *A, B, B, E* и *F*. Выбор категории производится с учетом минимальной температуры окружающей среды и толщины элемента корпуса. Так, при толщине $5 = 20$ мм для указанных категорий предельно допустимая температура составляет $-15, -33, -43, -60$ и ниже -60°C (соответственно).

Цементируемые стали подвергаются сложной термообработке, включающей насыщение поверхности углеродом до $0.9... 1.1$ % путем выдержки при температурах $910... 930^{\circ}\text{C}$ в течение $10... 15$ часов в химически активной среде, что практически исключает проведение ее в условиях эксплуатации судна. В заводских же условиях детали из этих сталей приобретают высокую твердость поверхности и вязкую сердцевину - это обеспечивает хорошую износостойкость, способность воспринимать контактные и ударные нагрузки. Улучшаемые стали наиболее многочисленны по числу разработанных марок, предназначенных для изготовления деталей с последующей закалкой и высоким отпуском. Такая термообработка сообщает материалу комплекс

свойств, позволяющих эксплуатировать детали при больших и динамических и знакопеременных нагрузках.



Рис. 2.35. Упругие элементы СТС: слева – пружина сжатия ТНВД, справа – сиффон холодильной установки

Пружинно-рессорные стали приобретают свои высокие эксплуатационные качества в результате закалки и среднего отпуска (рис. 2.35). Такая обработка возможна не только в заводских условиях, но и непосредственно на судах для изготовления пружин небольших размеров взамен вышедших из строя или при их регенерации - восстановлении исходных габаритов и значений предела пропорциональности.

Шарикоподшипниковые стали настолько важны для современной техники, что даже их маркировка имеет особенности (см. табл. 2.14). Ни один механизм не может быть создан без подшипников качения. Они обеспечивают минимальные потери энергии, так как коэффициент трения качения существенно ниже, чем при трении скольжения. Кроме этого, благодаря малой деформации при ТО, эти стали широко применяются для изготовления прецизионных сопряжений топливной аппаратуры судовых дизелей.

Конструкционные материалы на основе цветных металлов.

При рассмотрении этой группы материалов следует иметь в виду, что они на современном этапе развития по технико-экономической эффективности (см. п.п. 2.1.2 и 2.8.1) значительно уступают железоуглеродистым сплавам. Поэтому их использование для восприятия внешних силовых нагрузок целесообразно лишь в том случае, когда дополнительно в качестве доминирующего требования выступает какое-либо специальное или технологическое свойство.

Требуемые тактико-технические характеристики судов на подводных крыльях, воздушной подушке, а также подводных лодок могут быть реализованы только при использовании деформируемых **корпусных сплавов Al и Ti** (табл. 2.20). Для обеспечения срока службы к ним предъявляется требование высокой коррозионной стойкости в условиях воздействия морской воды и тумана.

Гребные винты при эксплуатации подвергаются циклическому изгибу, ударам лопастей о твердые предметы, особенно при плавании в ледовых условиях. Помимо механической нагрузки, они постоянно испытывают воздействие морской воды. Учитывая сложную геометрическую форму винтов, их изготавливают путем отливки. Поэтому чаще всего для их изготовления применяют чаще всего соответствующие литейные латуни и бронзы, реже -углеродистые или коррозионностойкие стали.

Пружинные элементы в условиях воздействия морской среды должны сохранять свои рабочие характеристики - жесткость, релаксационную стойкость. Это налагает, помимо уже отмеченных требований к материалу (см. табл. 2.17), способность длительное время сопротивляться коррозии под нагрузкой. Чаще всего проблему удается решить с помощью специальных бронз и сплавов на основе кобальта или железа.

Безыскровой инструмент является обязательным для использования на танкерах, газовозах и других судах, груз которых представляет повышенную пожароопасность. Конструктивно не отличаясь от обычного инструмента, он



изготавливается из алюминиевых, марганцовистых или бериллиевых бронз, на него наносится соответствующая надпись и заводской номер (рис. 2.36).

Неискрающиеся при ударе или падении в условиях качки материалы применяют также при изготовлении деталей газовой аппаратуры, устанавливаемой на баллоны со сжатыми взрывоопасными газами или их смесями (кислорода, ацетилена, пропана и пр.).

Специальные металлические материалы

Учитывая, что широкий спектр свойств специальных материалов представляет возможности использования одного и того же материала для выполнения заметно отличающихся друг от друга функций, вначале целесообразно ознакомиться с основными группами с учетом свойств матрицы (п. 2.9.1), а затем перейти к рассмотрению наиболее распространенных на судах функциональных групп (см. п.п. 2.9.2 - 2.9.5).

Общая характеристика и маркировка специальных материалов

В отличие от конструкционных материалов (преимущественно сталей и чугунов), специальные материалы предназначены для выполнения особых функций, например, служить проводником электрического тока. Для этих целей обычно используются цветные металлы (медь, алюминий, титан и др.) и сплавы на их основе. Как правило, они намного дороже железоуглеродистых, но в то же время обладают рядом неоспоримых преимуществ:

- повышенной коррозионной стойкостью;
- более высокой (низкой) тепло- и электропроводностью;
- более низкой (высокой) температурой плавления и пр.

В то же время следует иметь в виду, что специальные материалы зачастую с успехом могут воспринимать и силовую нагрузку - т.е. выполнять функции конструкционных материалов.

В зависимости от конкретных специальных требований деталь изготавливают из чистого металла или его сплава. Их маркировка, по аналогии со сталями, включает буквенную и числовую компоненту (табл. 2.18). Однако нужно учитывать, что обозначения одного и того же химического элемента в сплавах может отличаться: например, кремнию в сталях соответствует буква "С", а в сплавах цветных металлов - буква "К" (см. табл. 2.13).

Таблица 2.18 - Условные обозначения специальных металлических материалов, применяемых в судостроении и судоремонте

Материал	Принципы и примеры маркировки
----------	-------------------------------

<i>Алюминий, титан и сплавы на их основе</i>	
Алюминий	Буквой А, число характеризует чистоту металла. Чем оно больше, тем чище материал. <i>Пример:</i> А99 99,99% А1. Остальное примеси
Литейные алюминиевые сплавы	Буквами АЛ, затем указывается номер разработки. <i>Пример:</i> АЛ9 — литейный сплав А1, разработка № 9.
Деформируемые алюминиевые сплавы	1. Буквой Д или другими (В, АК), после которых указывается номер разработки сплава. <i>Пример:</i> Сплав Д16 деформируемый алюминиевый сплав № 16. 2. Буквой А. Последующие сочетания букв и чисел указывают на присутствие легирующих элементов и их содержание в процентах. <i>Пример:</i> Сплав АМгЗ деформируемый сплав на основе алюминия, 3 % магния, остальное - алюминий и примеси.
Титан	Буквами ВТ (получен в вакууме) и цифрами, качественно указывающими на содержание примесей. <i>Пример:</i> Титан ВТ1-0 или ВТ 1-00 вторая марка содержит меньше примесей
Литейные титановые сплавы	Буквами ВТ, после которых указывается номер сплава; буква "Л" в конце марки отражает принадлежность к группе литейных сплавов. <i>Пример:</i> Сплав ВТ14Л литейный сплав титана, № 14.
Деформируемые титановые сплавы	Буквами ВТ, затем указывается номер сплава <i>Пример:</i> Сплав ВТ 20 титановый деформируемый сплав № 20
<i>Медь и сплавы на ее основе</i>	
Медь	Буквой М, после которых указывается число (00, 0, 1 ... 4), характеризующее чистоту металла - чем оно больше, тем выше содержание примесей. <i>Пример:</i> Медь М1 относительно чистая медь.
Латуни литейные	Буквой Л. Последующие сочетания букв и чисел указывают на присутствие легирующих элементов и их содержание в процентах. <i>Пример:</i> Латунь ЛЦ17КЗ литейный сплав на основе меди, 17 % цинка, 3 % кремния, остальное - медь и примеси
Латуни деформируемые	Буквой Л. Последующие буквы указывают на присутствие легирующих элементов. Первое число - содержание! меди в процентах, остальные — соответствующее последовательности букв содержание легирующих элементов в процентах. <i>Пример:</i> Латунь ЛЖМц59-1-1 деформируемый сплав на основе меди; <i>Cu</i> - 59%, <i>Fe</i> - 1 %, <i>Mn</i> - 1 %, остальное - <i>Zn</i> и примеси.

Бронзы литейные	Буквами Бр Последующие сочетания букв и чисел указывают на присутствие легирующих элементов и их содержание в процентах. <i>Пример:</i> Бронза Бр05Ц5С5 литейный сплав на основе меди, Sn - 5%, Zn - 5%, Pb - 5 %, остальное - Си и примеси
Бронзы деформируемые	присутствующие легирующие элементы, а цифры — их содержание в процентах (соответственно) <i>Пример:</i> Бронза БрОЦС4-4-2,5 —» деформируемый сплав на основе меди, Sn - 4 %, Zn - 4 %, Pb — 2,5 %, остальное - Си и примеси.
<i>Прочие материалы</i>	
Баббиты	Буквой Б и числом, показывающим содержание олова в процентах. <i>Пример:</i> Б83 антифрикционный сплав, 83 % олова, остальное - другие элементы и примеси.
Оловянно-свинцовые припои	Буквами ПОС. Последующие буквы К или Су указывают на присутствие кадмия или сурьмы. Первое число обозначает содержание олова в процентах, второе — содержание кадмия или сурьмы. <i>Пример:</i> Припой ПОССу 61-1,5 оловянно-свинцовистый припой, олова - 61%, сурьмы — 1,5 %, остальное - свинец и примеси.
Серебряные припои	Буквами ПСр и цифрой, указывающей содержание серебра в процентах. <i>Пример:</i> ПСр 40 серебряный припой Ag - 40 %, остальное медь, другие элементы и примеси.
Примечание: информация по сплавам на основе магния не приведена, т.к. из-за низкой коррозионной стойкости в морской среде на судах они практически не встречаются	

ПЗ № 7. Составление таблиц с основными параметрами полимеров.

Ход практической работы:

Для указанных марок полимеров определить (таблица 1):

- химический состав;
- название.

Таблица 1

Марка полимера	Название	Химический состав

Марочный ассортимент полимеров создан с целью быстрого выбора вида и марки полимера для изготовления высококачественных изделий. Марочный ассортимент включает марки, различающиеся по вязкости и эксплуатационным свойствам.

Марочный ассортимент по вязкости разделяют на марки, предназначенные для переработки различными методами (литьем под давлением, прессованием и др.), с повышением номера марки увеличивается молекулярная масса и, как следствие, увеличивается вязкость. Это **марки базового ассортимента**. Марки по вязкости модифицируют для улучшения технологических свойств:

- а) для увеличения производительности создают быстrokристаллизирующиеся марки;
- б) для изделий сложной конфигурации - марки со смазками;
- в) термостабилизированные марки.

На основе базового ассортимента марок по технологическим свойствам создают путем химической или физической модификации **марки с улучшенными свойствами**. Эти марки разрабатывают с такими свойствами, чтобы при рекомендуемых режимах получать качественные изделия по всем параметрам (точности, прочности, внешнему виду и др.). В настоящее время полимерные материалы выпускают в ассортименте и поэтому для каждого изделия и способа формования можно подобрать соответствующую базовую марку полимера и, если необходимо, марку с улучшенными технологическими свойствами.

Базовые марки с целью изготовления качественных изделий разделяют на две группы:

- 1) в зависимости от вязкости полимера и толщины S стенки изделия;
- 2) в зависимости от относительной длины изделия L/S (S -длина).

Все множество марок пластмасс содержит около 10000 наименований.

2. Выбор пластмасс

2.1. Признаки выбора. Основными признаками выбора пластмасс являются эксплуатационные и технологические свойства. Для ускорения процесса выбора материала используют специальные таблицы, в каждой из которых приведены марки материалов в порядке снижения среднего значения представляемого эксплуатационного свойства. Так, созданы таблицы групп материалов по коэффициенту трения и износа, электрической прочности и электросопротивлению, диэлектрической проницаемости, коэффициентам светопропускания и преломления и другим признакам. Созданы также программы автоматизированного выбора пластмассы по ряду эксплуатационных и технологических свойств.

2.2. Порядок и алгоритм выбора пластмасс

Пластмассы выбирают исходя из требований к эксплуатационным свойствам и геометрическим параметрам изделия. Поэтому сначала выбирают вид пластмассы на основе требований к ее эксплуатационным свойствам, а затем базовую марку и марку с улучшенными технологическими свойствами, которую можно эффективно переработать выбранным способом.

Существует два метода выбора вида пластмасс:

1 - метод аналогий - качественный;

2 - количественный метод.

Метод аналогий применяют при невозможности точного задания параметров эксплуатационных свойств пластмассы; в этом случае используют для выбора характерные параметры эксплуатационных свойств, назначение, достоинства, ограничения, рекомендации по применению и способам переработки; в этом случае для выбора также могут быть использованы рекомендации по применению пластмасс в других типах изделий, работающих в аналогичных условиях.

Порядок выбора пластмасс количественным методом по комплексу заданных значений эксплуатационных свойств сводится к следующему:

- выявление условий эксплуатации изделия и соответствующих им значений параметров эксплуатационных свойств пластмасс при основных условиях работы изделия;
- подбор пластмассы с требуемыми параметрами эксплуатационных свойств;
- проверка выбранной пластмассы по другим параметрам, не вошедшим в основные.

Наиболее удобной является эвристическая стратегия поиска и выбора пластмасс. В этом случае, отбрасывая заведомо бессмысленные варианты, используют не все множество вариантов, а лишь его наиболее нужную часть. Все множество пластмасс для этого разбивают на подмножества по определенным эксплуатационным свойствам. В таблице 2 приведены некоторые подмножества полимерных материалов.

Таблица 2

Характеристики подмножества полимерных материалов

Подмножество полимерных материалов	Число элементов K_i	Энтропия ряда ($\log_2 K_i$ бит)	Число поисковых параметров ряда, η	Сокращение поля поиска, $K_{общ}/K_i$ раз	Цена параметра, или снижение энтропии ($\log_2 K_{общ}/K_i$, бит)
Все множество ($K_{общ}$)	2710	11.4	11-12	-	-
Конструкционные	949	9.89	10	2.86	1.51
Электро- и радиотехнические	864	9.76	10	3.14	1.65
Листовые	501	8.97	9	5.41	2.44
Тропикостойкие	188	7.56	8	14.41	3.85
Прозрачные	156	7.23	7-8	18.07	4.18
Медицинские	123	6.94	7	22.03	4.46

Радиационностойкие	56	5.81	6	48.39	5.60
Герметики	53	5.81	6	48.39	5.60
Компаунды	52	5.73	6	51.13	5.68
Фрикционные	13	3.70	4	208.46	7.70

Поиск в конструкционном ряду сокращает поисковое поле почти в 3 раза, в ряду прозрачных материалов - в 18 раз, фрикционных материалов - в 208 раз (табл.2).

Выбор пластмасс по эксплуатационным параметрам это задача противоречивая:

1 - необходимость учесть наибольшее число параметров с целью повышения точности выбора;

2 - необходимость уменьшить их число с целью сокращения затрат труда и времени на оценку.

Выбор оптимального или минимального числа параметров из всего возможного их числа (30-40 параметров) при выборе и оценке выбранного материала основан на учете всех наиболее ценных эксплуатационных параметров материала путем использования для этой цели нужного (по эксплуатационным параметрам) подмножества пластмасс (электро- и радиотехнические, прозрачные, тропикостойкие - табл.2 и др.), остальные материалы отбрасывают. Минимальное количество учитываемых параметров определяют по выражению:

$$n \geq \text{INT}(\text{Log}_2 K) + 1;$$

где K - число элементов в данном подмножестве.

Обычно число поисковых параметров, необходимое для выбора пластмассы с помощью рядов пластмасс не превышает 10. Это наиболее ценные параметры с наибольшей информационной емкостью.

За критерий ценности поисковой информации принимают выигрыш, показывающий степень сужения поискового поля; это выражает формула:

$$\text{Log}_2 \text{Кобщ}/K_i = \text{Log}_2 \text{Кобщ} - \text{Log}_2 K_i ;$$

где Кобщ - число элементов всего множества, K_i - число элементов в подмножестве. Иначе эту величину называют цена параметра (в битах).

Определение перечня параметров является наиболее важным этапом при выборе пластмасс. Для этого удобно представить процесс в виде граф-дерева (рис.8) с его свойствами, расположенными на различных уровнях. Пусть на нулевом уровне находится интегральное свойство, характеризующее объект в

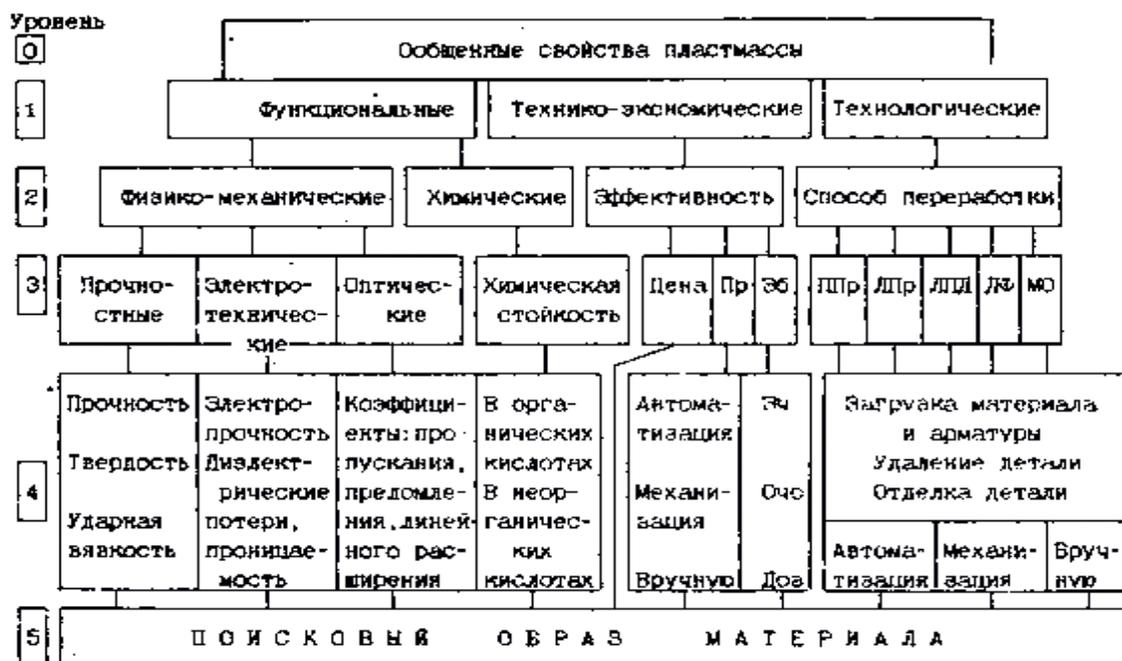


Рис. 8. Порядок составления поискового образа пластмассы: Пр - производительность; Эб - экологическая безопасность; ППр - прямое прессование; ЛПр - литьевое прессование; ЛЛД - литье под давлением; ДФ - дутьевое формование; МО - механическая обработка; Эч - экологически чистый; Очо - очистка отходов; Доз - допустимое загрязнение

целом. Далее дерево постепенно разветвляется, образуя первый, второй, третий и т.д. уровни. Число таких уровней не ограничено. Однако строя такое разветвление желательно доходить до такого уровня рассмотрения, на котором находятся простые, не разлагаемые на другие, наименее общие свойства.

Такое построение логической структуры свойств пластмассы ускоряет выбор перечня свойств.

В перечне параметров для каждого параметра необходимо указать его абсолютное значение или интервал возможного его изменения. Эти данные являются оценочными для выбора пластмассы из ряда. При этом часто используют наиболее часто метод расстановки приоритета. Сравнивая между собой параметры эксперт определяет отношение между ними (больше, меньше, равно) с присвоением коэффициентов, составляет матрицу и определяет параметры. После выполнения таких действий находят пластмассу, совпадающую по свойствам с установленными теоретическим путем параметрами. Поиск выполняют по соответствующей таблице с главным определяющим признаком (прозрачности, диэлектрической постоянной, электрической прочности и др.) или с помощью автоматизированной системы поиска.

С учетом этих соображений порядок выбора пластмассы следующий:

I. Составление поискового образа пластмассы:

- составление графа дерева свойств изделия,
- составление параметрического ряда и определение значения параметров,
- определение веса параметров с использованием метода расстановки приоритетов,
- установление порога совпадения поисковых параметров;

II. Порядок выбора:

- выбор материала по поисковым параметрам, начиная с наиболее ценного, методом последовательного приближения,
- при наличии нескольких равноценных марок материала сопоставление и выбор лучшей с помощью обобщенного показателя или по результатам опробования.

Выбор базовой марки полимера. Базовую марку полимера выбирают по вязкости (текучести) в зависимости от предполагаемого способа переработки (рис.9). Далее подбирают базовую марку по вязкости (текучести) в

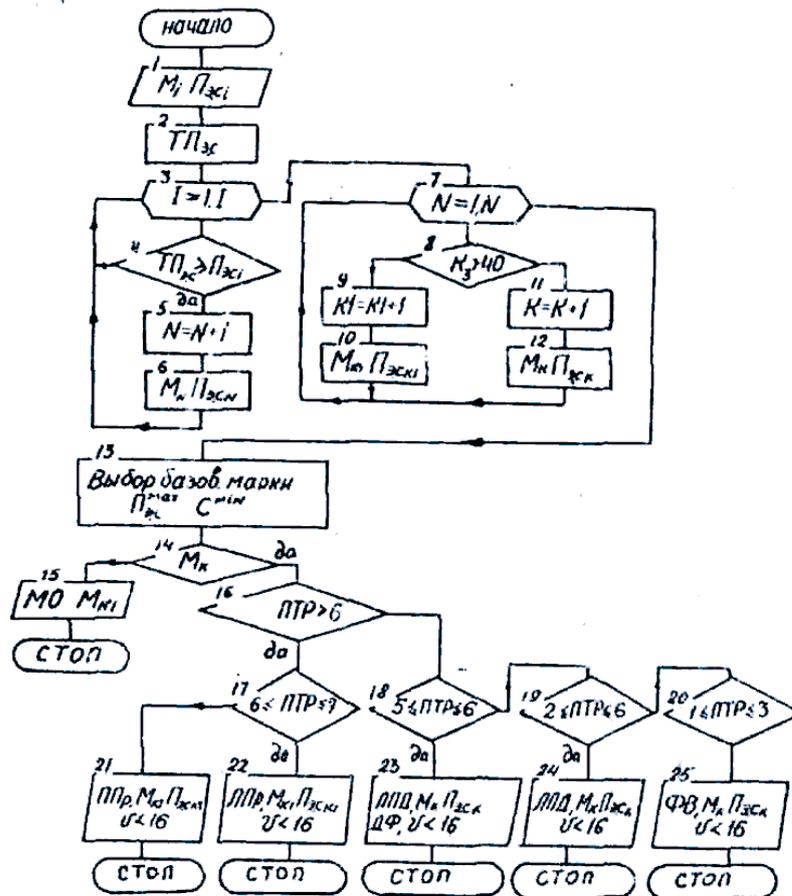


Рис. 9. Алгоритм выбора способа изготовления детали из пластмассы; $M_i, П_{эс}$ - массив марок и их эксплуатационные свойства; $П_{эс}$ - требуемые параметры эксплуатационных свойств; K_3 - коэффициент закрепления; $ПТР$ - показатель текучести расплава; ЛДД - литье под давлением; дФ - дутьевое формование; ФВ - формование волокон; $П_{эс}^{max}, C^{min}$ - базовая марка

зависимости от конфигурации и размеров детали. В справочниках (на пластмассы) обычно приведены конкретные рекомендации по применению различных марок пластмасс. Выбор литьевых марок пластмасс для литья под давлением наиболее сложен, поэтому приведем его.

Выбор базовых марок для литья под давлением. Основными параметрами при этом являются толщина детали S и отношение длины детали к толщине L/S .

Типоразмер каждой литьевой машины характеризует: V - объем впрыскиваемого материала, P - давление литья, Q - скорость впрыска и другие параметры и интервал толщины S получаемых

изделий (рис.10). Малые толщины получают на машинах с небольшим V , большие - на машинах с большим V . Для каждого типоразмера машин выделяют характерный ассортимент деталей по отношению длины к толщине L/S (таб. 3).

Таблица 3.

Группы изделий по отношению длины изделия к толщине (L/S) и рекомендуемые марки полимера.

Объем впрыска V , см ³	Номер группы марки (изделия) по S (см. рис. 10)											
	1			2			3			4		
	Номер группы изделия по L/S											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
16	140-93	92-62	<62	125-83	82-55	<55	115-77	76-51	<51	90-60	59-40	<40
32	165-110	110-73	<73	150-100	100-67	<67	125-83	83-55	<55	100-67	67-45	<45
63	180-120	120-80	<80	120-113	113-75	<75	135-90	90-60	<60	115-77	77-51	<51
125	205-137	137-91	<91	190-127	127-85	<85	160-107	107-71	<71	130-87	87-58	<58
250	240-160	160-107	<107	210-140	140-93	<93	175-117	117-78	<75	145-97	97-65	<65
500	280-187	187-125	<125	250-167	167-111	<111	210-140	140-93	<93	180-120	120-80	<80
1000	315-210	209-140	<140	275-183	182-122	<122	230-153	152-102	<102	190-127	126-85	<85
Рекомендуемая марка	-	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	5

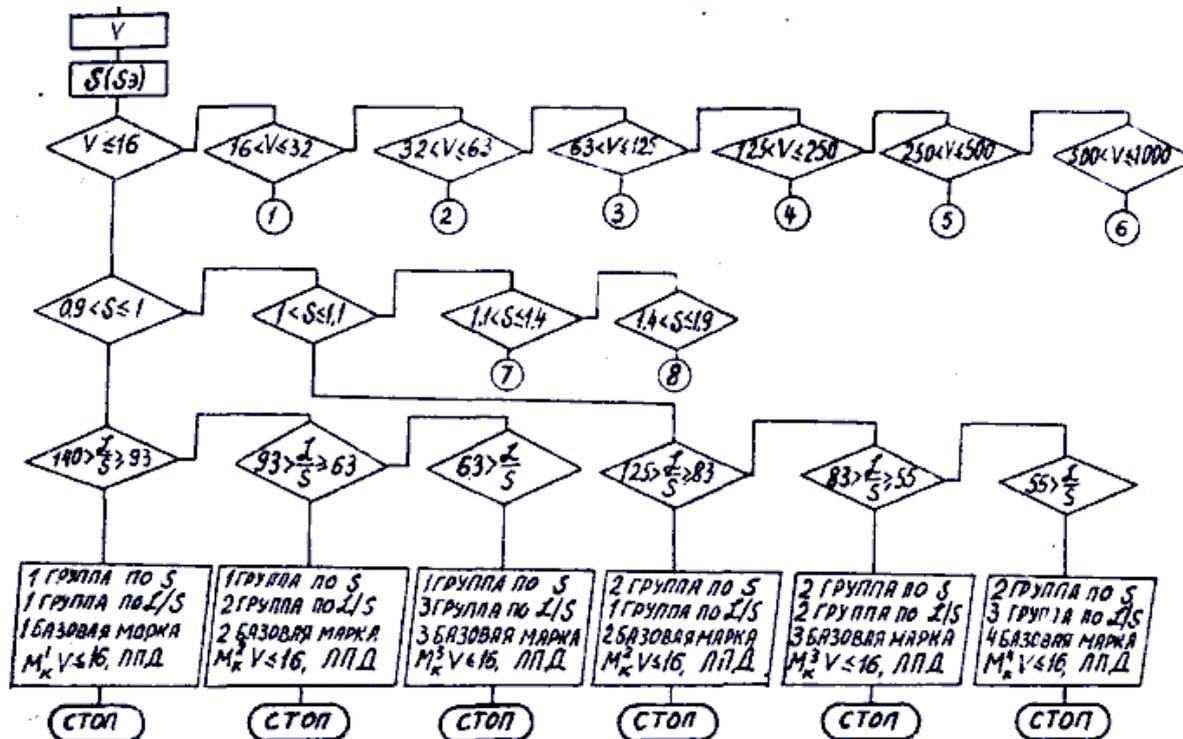


Рис. 10. Алгоритм выбора марки пластмассы при литье под давлением

Таким образом, каждую марку подразделяют на четыре группы для получения изделий с различной S , а каждую группу по толщине разделяют на три группы по относительной длине L/S . В таблице 3 показано соответствие базовых марок полимера группам изделий по S и L/S .

Порядок выбора литьевой марки полимера в зависимости от размеров изделия и типоразмера литьевой машины:

1. Определяют по чертежу толщину S . При разнотолщинном изделии определяют эквивалентную равномерную толщину изделия по формуле:

$$Sэ = \frac{(\sum S_i L_i)}{(\sum L_i)}$$

где S_i и L_i - толщина и длина отдельных участков изделия.

В зависимости от V изделия определяют типоразмер машины по V и номер группы изделия (марки) по S ($Sэ$).

2. Определяют отношение L/S ($L/Sэ$), определяют номер группы изделия и пластмассы по относительной длине (по табл.3).

3. По номерам групп толщины и относительной длины изделия определяют литьевую марку полимера и его ПТР (η). Значения ПТР (η) приведены в таблицах справочника.

Выбор марки с улучшенными технологическими свойствами

Марки с улучшенными технологическими свойствами выбирают на основе базовых с использованием справочной информации о выпускаемых типах марок с улучшенными технологически-

ми свойствами, их назначения, экономическом эффекте, рекомендациях по применению для различных изделий.

Алгоритм выбора пластмасс представлен на рис.9, а на рис. 10 - уточнение блоков 23-25 алгоритма для выбора пластмассы количественным способом для литья под давлением при объеме впрыска $V \leq 16 \text{ см}^3$ и толщине $0,9 < S \leq 1$ для относительной длины изделия не менее 140; для других объемов впрыска и толщин алгоритм строят аналогично в соответствии с данными табл.3.

ПЗ № 8. Составление таблиц с основными параметрами твердых неорганических диэлектриков.

1. Пользуясь справочными данными, заполнить таблицу основных характеристик твердых неорганических диэлектриков, указав их достоинства, недостатки и область применения.

2. Проранжировать данные материалы по массе, начиная с наиболее легкого.

Таблица 6 - Твердые неорганические диэлектрики

Свойства	Электро-керамика	Неорганические стекла	Ситаллы		
Электротехни- ческий фарфор	Конденсатор- ная керамика	Кварцевое стекло	Безщелочное стекло		
Состав					
Плотность, (кг/м ³)					
Интервал рабочих темпера- тур, (°С)					
Водопоглощение, (%)					
Предел прочности при растя- жении σ_r , (Н/м ²)					
Удельное электрическое. со- противление, ρ , (Ом·м)					
Тангенс угла диэлектрических потерь, $\text{tg} \delta$					
Электрическая прочность, $E_{пр}$, (МВ/м)					
Достоинства					
Недостатки					
Область применения					

Контрольные вопросы

1. Какие диэлектрики относятся к неорганическим?
2. Какой из данных материалов обладает самой высокой механической прочностью?
3. Чем отличаются активные диэлектрики от обычных?

Требования к отчету

Наряду с общими требованиями к выполнению и оформлению практических работ, отчет должен содержать следующие материалы:

1. Таблицу основных характеристик твердых неорганических диэлектриков.
2. Решение задания на ранжирование материалов по массе.
3. Краткие ответы на контрольные вопросы.

ПЗ № 9. Выбор марки припоя и флюса по условиям пайки.

Ход практической работы:

Для указанных марок припоев и флюса определить (таблица 1):

- химический состав;
- название.

Таблица 1

Марка припоев и флюса	Название	Химический состав

Как известно, пайка и паяные соединения служат как для крепления электрорадиоэлементов на ПП, так и для получения функционально законченного узла. Выполнение этих функций будет успешным, если обеспечиваются достаточная механическая прочность, хорошая паяемость, малое переходное электрическое сопротивление, правильная форма соединений, возможность контроля качества соединения, а также при необходимости допайки или перепайки. Для пайки ПП выбирают низкотемпературные (не выше 200 °С) оловянно-свинцовые припои, хорошо смачивающие соединяемые поверхности, имеющие небольшую величину поверхностного натяжения в расплаве и сохраняющие эти качества при длительном пребывании в расплавленном состоянии. Наиболее технологичными являются эвтектические или околоэвтектические припой системы олово-свинец. Они отличаются низкой температурой начала плавления, отсутствием или малым (не более 5-10 °С) интервалом плавления и кристаллизации, хорошим смачиванием многих металлов и затеканием в зазор и т.п. Наиболее распространённые марки припоев: отечественные (ПОС-61, ПОСК-50, ПОС-40, ПОСС-50, композитный самофлюсующийся припой ПОС-61КП), импортные (Sn63-Pb37, Sn60-Pb40, Sn40-Pb60, Sn95-Ag5, Sn62-Pb36-Ag2) и др.

Пайка припоями ПОС-61 и ПОСК-50 на печатных платах с металлизированными отверстиями получается хорошего качества при температуре не ниже 240 °С. При более низкой температуре припой плохо проходит в отверстия. Кадмиевый и висмутовый припой по своим свойствам хуже припоя ПОС-61 и дороже его. В ваннах установок механизированной пайки и лужения, припой постепенно загрязняется вследствие растворения в нём паяемых металлов (меди, никеля, цинка, золота и др.). Накопление примесей выше определённого уровня ведёт к ухудшению физико-технологических характеристик припоев, прежде всего пластичности и жидкотекучести. Пайка сильно загрязнённым припоем ведёт к снижению качества и внешнего вида паяных соединений. Пайка на платах печатного монтажа лучше и быстрее заполняет зазоры между отверстиями ПП и выводами радиоэлементов припоем ПОС-61. Заполнение зазоров достигается не только за счёт действия капиллярных сил и способности смачивания поверхности припоями, но и применения соответствующих флюсов.

Флюс, применяемый для пайки печатных схем, должен по возможности защищать проводники от коррозии. В то же время он должен быть достаточно активным (что позволяет сократить время пайки) и обладать максимальной активностью при температуре на 20-30 °С ниже температуры плавления припоя. Кроме того, флюс должен быть негигроскопичен и обладать хорошими изоляционными свойствами. Флюсы для пайки аппаратуры делятся на две группы: неактивированные – на основе канифоли и полиэфирных смол и активированные. Канифоль состоит из смеси нескольких слабых органических кислот, основная из которых абиетиновая, растворяющая оксиды меди, но не воздействующая на чистую медь. Вместе с тем абиетинаты меди не являются коррозионными продуктами. Канифоль и полиэфирные смолы, попадая в диэлектрик ПП, не снижают его сопротивление изоляции. Неактивированные флюсы широко применяются для пайки изделий ответственного назначения и в качестве консервирующих покрытий, сохраняющих паяемость ПП в условиях длительного складского хранения.

В активированных флюсах присутствуют активаторы – вещества, повышающие флюсующую активность (амины, слабые органические кислоты и др.). Активаторы содержат ионы галогенов или активные остатки, снижающие сопротивление изоляции диэлектриков (поэтому эти флюсы и их остатки следует тщательно отмывать). Их применяют при высокопроизводительной механизированной пайке, пайке плохо смачиваемых металлов (никеля и др.). К активированным флюсам относятся также водорастворимые флюсы, не содержащие канифоли (Л5, ФКГЭА). Активированные флюсы с активатором и на основе неорганических кислот в производстве РЭА не применяются из-за их коррозионного воздействия на паяемые металлы и резкого снижения сопротивления изоляции диэлектриков. Наиболее широкое применение получили флюсы: КСи (10-40% канифоли, 90-60% этилового спирта), ПлП (20-30% полиэфирной смолы ПН-9, 80-70% метилэтилкетона), КТС. Эти флюсы служат для пайки оловянно-свинцовыми припоями монтажных соединений, деталей из меди и с покрытием серебром, никелем, оловом. Флюсы КСи и ПлП не оказывают коррозионного действия на медь и покрытия, применяемые для радиодеталей, остатки флюса не влияют на сопротивление изоляции. Флюс ПлП применяют также для предохранения от окисления проводников и монтажных отверстий плат печатного монтажа в период длительного межоперационного хранения и в процессе монтажа. Этот флюс готовят на основе полиэфирных смол ПН-9, ПН-10, которые плавятся при 85-90 °С, обладают хорошими флюсующими и электроизоляционными свойствами, не требуют отмывки после монтажа, не вызывают вздутий и отслаивания влагозащитных покрытий после нанесения последних на плёнку флюса. Покрытие печатных плат флюсом ПлП производят окунанием или распылением с последующей сушкой в нормальных условиях в течение 40-50 минут. Флюсы КТС обладают высокой активностью при пайке, но так как в их состав входят салициловая кислота и солянокислый диэтиламин, они оказывают коррозионное действие на медь. Их разрешается применять при условии хорошей отмывки. Флюс ДГл применяют для групповой пайки погружением при 220-250°С и группового лужения радиодеталей. Исходя из вышеизложенного, выбираем припой ПОС-61 и флюс ПлП.

Можно также воспользоваться припойной пастой (или “паяльная паста” – механическая смесь порошка припоя, связующего вещества или связки, флюса и некоторых других компонентов): ПЛ-1, ПЛ-3. Пасту можно нанести ровным, точно заданным слоем с помощью механизированных и автоматизированных средств. Припойные пасты обеспечивают значительную, до 30-50% экономию припоя благодаря точному дозированию.

Пайка на отдельных платах всех элементов схемы создаёт благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов монтажной пайки. Большое значение при механизации операций пайки имеют технологические параметры процесса: подготовка плат к пайке, состав и характеристики применяемых флюсов и припоев, температура паяльных ванн и её стабилизация, время контакта платы с расплавленным припоем и др. Перед пайкой: производим установку электрорадиоэлементов на печатную плату, при серийном производстве – используем сборочные автоматы, отражающие более высокий, по сравнению со светомонтажными столами,

уровень автоматизации сборочно-монтажных работ. Выводы навесных элементов закрепляем в отверстиях платы (чтобы они не выпадали в процессе транспортировки и групповой пайки). В каждом отверстии размещаем вывод только одного элемента. Выводы элементов рихтуем, зачищаем, производим их формовку и обрезку и при необходимости, (для улучшения паяемости) подвергаем лужению. Элементы закрепляем, пропуская выводы в отверстия и подгибая их под платой в любом направлении. Длину подгибаемого участка вывода берём не менее 0,6мм, а место изгиба вывода – не ближе 2мм от корпуса элемента. На ОПП элементы располагаем параллельно поверхности платы без зазора или с зазором между корпусом элемента и платой, равным 2-3мм. Формовку круглых или ленточных выводов элементов и обжатие ленточных выводов производим монтажным инструментом или приспособлениями таким образом, чтобы исключались механические нагрузки на места крепления выводов к корпусу (электрорадиоэлемента). Формовку выводов производим не допуская их механического повреждения, нарушения защитного покрытия, изгиб в местах спая и у изоляторов, скручивание относительно оси корпусов, растрескивание стеклянных изоляторов и пластмассовой герметизации корпусов. Для подготовки поверхности ПП к пайке можно применять горячее лужение или оплавление гальванического сплава олово-свинец, (образование металлической связи между оловом и медью, высокая плотность горячего покрытия обеспечивают сохранение паяемости печатных проводников и отверстий в течение длительного времени). Однако в нашем случае использования ПП с паяльной маской из сухого плёночного фоторезиста, оплавление сплава может привести к сморщиванию маски и другим нежелательным дефектам. Поэтому выполняем горячее лужение эвтектическим припоем ПОС-61 путём окунания в ванну с расплавленным припоем и последующим удалением излишков припоя обдувкой струями горячего воздуха. Используем установки: Levelair-07, Gyrex-520, Electrovert, GH-500. На ПП должен оставаться слой припоя толщиной 6-10мкм (при меньшей толщине не гарантируется длительное сохранение паяемости). Необходимо помнить о контроле паяемости.

Под паяемость понимают способность металлов или неметаллов смачиваться расплавленным припоем и образовывать качественное паяное соединение. В условиях серийного производства (автоматизированной или механизированной пайки) жёстко выдерживается заданный режим пайки и некоторые соединения при ухудшенной паяемости могут обладать пониженным качеством. Покрытие, полученное горячим лужением ПП припоем ПОС-61, сохраняет паяемость до 6 месяцев (без консервации) и до 12 месяцев (с консервирующим слоем спиртоканифольного флюса). Известны более 10 методов контроля паяемости: - по площади смачивания; - по площади растекания; - по времени смачивания; - менискометрический контроль; - менискография; - контроль по обобщающему параметру. Так как процесс пайки связан с нагревом изделия или паяного соединения, существует большое число способов пайки, отличающихся источником нагрева. Для предотвращения перегрева радиоэлементов и отслаивания фольги от поверхности платы, время нагрева должно быть не более 3 с.; так же можно применить теплоотводы с медными губками, которые накладываются на проволочные выводы в непосредственной близости от корпуса элемента.

Применяющиеся в промышленности способы пайки:

- волной припоя; ПП проходит по гребню устойчивой волны припоя, подаваемого через специальное щелевидное сопло. Припой, находясь в постоянном движении, несёт большие запасы тепла, что позволяет форсировать режимы пайки. Непрерывно переливающийся припой не имеет на своей поверхности окислой плёнки; поверхностное натяжение волны припоя легко нарушается перемещающейся платой, чем облегчается смачивание. Этот способ позволяет легко автоматизировать процесс пайки печатных плат.

- групповым паяльником; Этот способ является довольно эффективным для повышения производительности процесса пайки планарных выводов радиоэлементов, при котором один или два

паяльника паяют одновременно все выводы ЭРЭ.- импульсным групповым паяльником; Пайка за доли (0,1-0,4) секунды на установках фирмы “Weltek”.

- дозированная пайка; Механизированный способ пайки обычным миниатюрным паяльником, закреплённом на механизме подачи. Паяльник при его ходе вниз расплавляет конец подаваемого на нужную длину проволочного припоя, благодаря чему, на жале паяльника оказывается доза припоя, готового к внесению в паяное соединение. Поскольку паяльник одновременно паяет всего одно соединение, производительность ниже, чем при групповых способах пайки. - пайка параллельными электродами; Этот способ, называемый также

- “пайка проходящим током”, является разновидностью одностороннего контактного нагрева и основан на прямом нагреве места соединения током, подводимым через электроды. Достаточное для расплавления припоя джоулево тепло выделяется в паяемых деталях (выводе ЭРЭ и контактной площадке ПП) на участке межэлектродного зазора.

- лазерная пайка; Установки с лазером на АИГ (алюмоиттриевый гранат).

- парофазная пайка; Относительно новый способ пайки (называемый иногда конденсационной пайкой) основан на использовании для нагрева паяемых изделий скрытой теплоты конденсации паров инертной термостойкой жидкости.

- пайка инфракрасным излучением; Способ заключается в нагреве мест соединения теплом источника ИК-излучения.

- погружением в расплавленный припой; Применяется для монтажа ЭРЭ со штырьковыми выводами ,при выпуске небольших партий изделий. Обладает рядом недостатков: ПП часто вспучиваются или пузырятся, наблюдается местное отслоение проводников (при погружении ПП в припой, под ней скапливается газ, выделяющийся из флюса и из подложки ПП, и попадающий в соединение).

Для устранения этих недостатков применяют:

– селективную пайку, т.е. пайку погружением с защитной маской из паранита, бумаги, стекла или лакоткани.

- протягиванием (для монтажа ЭРЭ со штырьковыми выводами) ; При этом способе, ПП со смонтированными на ней радиоэлементами, проходит над волной расплавленного припоя сначала в слегка наклонном положении и входит в соприкосновение с зеркалом припоя, затем выравнивается, проходит в таком положении небольшое расстояние в плавающем состоянии и затем снова под небольшим углом выходит из припоя. Наклон ПП способствует стеканию излишков припоя и снижает количество дефектов в паяных соединениях.

- непрерывная пайка скользящим паяльником; Способ состоит в последовательной пайке планарных выводов ЭРЭ к контактным площадкам ПП движущимся подпружиненным паяльником (постоянного косвенного нагрева или паяльник-ванна)

- избирательная пайка с принудительной подачей припоя; При этом способе в каждую точку ПП, подлежащую пайке, подают через специальную фильеру расплавленный припой. Достоинство способа в том, что плата подвергается нагреву только в точках пайки, проводники остаются холодными, а следовательно, исключается их отслоение. Применяют в серийном или массовом производстве. Для серийного производства усилителя выбираем пайку волной припоя, которая по многим показателям превосходит остальные способы. Надёжность и безотказность работы УНЧ зависит и от обеспечения высокой степени очистки печатного узла от остатков флю-

са и других загрязнений непосредственно после пайки и до влагозащиты. В случае недостаточной очистки: снижается электрическая прочность ЭРЭ, установленных на ПП, могут появиться токи утечки, нарушиться стабильность сопротивлений между проводниками платы, возникнут дополнительные ёмкостные связи. Всё это резко снижает качество узла на печатной плате и срок эксплуатации изделия.

ПЗ № 10. Составление таблиц с основными параметрами смазочных антикоррозионных материалов.

Ход практической работы:

Для указанных марок смазочных материалов определить (таблица 1):

- химический состав;
- название.

Таблица 1

Марка материала	Название	Химический состав

Существуют следующие методы очистки:

- ультразвуковой метод, при котором происходит механическое разрушение плёнки загрязнений и одновременно ускоряется химическое взаимодействие моющей среды с загрязнением за счёт акустических течений, образующихся в жидкости. Также производится удаление моющей среды и создаётся на поверхности защитная плёнка, препятствующая коррозии.

- механизированный вибрационный метод очистки, когда в установках, состоящих из нескольких последовательно установленных ванн, помещены электромагнитные или электромеханические вибраторы.

- очистка в моющих жидкостях, растворителях и растворах (трихлорэтилен, хлористый метилен, фреон Ф-112, хладон-113). Для удаления водорастворимых и канифольных флюсов используют автоматические конвейерные установки водной отмывки и сушки: “Poly Clean-I. По окончании процесса очистки необходимо произвести контроль чистоты поверхности и технологических средств методами, использующими различие физико-химических свойств чистой и загрязнённой поверхностей (трибометрический метод); или методами на ультразвуковой и фотоэлектрической основах, сравнивающих уровни чистоты подводимого потока и сливающегося с промываемого изделия потока жидкости.

Смазочное масло для механизмов машин следует рассматривать как элемент конструкции и включать сорта масла в спецификацию машин наравне с другими изделиями.

Правильный выбор сорта с режимом смазки для механизмов машин имеет первостепенное значение, так как этим, в основном при правильной эксплуатации, определяются параметры надежности и долговечности.

Цель настоящей работы — правильно выбрать смазку для механизмов как в процессе конструирования машин, так и при их эксплуатации. При этом необходим инженерный подход, основанный на научно-теоретических и практических вопросах смазки, главным из которых является знание природы смазочного действия масел и их влияние на износ, трение, надежность, долговечность и работоспособность машин.

Назначение и функции смазки в машинах

Влияние масел на долговечность и надежность машин определяется их эффективностью защиты трущихся поверхностей от износа, обеспечение необходимых характеристик трения и нормальной работы машин.

Основные функции смазки в машинах: снижение интенсивности износа и сил трения в трущихся поверхностях, охлаждение узлов трения, удаление про-

дуктов износа с поверхности трения, уплотнение узлов трения, защита от попадания в них абразивных частиц из внешней среды, защита от коррозии, амортизирующее действие, снижение шума, смазка является демпфером, а в гидравлических механизмах — передаточным элементом.

Виды и основные характеристики смазочных материалов

Смазочные материалы выпускают в виде жидких масел, консистентных (мазеподобных) и твердых смазок минерального, растительного, животного и синтетического происхождения.

Для смазки механизмов машин применяют жидкие масла и консистентные смазки нефтяного и синтетического происхождения.

Смазки подразделяются на промышленные, моторные, трансмиссионные, приборные, консервационные, специальные.

Основные физико-химические и эксплуатационные характеристики масел: вязкость, температурная стабильность, температура вспышки, коррозионность, вспениваемость, эмульгируемость, наличие примесей, сохраняемость, моющие свойства.

Наиболее важное свойство масел — вязкость, которая определяет возможность жидкостной смазки трущихся поверхностей. При выборе масел этот показатель оценивается индексом вязкости.

Густые консистентные смазки характеризуются температурой каплепадения, температурной стабильностью, водостойкостью, морозостойкостью.

Подробно основные свойства и характеристики смазочных материалов показаны в таблицах 1 и 2.

Основные рекомендации по выбору смазочных материалов

для основных механизмов машин

Основные факторы влияющие на выбор смазки для механизмов; рабочая температура узла; скорость взаимного перемещения трущихся поверхностей; нагрузка на трущиеся поверхности и интенсивность ее приложения; характер нагрузки и кинематика узла (спокойная нагрузка, наличие ударов, вибраций); качество обработки трущихся поверхностей; твердость трущихся поверхностей; степень изношенности сочленений; условия эксплуатации (запыленность, абразивность внешней среды, возможность попадания воды и активных реагентов); климатическая зона и время года.

Детальное изучение и анализ этих факторов позволяют сделать следующие выводы и дать общие рекомендации при выборе смазочных материалов:

- с повышением рабочей температуры следует выбирать масло с большим индексом вязкости;
- для более нагруженных механизмов, работающих в тяжелом режиме, следует применять более вязкие масла, для легко- и средне на

груженых — менее вязкие; чем ниже качество обработки трущихся поверхностей, тем более вязкое масло следует применять;

- с повышением скорости перемещения трущихся поверхностей и частоты вращения следует применять менее вязкое масло; с увеличением степени изношенности и зазора в узлах трения следует применять более вязкое масла;
- в зависимости от климатической зоны и времени года следует применять при более высоких температурах окружающей среды более вязкое (летнее) масло, а при низких температурах — менее вязкое (зимнее).

Особенности выбора масел для закрытых зубчатых передач

По возможности следует применять более вязкие масла, что способствует режиму жидкого трения, улучшает демпфирование, защищает зубья от задиров, истирания и выкрашивания. Однако применение высоковязких масел вызывает повышенный расход мощности на взбалтывание масла, выдавливания его из зазоров между зубьями, при этом ухудшается отвод тепла от поверхностей, затрудняется прокачиваемость масла через трубопроводы при циркуляционном способе подачи к нагруженным поверхностям трения.

В механизмах с зубчатыми передачами (редукторы, коробки передач и т.п.) масло одновременно служит для смазки подшипников, шлицевых передач, муфт, поэтому следует применять менее вязкие масла на основе компромиссного решения, с учетом рекомендаций заводских инструкций по смазке.

Характеристика и область применения минеральных масел

Таблица 1

Марка масла	ГОСТ	Вязкость кинематическая, м ² /с		Температура, °С		Область применения
		50 °С	100 °С	вспышки	застывания	

Индустриальное И-12А И-20А И-30А И-40А И-50А	20799-88	10-14	—	165	- 30	Узлы трения общего назначения, легко-, среднена- груженные редукторы
		17-23	—	180	-20	
		27-33	—	190	-15	
		33-45	—	200	-15	
		47-53	—	200	-20	
цилиндровое 11 24 38	6411-76		9-13	215	-5	тяжелонагружен- ные зубчатые, чер- вячные передачи
			20-28	240	-12	
			32-50	300	-7	

Характеристика и область применения пластичных смазок

Таблица 2

Наименование	ГОСТ	температура каплепадения, °С	температурный предел работспо- собности, °С	Область применения
Соолидол УС- 1 Солидол УС-2	1033-79 1033-79	75 75-87	-30 ... + 50 -25...+65	Узлы трения с темпера- турой не выше +50...+70°С.
Смазка 1-13	1631-61	130 -150	-20...+110	Подшипники электро- двигателей
Консталин УТ-1 Консталин УТ-2	1957-73 1957-73	130 - 150 свыше 150	-20...+120 -20...+120	Тяжелонагруженные узлы трения
Литол-24 Циатим 201 202 221	21150-87 6267-74 1110-75 9433-80	185 - 205 свыше 175 200-230 свыше 200	-40...+130 -60...+90 -50...+120 -60...+150	Приборы и механизмы, работающие с малым усилием сдвига Подшипник качения Узлы трения и сопряже- ния поверхности “ме- талл-металл”, “металл- резина”.

Выбор масла для закрытых зубчатых и червячных передач в зависимости от окружной скорости $V_{окр}$ и твердости поверхности зубьев производится в соответствии с данными таблиц 3 и 4.

Значения кинематической вязкости ν_{100} для зубчатых и червячных передач

Таблица 3

Твердость по Бринеллю	Окружная скорость колеса и скорость скольжения червяка, м/с		
	1-2,5	2,5-5	5-10
зубчатые передачи	11,5	9	8
До 280	20	11,5	9
280-350	32	20	15
350-450	32	20	11,5
червячные редукторы			

Рекомендуемые значения вязкости масла в зависимости от окружной скорости зубчатых колес, скорости скольжения червяка и материала зубчатого колеса

Таблица 4

Материал зубчатого колеса	Окружная скорость зубчатого колеса, м/с						
	до 0,5	0,5 - 1,0	1,0- 2,5	2,5-5,0	5,0 - 10	10-25	более 25
Текстолит, чугун бронза.	21	14	10	7,5	6	6	—
	50	30	30	20	14	10	7,5
Сталь закаленная или цементированная	скорость скольжения, м/с						
	до 1,0	1,0-2,5	2,5- 5,0	5,0-10	10-15	15-25	более 25
червячная передача	50	30	20	14	10	7,5	6,0

Особенности выбора смазки для подшипников качения

При выборе масла для подшипников качения следует руководствоваться следующими рекомендациями: подшипники следует смазывать маслами с относительно низкой рабочей вязкостью, при этом необходимо учитывать, что для тяжело нагруженных подшипников выбирают масла большей вязкости, для легко нагруженных — меньшей. С повышением скорости вращения для лучшего отвода тепла рекомендуется брать масла с меньшей вязкостью.

Методика и порядок выполнения работы

В соответствии с заданным вариантом вычерчивается кинематическая схема механизма, где все места и точки смазки пронумеровываются.

Выбор смазки производится в соответствии с рекомендациями изложенными в настоящих указаниях и в “Правилах технической эксплуатации технологического оборудования предприятий и судов рыбной промышленности” — Калининград, 1983г.

При выборе смазок следует по возможности сокращать сорта и типы применяемых смазок и унифицировать точки смазки, периодичность смазочных работ (добавка, полная замена, смазка в узле) должна быть увязана с графиком и нормами планово-предупредительного ремонта машин данного типа.

Отчет должен содержать кинематическую схему узла с указанием (цифрами) точек смазки; карту смазки по следующей форме:

Точка смазки по схеме	Наименование точки смазки	Количество	Способ смазки	Марка смазки		Периодичность добавки или и замены	Примечания
				летней	зимней		

По всем точкам смазки привести необходимое обоснование. При защите работы студент должен объяснить порядок ее выполнения, обосновать выбор смазки и ответить на вопросы.