

Министерство образования Саратовской области  
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
Саратовской области  
«Балаковский политехнический техникум»

**Методические указания**  
**по выполнению лабораторно-практических работ**

по дисциплине **ОП.02, ОП.04, ОП.05 Материаловедение**

для специальности:

- 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт  
промышленного оборудования (по отраслям);
- 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,  
систем и агрегатов автомобилей;
- 13.02.03 Электрические станции, сети и системы;
- 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и  
электромеханического оборудования (по отраслям);
- 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

РАССМОТРЕНО  
предметно-цикловой комиссией  
механических дисциплин  
Председатель:  
\_\_\_\_\_ Е.В. Солоха  
Протокол № \_\_\_\_\_  
от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

ОДОБРЕНО  
Заместитель директора по  
научно-методической работе  
\_\_\_\_\_ Н.Ю. Сулейманова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

ОДОБРЕНО  
Заместитель директора по  
учебной работе  
\_\_\_\_\_ И.Г. Шарова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

## Содержание

Введение.....	3
Перечень лабораторно-практических работ сп. 15.02.12.....	4
Перечень лабораторно-практических работ сп. 23.02.07.....	5
Перечень лабораторно-практических работ сп. 13.02.03.....	6
Перечень лабораторно-практических работ сп. 13.02.11.....	7
Перечень лабораторно-практических работ сп. 15.02.07.....	8
Практическая работа. Определение основных параметров и характеристик кристаллического строения металлов.....	9
Лабораторная работа №1. Определение твердости материалов .....	13
Лабораторная работа №2. Испытания на ударную вязкость .....	18
Практическая работа. Построение диаграммы состояния системы.....	24
Практическая работа. Построение и изучение диаграммы состояния системы «Fe-C».	33
Практическая работа. Выбор вида термообработки для деталей и инструментов.....	38
Практическая работа. Классификация и маркировка чугуна.....	45
Практическая работа Технология получения стали .....	52
Практическая работа. Маркировка стали .....	55
Лабораторная работа. Выбор материала для конструкций по назначению и условиям эксплуатации .....	62
Практическая работа. Маркировка цветных металлов и сплавов на их основе.....	65
Практическая работа. Определение области применения заданной марки цветного металла или сплава на его основе .....	69
Практическая работа. Применение электротехнических материалов.....	73
Практическая работа. Применение порошковых, композиционных и неметаллических материалов.....	74
Практическая работа. Подбор методов защиты детали от коррозии.....	75
Практическая работа. Расчет режимов резания при механической обработке металлов на различных станках.....	79
Практическая работа. Выбор видов литья для получения изделий.....	82
Практическая работа. Выбор методов обработки детали.....	88
Список используемой литературы.....	92

## Введение

Методическая разработка по выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине Материаловедение предназначена для студентов второго курса специальности 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям); 13.02.03 Электрические станции, сети и системы; 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям); 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям); 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь распознавать и классифицировать конструкционные и вспомогательные материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам; определять виды конструкционных материалов; выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации; расшифровывать маркировку металлов и сплавов.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать: виды, свойства, область применения конструкционных материалов; закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов; принципы выбора конструкционных материалов для применения в производстве; строение и свойства металлов, методы их исследования.

В методической разработке приведен порядок выполнения лабораторно-практических работ и основные правила оформления результатов этих работ.

## Перечень лабораторно-практических работ сп. 15.02.12

№ п/п	Наименование разделов и тем	Наименование лабораторно-практических работ	Объем часов
	<b>Раздел 1. Закономерности формирования структуры материала</b>		
1	Тема 1.1 Строение и свойства материалов	<b>Практическое занятие.</b> Определение основных параметров и характеристик кристаллического строения металлов	2
2	Тема 1.2 Методы испытания материалов	<b>Лабораторная работа.</b> Определение твердости материалов	2+2
3		<b>Лабораторная работа.</b> Испытания на ударную вязкость	2+2
4	Тема 1.4 Основы теории сплавов	<b>Практическое занятие.</b> Построение диаграммы состояния системы	2
5	Тема 1.5 Сплавы железа с углеродом	<b>Практическое занятие.</b> Построение и изучение диаграммы состояния системы «железо-углерод»	4
6	Тема 1.6 Основы термической обработки материалов	<b>Практическое занятие.</b> Выбор вида термообработки для деталей и инструментов	2
	<b>Раздел 2. Материалы, применяемые в машиностроении</b>		
7	Тема 2.1 Производство и маркировка чугуна	<b>Практическое занятие.</b> Классификация и маркировка чугуна	2
8	Тема 2. 2 Производство стали	<b>Практическое занятие.</b> Технология получения стали	2
9	Тема 2.3 Маркировка стали	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка стали	4
10		<b>Практическое занятие.</b> Выбор материала для конструкций по назначению и условиям эксплуатации	2
11	Тема 2.4 производство и маркировка цветных металлов	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка цветных металлов и сплавов на их основе	2
12		<b>Практическое занятие.</b> Определение области применения заданной марки цветного металла или сплава на его основе	2
13	<b>Раздел 3. Материалы с особыми физическими свойствами</b>	<b>Практическое занятие.</b> Применение электротехнических материалов	2
14	<b>Раздел 5 Порошковые, композиционные и неметаллические материалы</b>	<b>Практическое занятие.</b> Применение порошковых, композиционных и неметаллических материалов	2
15	<b>Раздел 6. Коррозия металлов</b>	<b>Практическое занятие.</b> Подбор методов защиты детали от коррозии	2
	<b>Итого:</b>		<b>34</b>

## Перечень лабораторно-практических работ сп. 23.02.07

№ п/п	Наименование разделов и тем	Наименование лабораторно-практических работ	Объе м часов
	<b>Раздел 1. Закономерности формирования структуры материала</b>		<b>10</b>
1	Тема 1.1 Строение и свойства материалов	<b>Практическое занятие.</b> Описание строения и основных характеристик кристаллической решетки указанного элемента	2
2	Тема 1.2 Методы испытания материалов	<b>Лабораторная работа.</b> Определение твердости материалов	2+2
3		<b>Лабораторная работа.</b> Испытания на ударную вязкость	2+2
4	Тема 1.5 Сплавы железа с углеродом	<b>Практическое занятие.</b> Построение и изучение диаграммы состояния системы «железо-углерод»	2
5	Тема 1.6 Основы термической обработки материалов	<b>Практическое занятие.</b> Выбор вида термообработки для деталей и инструментов	2
	<b>Раздел 2. Материалы, применяемые в машиностроении</b>		<b>12</b>
6	Тема 2.1 Производство и маркировка чугуна	<b>Практическое занятие.</b> Классификация и маркировка чугуна	2
7	Тема 2. 2 Производство стали	<b>Практическое занятие.</b> Технология получения стали	2
8	Тема 2.3 Маркировка стали	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка стали	2
9		<b>Практическое занятие.</b> Выбор материала для конструкций по назначению и условиям эксплуатации	2
10	Тема 2.4 Производство и маркировка цветных металлов	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка цветных металлов и сплавов на их основе	2
11		<b>Практическое занятие.</b> Определение области применения заданной марки цветного металла или сплава на его основе	2
12	<b>Раздел 7 Коррозия металлов</b>	<b>Практическое занятие.</b> Подбор методов защиты детали от коррозии	2
13	<b>Раздел 8 Основные способы обработки материала</b>	<b>Практическое занятие.</b> Расчет режимов резания при механической обработке металлов на различных станках	2
	<b>Итого:</b>		<b>26</b>

## Перечень лабораторно-практических работ сп. 13.02.03

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование разделов и тем</b>	<b>Наименование лабораторно-практических работ</b>	<b>Объем часов</b>
	<b>Раздел 1. Закономерности формирования структуры материала</b>		<b>6</b>
1	Тема: Методы испытания материалов	<b>Лабораторная работа.</b> Определение твердости материалов	2+2
2	Тема: Сплавы железа с углеродом	<b>Практическое занятие.</b> Построение и изучение диаграммы состояния системы «железо-углерод»	2
3	Тема: Основы термической обработки материалов	<b>Практическое занятие.</b> Выбор вида термообработки для деталей и инструментов	2
	<b>Раздел 2. Конструкционные материалы</b>		<b>6</b>
4	Тема: Производство и маркировка чугуна	<b>Практическое занятие.</b> Классификация и маркировка чугуна	2
5	Тема: Производство и маркировка стали	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка стали	2
6	Тема: Производство и маркировка цветных металлов	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка цветных металлов и сплавов на их основе	2
7	<b>Раздел 3. Материалы с особыми физическими свойствами</b>	<b>Практическое занятие.</b> Применение электротехнических материалов	2
8	<b>Раздел 4. Основные способы обработки материала</b>	<b>Практическое занятие.</b> Выбор методов обработки детали	2
	<b>Итого:</b>		<b>16</b>

## Перечень лабораторно-практических работ сп. 13.02.11

№ п/п	Наименование разделов и тем	Наименование лабораторно-практических работ	Объем часов
	<b>Раздел 1. Закономерности формирования структуры материала</b>		<b>8</b>
1	Тема: Строение и свойства материалов	<b>Практическое занятие.</b> Определение основных параметров и характеристик кристаллического строения металлов	2
2	Тема: Методы испытания материалов	<b>Лабораторная работа.</b> Определение твердости материалов	2+2
3	Тема: Сплавы железа с углеродом	<b>Практическое занятие.</b> Построение и изучение диаграммы состояния системы «железо-углерод»	2
4	Тема: Основы термической обработки материалов	<b>Практическое занятие.</b> Выбор вида термообработки для деталей и инструментов	2
	<b>Раздел 2. Конструкционные материалы</b>		<b>10</b>
5	Тема: Производство и маркировка чугуна	<b>Практическое занятие.</b> Классификация и маркировка чугуна	2
6	Тема: Производство и маркировка стали	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка стали	2
7		<b>Практическое занятие.</b> Выбор материала для конструкций по назначению и условиям эксплуатации	2
8	Тема: Производство и маркировка цветных металлов	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка цветных металлов и сплавов на их основе	2
9		<b>Практическое занятие.</b> Определение области применения заданной марки цветного металла или сплава на его основе	2
10	<b>Раздел 3. Материалы с особыми физическими свойствами</b>	<b>Практическое занятие.</b> Применение электротехнических материалов	<b>2</b>
11	<b>Раздел 4. Основные способы обработки материала</b>	<b>Практическое занятие.</b> Выбор методов обработки детали	<b>2</b>
	<b>Итого:</b>		<b>22</b>



## Перечень лабораторно-практических работ сп. 15.02.07

№ п/п	Наименование разделов и тем	Наименование лабораторно-практических работ	Объем часов
	<b>Раздел 1. Закономерности формирования структуры материала</b>		<b>10</b>
1	Тема 1.1 Строение и свойства материалов	<b>Практическое занятие.</b> Описание строения и основных характеристик кристаллической решетки указанного элемента	2
2	Тема 1.2 Методы испытания материалов	<b>Лабораторная работа.</b> Определение твердости материалов	2+2
3		<b>Лабораторная работа.</b> Испытания на ударную вязкость	2+2
4	Тема 1.4 Основы теории сплавов	<b>Практическое занятие.</b> Построение диаграммы состояния системы	2
5	Тема 1.5 Сплавы железа с углеродом	<b>Практическое занятие.</b> Построение диаграммы состояния системы «железо-углерод»	2
	<b>Раздел 2. Материалы, применяемые в машиностроении</b>		<b>8</b>
6	Тема 2.1 Производство и маркировка чугуна	<b>Практическое занятие.</b> Производство и маркировка чугуна	2
7	Тема 2.2 Производство стали	<b>Практическое занятие.</b> Технология получения стали	2
8	Тема 2.3 Маркировка стали	<b>Практическое занятие.</b> Маркировка стали	2
9	Тема 2.4 Производство и маркировка цветных металлов	<b>Практическое занятие.</b> Производство и маркировка цветных металлов	2
	<b>Раздел 3. Материалы с особыми физическими свойствами</b>		<b>4</b>
10	Тема 3.2 Материалы с особыми электрическими свойствами	<b>Практическое занятие.</b> Применение электротехнических материалов	4
	<b>Раздел 5 Основные способы обработки материала</b>		<b>4</b>
11	Тема 5.1 Литейное производство	<b>Практическое занятие.</b> Выбор видов литья для получения изделия	2
12	Тема 5.2 Обработка материалов давлением	<b>Практическое занятие.</b> Выбор методов обработки детали	2
	<b>Итого:</b>		<b>26</b>

## Практическая работа

### Тема: Определение основных параметров и характеристик кристаллического строения металлов (Описание строения и основных характеристик кристаллической решетки указанного элемента)

**Цель:** Закрепить теоретические знания о строении металлов; научиться определять основные параметры и характеристики кристаллического строения.

**Задание:** определить тип, описать строение и дать характеристику кристаллической решетки указанного элемента.

#### Основные теоретические сведения

Согласно принципу минимизации потенциальной энергии каждый атом стремится взаимодействовать с максимально большим числом атомов. Структурами плотнейших упаковок обладают кристаллы многих химических элементов.

Металлы образуют в основном три типа решеток (рисунок 1): объемно-центрированную кубическую (W, Mo, Cr, V, K, Na, Li и др.), гране-центрированную кубическую (Al, Cu, Ni, Ag, Au, Pb, Ce и др.) и гексагональную плотноупакованную (Mg, Zn, Be, Cd, Os, Ca и др.).

Кроме геометрических характеристик кристалла, в физическом материаловедении используют понятия: базис, координационное число и коэффициент заполнения.

**Базис решетки (n)** - это число атомов, приходящихся на одну элементарную ячейку.

Объемно-центрированная кубическая (ОЦК) решетка. В элементарной ячейке такой решетки девять атомов (восемь – в вершинах куба и один – в центре). Каждый угловой атом входит в восемь соседних ячеек, следовательно, на одну ячейку приходится  $n = 8 \cdot 1/8 + 1 = 2$  атома.

Гранецентрированная кубическая решетка (ГЦК). В элементарной ячейке такой решетки 14 атомов (8 – в вершинах и 6 – на гранях куба). Каждый угловой

атом входит в восемь ячеек; каждый атом, находящийся в центре грани, входит в две соседние ячейки, в центре ячейки атома нет. Следовательно, на одну ячейку приходится  $n = 8 \times 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$  атома.

Гексагональная плотноупакованная решетка (ГПУ). В элементарной ячейке такой решетки 16 атомов. Верхние центральные атомы входят в две соседние ячейки; атомы, образующие вершины призмы, входят в шесть соседних ячеек; атомы, лежащие внутри призмы, целиком принадлежат данной ячейке. Следовательно, на одну ячейку приходится  $n = 2 \cdot 1/2 + 12 \cdot 1/6 + 3 = 6$  атомов.

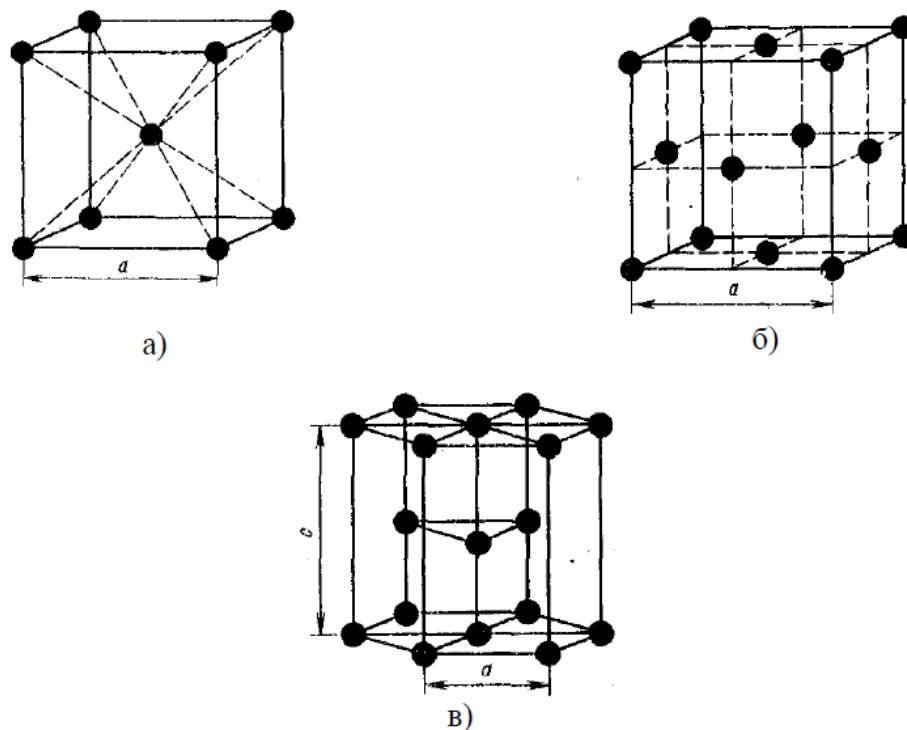


Рисунок 1 – Кристаллические решетки металлов: а – объемно-центрированная кубическая; б – гранецентрированная кубическая; в – гексагональная плотноупакованная

Элементарная кристаллическая ячейка характеризуется **координационным числом**, под которым понимают число атомов, находящихся на наиболее близком равном расстоянии от избранного атома.

В объемно центрированной кубической решетке (рисунок 2, а) атом А находится на наиболее близком равном расстоянии от восьми атомов, расположенных в вершинах куба, то есть координационное число этой решетки равно 8 (К8).

В гранецентрированной кубической решетке (рисунок 2, б) атом А находится на наиболее близком расстоянии от четырех атомов 1, 2, 3, 4, расположенных в

вершинах куба, от четырех атомов 5, 6, 7, 8, расположенных на гранях куба, и от четырех атомов 9, 10, 11, 12, принадлежащих расположенной рядом кристаллической ячейке. Атомы 9, 10, 11, 12 симметричны атомам 5, 6, 7, 8. Следовательно, для гране-центрированной кубической решетки координационное число равно 12 (К12).

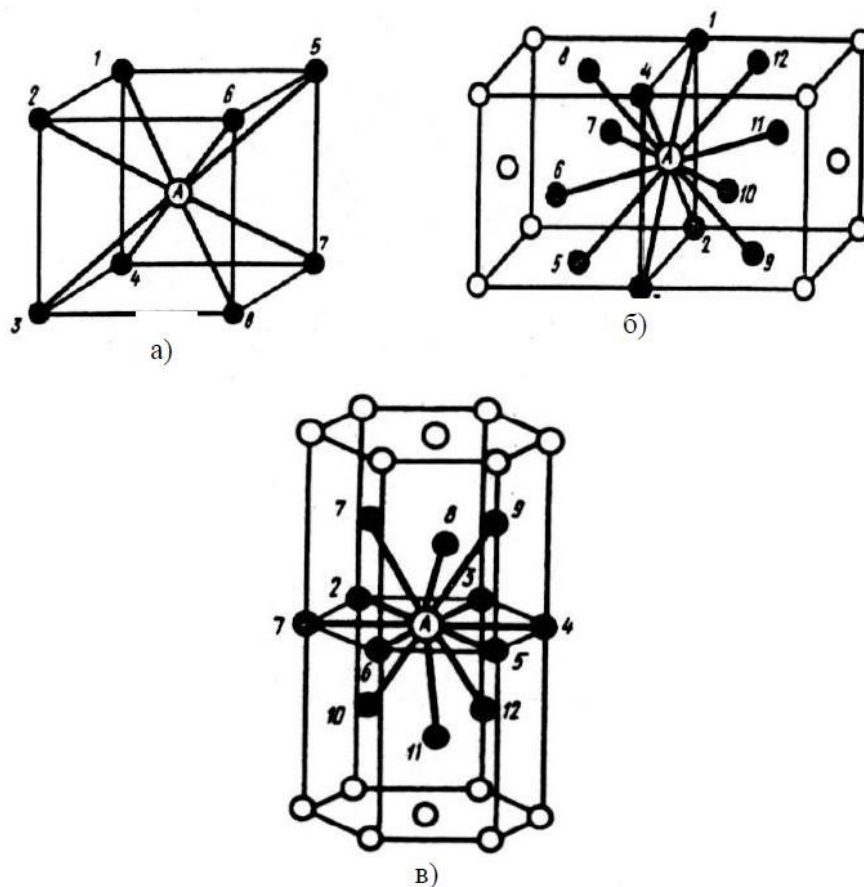


Рисунок 2 – Координационное число в различных кристаллических решетках для атома А: а – объемно-центрированная кубическая; б – гранецентрированная кубическая; в – гексагональная плотноупакованная

В гексагональной плотноупакованной решетке (рисунок 2, в) атом А находится на наиболее близком расстоянии от шести атомов 1, 2, 3, 4, 5, 6, расположенных в вершинах шестигранника, и от трех атомов 7, 8, 9, расположенных в средней плоскости призмы. Кроме того, атом А находится на таком же расстоянии еще от трех атомов 10, 11, 12, принадлежащих кристаллической ячейке, лежащей ниже основания. Атомы 10, 11, 12 симметричны атомам 7, 8, 9. Таким образом, для гексагональной плотноупакованной решетки координационное число равно 12 (Г12).

Чем выше координационное число, тем выше плотность упаковки кристаллической решетки, т. е. объем, занятый атомами.

## Ход работы:

1 Определить тип, основные параметры и характеристики кристаллической решетки заданного элемента (таблица 1).

2 Ответить на контрольные вопросы

3 Оформить письменный отчет по практической работе по плану:

- тема практической работы;
- цель работы;
- задание;
- заполненная таблица 1;
- ответы на контрольные вопросы;
- вывод о проделанной работе.

Таблица 1 – Характеристика кристаллического строения металлов

Вариант	Металл	Тип кристаллической решетки (название, рисунок элементарной ячейки)	Число атомов в элементарной ячейке	Базис, $n$ (расчет)	Кординационное число, $K$
1	Хром Cr				
	Алюминий Al				
	Магний Mg				
2	Медь Cu				
	Молибден Mo				
	Кадмий Cd				
3	Цинк Zn				
	Никель Ni				
	Вольфрам W				

## Контрольные вопросы:

1 Что такое базис решетки?

2 Как определяется координационное число и что оно характеризует?

3 Изобразите кривую охлаждения чистого металла и обозначьте участок кристаллизации. Почему температура при кристаллизации остается неизменной?

4 Какие точечные дефекты кристаллического строения могут быть образованы в процессе кристаллизации?

5 Какими особенностями обладают полиморфные металлы?

# Лабораторная работа № 1

## Тема: Определение твердости материалов

**Цель:** Ознакомиться с методикой определения твердости металлов по Бринеллю.

### Общие сведения

Под **твердостью** понимают свойство материала сопротивляться проникновению в него более твердого наконечника (индентора), не деформирующегося при испытании.

Твердость можно определять методом вдавливания ,царапанья, упругой отдачи и т.д. наиболее распространен метод вдавливания статической нагрузкой, который предусматривает внедрение индентора в образец (изделие) под действием нагрузки ,прикладываемой плавно и постепенно, причем время выдержки под нагрузкой регламентируется соответствующими стандартами на методы измерения твердости. В результате вдавливания поверхностные слои металла ,находящиеся под индентором и вблизи него, пластически деформируются. Особенность происходящей при этом деформации в том, что она протекает только в небольшом объеме, окружено недеформированным металлом. Таким образом, твердость характеризует сопротивление металла пластической деформации при контактном воздействии в поверхностном слое, т.е. способность одного тела противостоять проникновению (внедрению) в него другого более прочного тела.

Испытания на твердость получили большое распространение в промышленности, т.к. они дают возможность изучать свойства материала не только на опытных образцах, но и на готовых конструкциях и деталях. К тому же имеется возможность по результатам испытаний на твердость определить величину предела прочности материала без проведения испытаний на растяжение.

Наибольшее распространение получили статические методы:

- 1 Метод Бринелля – вдавливание стального закаленного шарика;
- 2 Метод Роквелла – вдавливание стального шарика при контроле мягких материалов или алмазного конуса при испытании твердых;
- 3 Метод Виккерса – вдавливание алмазной пирамиды.

Указанные методы определения твердости регламентированы соответствующими ГОСТами. Метод измерения твердости по Бринеллю - ГОСТ 9012-59, метод определения твердости по Роквеллу – ГОСТ 9013-59, метод определения твердости по Виккерсу – ГОСТ 2999-75.

### Методика и техника эксперимента

При определении твердости по Бринеллю стальной шарик диаметром  $D$  вдавливается в испытуемый образец под действием нагрузки  $P$  (рисунок 1) приложенной в течение определенного времени. значение твердости определяют по величине поверхности отпечатка, оставляемого шариком, который изготовлен из термически обработанной инструментальной стали.

Вдавливание шарика осуществляется на твердомере Бринелля (рисунок 3) следующим образом. На столик 2 устанавливают испытуемый образец или изделие 3. Вращая маховик 1 по часовой стрелке поднимают столик вверх для обеспечения контакта образца с индентором-шариком 4. Потом нажатием кнопки включается электродвигатель 6 прибора, после чего нагрузка начинает плавно передаваться на испытуемый образец. эта нагрузка, создаваемая грузом 5, действует обычно 10-60 с ,в зависимости от твердости измеряемого материала; выключается двигатель автоматически. Столик 2 вместе с образцом опускают вращением маховика 1 в обратном направлении. Образец 3 снимают и измеряют диаметр полученного на нем отпечатка с помощью лупы, на окуляре которой нанесена шкала с делениями, соответствующими 0,1 мм. Схема измерения диаметра отпечатка специальной лупой показана на рис. 2.

Число твердости по Бринеллю (НВ) определяют путем деления нагрузки  $P$  (Н) на площадь поверхности сферического отпечатка  $F$  (мм<sup>2</sup>) и вычисляют по формуле:

$$HВ = \frac{P}{F}; \quad (1)$$

где  $D$ – диаметр вдавливаемого шарика, мм;

$d$  – диаметр отпечатка, мм;

Между числами твердости по Бринеллю и пределом прочности  $\sigma_B$  существует следующая приближенная зависимость:

где  $k$  – коэффициент, определяемый опытным путем. Значения  $k$  для стали, алюминия и меди:

- сталь HB<175 - 3,4
- сталь HB>175 - 3,6
- алюминий отожженный - 4,0
- медь отожженная - 3,5.

Чем тверже металл, тем меньше диаметр отпечатка и тем выше число твердости по Бринеллю.

Диаметр шарика, нагрузку и продолжительность выдержки под нагрузкой выбирают в зависимости от твердости и толщины испытуемого изделия или образца. Нормы испытания на твердость приведены в таблице 1.

На практике при измерении твердости шариком определенного диаметра и установленной нагрузкой пользуются таблицами, указывающими число в зависимости от диаметра отпечатка.

Таблица 1 Нормы испытания на твердость по Бринеллю

Материал	Твердость по Бринеллю HB	Толщина образца, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка P, Н	Соотношение P и D	Выдержка под нагрузкой, с
Черные металлы	140-450	6-3	10,0	29420	$P=30D^2$	10
		4-2	5,0	7354		10
		<2	2,5	1834		10
Черные металлы	<140	6	10,0	9810	$P=10D^2$	10
		6-3	5,0	2451		10
		<3	2,5	614		10
Цветные металлы	>130	6-3	10,0	29420	$P=30D^2$	30
		4-2	5,0	7354		30
		<2	2,5	1834		30
	35-130	9-3	10,0	9810	$P=10D^2$	30
		6-3	5,0	2452		30
		<3	2,5	614		30
	8-35	>6	10,0	2451	$P=2,5D^2$	60
		6-3	5,0	614		60
		<3	2,5	153		60



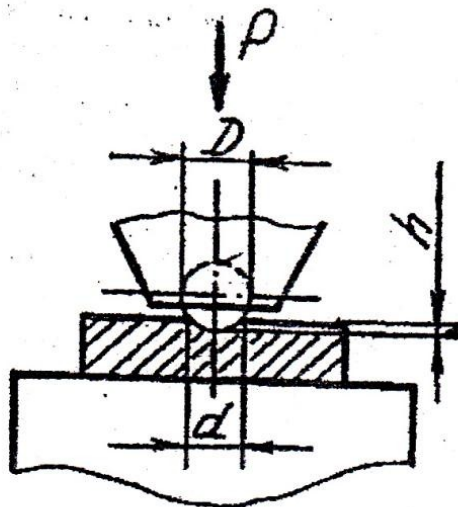


Рис. 1 Схема измерения твердости по методу Бринелля

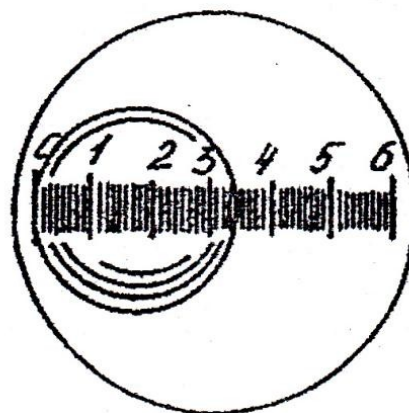


Рис. 2 Схема измерения диаметра отпечатка

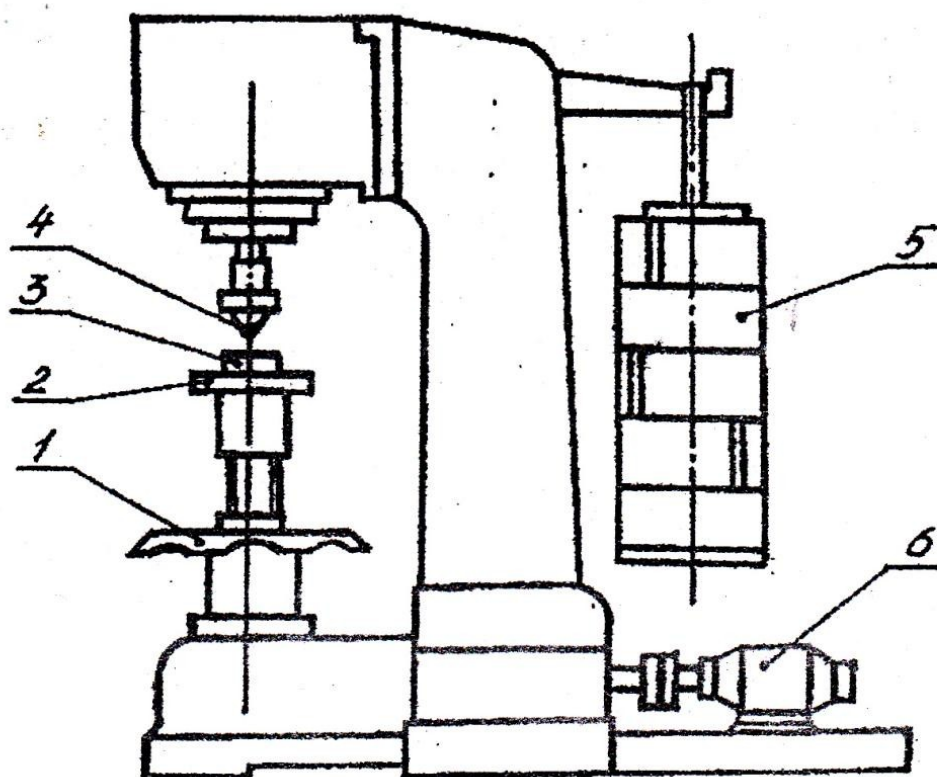


Рис. 3 Схема прибора для определения твердости по методу Бринелля

## Порядок выполнения работы

Задание:

1 Изучить теоретические вопросы:

1.1 схему испытания (с зарисовкой) твердости по Бринеллю;

1.2 определение твердости по формуле;

1.3 устройство автоматического рычажного пресса (с зарисовкой);

1.4 выбор диаметра шарика и нагрузки;

1.5 методику измерения отпечатка с помощью лупы.

2 Изучить порядок работы на твердомере.

3 Определить твердость образцов.

4 Определить приблизительное значение предела прочности образцов.

5 Сделать вывод о зависимости твердости и прочности различных материалов образцов.

Результаты оформить в виде протокола.

Таблица 1 - Протокол результатов работы

Материал	Толщина образца, мм	Диаметр шарика, мм	Нагрузка, Н	Диаметр отпечатка, мм			Твердость, НВ	Предел прочности, Гв, МПа
				d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>ср</sub>		

6 Содержание и оформление отчета по работе: тема работы; цель работы; задание; описание методики проведения испытаний с зарисовкой рисунка 1 и 3; результаты измерений в виде протокола; вывод по работе.

### Контрольные вопросы:

1 Определение твердости.

2 Перечислить методы измерения твердости.

3 На чем основан метод измерения твердости по Бринеллю?

4 Как определяется твердость по методу Бринелля (формула)?

5 Как осуществляется выбор диаметра шарика и нагрузки в лабораторной работе?

6 Методика измерения отпечатка.

## Лабораторная работа № 2

### Тема: Испытания на ударную вязкость

**Цель работы:** Определить ударную вязкость металла при испытании стандартных образцов на маятниковом копре.

#### Теоретические основы

В деталях машин и механизмов, подвергающихся в процессе эксплуатации действию быстро возникающих ударов, напряжения резко изменяются. Поэтому предварительные испытания образцов металлов и сплавов, из которых они изготавливаются, проводимые под действием медленно и постепенно возрастающих статических нагрузок, не дают возможности судить о надежности конструкции в целом. В особенности это относится к деталям изготавливаемым из таких марок металла, которые под влиянием определенных условий службы склонны переходить в хрупкое состояние под действием понижения температуры, наличия концентраторов напряжения, увеличения абсолютных размеров, повышения скорости деформации и других факторов. Незначительное сопротивление таких деталей быстродействующим динамическим нагрузкам будет особенно опасным для них.

Поэтому, чтобы заранее проверить склонность материалов к хрупкому разрушению, их подвергают испытаниям в условиях действия ударных нагрузок.

Опытами установлено, что наличие резкого перехода в сечениях изделий, а также первых следов появления трещин облегчает проявление хрупкости и способствует преждевременному разрушению материала. У испытываемых образцов делают с одной стороны надрез с целью вызвать в образце при ударе резкую неоднородность напряжений и затруднить пластическую деформацию, чтобы облегчить оценку склонности металла к переходу в хрупкое состояние.

Для сравнимости получаемых результатов стандартизуется форма и размеры образцов, надрезов, условия их механической обработки.

Требования к вырезке заготовок для образцов, их количество, место положения (образцы продольные, поперечные, тангенциальные, радиальные)

определяются стандартами на изготовление изделий или техническими условиями на материалы.

Образцы, вырезанные поперек волокон, менее чувствительны к изменению формы и размеров образца, чем взятые вдоль волокон.

ГОСТ 9454-60 установил для испытаний на маятниковом копре 1, 2, 3, 4, 5 типы образцов.

Основным является образец типа 1 (рис. 1).

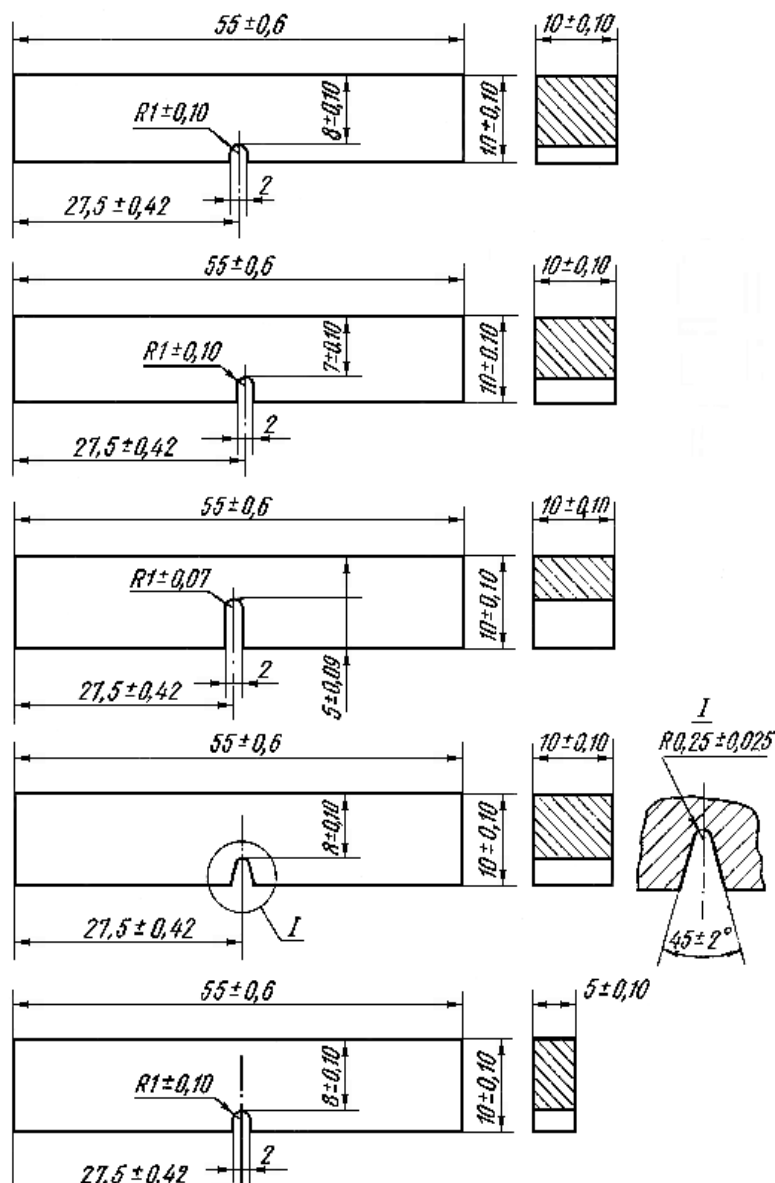


Рисунок 1 - Образцы для испытаний

Для получения достоверных результатов испытания необходимо тщательно проверить качество изготовления надреза и точно контролировать его разрезы штангенциркулем с конусом, имеющем цену деления 0,05 мм.

Даже ничтожные дефекты на поверхности надреза или незначительные отклонения от стандартизированных размеров могут оказать существенное влияние на конечные результаты испытания.

На результаты испытаний оказывают влияние и следующие факторы: геометрические размеры образцов, расстояние между опорами, угол заострения и толщина ножа, скорость падения молота, температура испытуемого образца.

При испытании на ударную вязкость надрезанных образцов закон подобия полностью неприменим, так как не существует пропорциональной зависимости между площадью поперечного сечения образца и количеством работы, затрачиваемой на его хрупкое разрушение. Для геометрически подобных образцов величина ударной вязкости возрастает с увеличением размеров образцов. С увеличением ширины образца при одинаковых других размерах, увеличивается влияние надреза и ударная вязкость понижается.

Увеличение длины образца с уменьшением его высоты со стороны надреза мало влияет на величину ударной вязкости. Большое значение имеет наблюдающая установка образца на опорах, необходимо чтобы вершина надреза находилась как раз в одной плоскости с лезвием ножа молота.

Для правильного расположения образца применяют металлический шаблон, которым до испытания проверяют симметричность установки образца на опорах. Пластическая деформация надрезанного образца при ударном изгибе сосредотачивается только у надреза в средней части образца по его длине, поэтому область распространения деформации в значительной мере зависит от формы и глубины надрезов.

### **Испытательные машины**

Для испытания материалов на ударную вязкость применяется маятниковый копер типа МК-30А (рис. 2) с предельным запасом энергии 30 кгм. Скорость ножа маятника должна быть в пределах от 4 до 7 м/с, что соответствует подъему ножа в маятнике на высоту от 0,8 до 2,6 м.

Копер состоит из чугунной станины с двумя вертикальными стойками. В верхней части этих стоек на горизонтальной оси подвешен тяжелый маятник.

В начале испытания его поднимают вручную в верхнее исходное положение и удерживают в этом положении защелкой.

Образец помещают горизонтально на две стальные опоры, которые привинчены внизу к стойкам машины. Маятник имеет шкалу, по которой определяет угол подъема после излома образца. Для остановки образца служит специальный тормоз.

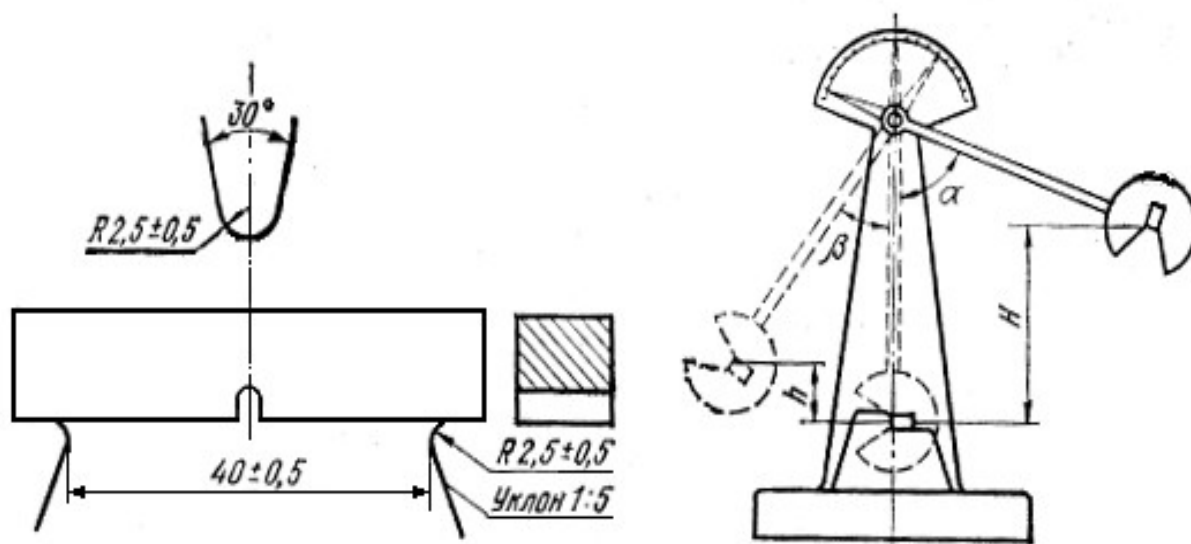


Рисунок 2 - Схема испытания на ударный изгиб

### Порядок проведения испытания

Прежде, чем приступить к испытаниям образцов на копре, нужно проверить правильность его работы. Для этого поднимают и фиксируют на какой-то высоте маятник копра. При этом рамка со шкалой устанавливается в определенном положении, соответствующем запасенной энергии маятника. После этого маятник отпускают, не устанавливая образец на опоры копра, и он должен подняться на ту же высоту с которой его отпустили и, если копер работает нормально, поводок маятника поднимет стрелку прибора до нулевого деления шкалы, так как энергия маятника ни на что не расходуется (если пренебречь потерями энергии на трение в опорах оси маятника, на сопротивление воздуха и другими потери, которые очень малы). Если при такой проверке стрелка остановится не на уровне нулевого деления шкалы, необходимо выяснить причины этого и устранить их.

Перед испытаниями нужно измерить штангенциркулем с точностью до 0,1 мм ширину и толщину образцов в месте надреза, так как при их изготовлении возможны отклонения от стандартных размеров. Результаты замеров занести в таблицу или протокол испытаний.

После этого можно приступать к испытаниям. Для испытания образца нужно взвести маятник, проверить положение шкалы и установить образец на опоры копра. Образец устанавливается так, чтобы надрез был расположен посередине расстояния между опорами (расстояние между опорами копра 40 мм) и маятник ударял по грани образца, противоположной той, на которой сделан надрез. При проверке установки шкалы и установке образца на опорах маятник обязательно должен быть закреплён фиксатором во избежание случайного его падения. При работе на копре необходимо пользоваться ограждением, так как обломки образца после разрушения могут разлетаться в разные стороны с большой скоростью. После разрушения образца нужно записать работу разрушения.

### **Задание:**

#### **1 Изучить:**

1.1 схему маятникового копра и образца при испытании (с зарисовкой);

1.2 определение ударной вязкости по формуле;

1.3 методику проведения испытания.

2 Провести испытания на ударную вязкость.

3 Определить ударную вязкость с помощью расчетов.

4 Сделать вывод по проделанной работе.

5 Написать отчет о работе в соответствии с пунктами 1.1, 1.3, 3, 4.

### **Данные для расчётов:**

$\alpha$ -угол подъёма маятника до испытания,  $\alpha=69^\circ$

$\beta$ -угол вылета маятника после испытаний,  $\beta=6^\circ$

L-длина плеча маятника, равна 2,1 м

P-вес маятника, равен 7 кг

b-длина грани квадратного сечения образца, равна 0,002 м

F-площадь поперечного сечения квадратного образца ( $\text{м}^2$ )  $F=b^2$

H-высота подъёма маятника до испытаний (м)

h-высота вылета маятника после испытаний (м)

$A_p$ -работа, определяемая расчетно (Дж)

KCU-ударная вязкость определяемая расчётно ( $\text{Дж/м}^2$ )

Расчетная часть:

Ударная вязкость определяется с помощью формулы:

$$KCU = \frac{A_p}{F} \quad (1)$$

Работа по излому образца определяется по формуле:

$$A_p = P(H-h) \quad (2)$$

Высота подъёма маятника до испытания определяется с помощью формулы:

$$H = L(1 - \cos\alpha) \quad (3)$$

Высота вылета маятника после испытания

$$h = L(1 - \cos\beta) \quad (4)$$

### **Контрольные вопросы:**

- 1 Определение вязкости.
- 2 Определение ударной вязкости (формула).
- 3 Устройство и принцип действия маятникового копра.
- 4 Методика определения ударной вязкости металла на маятниковом копре.



## Практическая работа

### Тема: Построение диаграммы состояния системы

**Цель работы:** ознакомиться с методикой построения диаграмм состояния двухкомпонентных систем

#### Задание:

- 1 Изучить основные сведения
- 2 Вычертить диаграмму состояния системы сурьма-свинец
- 3 Объяснить к какому типу относиться данная система и описать характер изменения состава сплава
- 4 Сделать вывод о проделанной работе
- 5 Оформить письменный отчет по работе

#### Основные сведения

Сплавы - это сложные вещества, полученные сплавлением двух и более компонентов.

Строение сплава зависит от того, в какие взаимодействия вступают компоненты, образующие сплав. В связи с этим могут быть образованы три вида сплавов: механические смеси, твердые растворы и химические соединения.

Сплав системы Pb - Sb относится к сплавам типа "механические смеси". Механическая смесь образуется тогда, когда компоненты, образующие сплав, взаимно растворимы в жидком состоянии, не растворимы в твердом состоянии и не образуют химических соединений.

Особенность кристаллизации сплавов типа механические смеси рассмотрим на примере сплавов Pb-Sb следующего состава:

1. 5% Sb и 95% Pb
2. 13% Sb и 87% Pb
3. 30% Sb и 70% Pb

Кривые охлаждения этих сплавов представлены на рисунках 1.2.3 .

Кривая охлаждения сплава из 5 % Sb и 95 % Pb состоит из четырех участков (рисунок 1): 1 - охлаждение сплава в жидком состоянии; 2 - кристаллизация избыточного компонента (Pb) в интервале температур  $T_1$  -  $T_2$ ; 3 - одновременная

кристаллизация свинца и сурьмы при постоянной температуре  $T_2$ ; 4 - охлаждение сплава в твердом состоянии.

Кристаллизация сплава начинается при температуре  $T_1$  (верхняя критическая температура) и протекает при переменной температуре до  $T_2$  (нижняя критическая температура). В интервале температур  $T_1 - T_2$  из жидкости выделяются кристаллы избыточного компонента (Pb).

Если из жидкости выделяются кристаллы Pb, то концентрация Pb в жидкой фазе уменьшается, а концентрация Sb в жидкой фазе увеличивается. В процессе кристаллизации концентрация компонентов в жидкой фазе изменяется и стремится к такой концентрации (13% Sb и 87% Pb), когда оба компонента Pb и Sb из жидкости кристаллизуются совместно. Одновременная кристаллизация сурьмы и свинца протекает при постоянной температуре.

В сплаве, содержащем 13% Sb и 87% Pb, из жидкой фазы происходит одновременная кристаллизация обоих компонентов (рисунок 2). В результате образуется однородная механическая смесь. Структура, состоящая из двух или более твердых фаз, одновременно кристаллизовавшихся из жидкости, называется эвтектикой.

В сплаве, содержащем 30% Sb и 70% Pb, процесс кристаллизации начинается при температуре  $T_1$ . Из жидкой фазы начинают кристаллизоваться кристаллы компонента, находящегося в избытке относительно эвтектической концентрации, т.е. Sb (рисунок 3). Если из жидкости выделяются кристаллы сурьмы, то в процессе кристаллизации жидкая фаза обогащается свинцом. Когда концентрация компонентов в жидкой фазе достигнет эвтектической концентрации (т.е. 13% Sb и 87% Pb), то начнется совместная кристаллизация обоих компонентов при постоянной температуре  $T_2$ .

Кривые охлаждения показывают, что все сплавы системы Pb - Sb окончательно затвердевают при постоянной температуре -  $T_2$ . Это дает основание считать, что затвердевшая при постоянной температуре -  $T_2$  часть жидкого сплава имеет постоянный состав. Такому составу соответствует сплав, содержащий 13 % Sb и 87 % Pb. Для сплавов типа механические смеси температура конца кристаллизации не зависит от концентрации сплава, она постоянна для всех сплавов.

Температура начала кристаллизации изменяется в зависимости от концентрации компонентов в сплаве.

### **Построение диаграммы состояния**

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение состояния сплава в зависимости от температуры и концентрации компонентов.

Диаграмма состояния может быть построена по данным кривых охлаждения сплавов различного состава.

Диаграмму состояния сплавов, состоящих из двух компонентов, строят в координатах «температура – концентрация» (рисунок 4). По оси ординат откладывают температуру, по оси абсцисс - концентрацию. Общее содержание обоих компонентов в сплаве равно 100 %. По оси абсцисс от 0 до 100 % увеличивается концентрация Sb в сплаве, следовательно, концентрация Pb в сплаве будет возрастать справа налево. Таким образом, крайние ординаты соответствуют чистым компонентам Pb и Sb. На оси ординат в точках, соответствующих чистым компонентам, отмечают значения температур кристаллизации Pb и Sb. Затем на основании проведенного термического анализа сплавов Pb - Sb с различным содержанием компонентов строят кривые охлаждения с целью определения температуры начала кристаллизации  $T_1$  и конца кристаллизации  $T_2$ .

Значения температур –  $T_1$  и  $T_2$  для каждого сплава наносят на вертикаль, соответствующую концентрации данного сплава. Соединяют температуры кристаллизации чистых металлов и температуры начала кристаллизации -  $T_2$  плавной линией. Кривая, отвечающая началу равновесной кристаллизации сплавов, называется линией ликвидус (ACB).

Кривая, проведенная через точки конца кристаллизации, называется линией солидус (DCE).

Выше линии ликвидус сплав находится в жидком состоянии, ниже линии солидус - в твердом. Сплав, содержащий 13% Sb, является эвтектическим. Сплавы, в которых Sb меньше 13%, называются доэвтектическими; если содержание Sb больше 13%, - то такие сплавы являются заэвтектическими.

В доэвтектических сплавах ниже линии AC начинается процесс кристаллизации, из жидкости выделяются кристаллы Pb, в заэвтектических сплавах

ниже линии GB выделяются кристаллы Sb. Следовательно, в области АСД существуют две фазы: Ж + Pb, в области CBE: Ж + Sb.

В процессе кристаллизации доэвтектических и заэвтектических сплавов концентрация жидкой фазы изменяется и стремится к эвтектической. На линии ДСЕ из жидкости эвтектической концентрации одновременно выделяются кристаллы Pb и Sb, т.е. кристаллизуется эвтектика  $Ж_{ж} \rightarrow Pb + Sb$ .

### Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния

Так как вид диаграммы, также как и свойства сплава, зависит от того, какие соединения или какие фазы образовали компоненты сплава, то между ними должна существовать определенная связь. Эта зависимость установлена Курнаковым (рисунок 4).

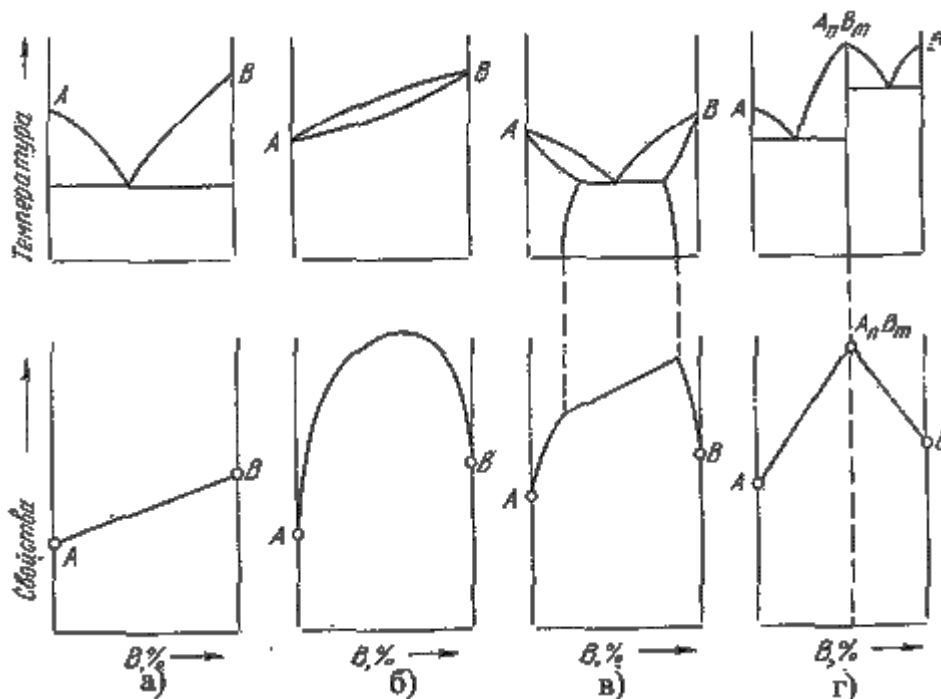


Рисунок 4 - Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния

При образовании механических смесей свойства изменяются по линейному закону. Значения характеристик свойств сплава находятся в интервале между характеристиками чистых компонентов.

1 При образовании твердых растворов с неограниченной растворимостью свойства сплавов изменяются по криволинейной зависимости, причем некоторые свойства, например, электросопротивление, могут значительно отличаться от свойств компонентов.

2 При образовании твердых растворов с ограниченной растворимостью свойства в интервале концентраций, отвечающих однофазным твердым раствором,

изменяются по криволинейному закону, а в двухфазной области – по линейному закону. Причем крайние точки на прямой являются свойствами чистых фаз, предельно насыщенных твердых растворов, образующих данную смесь.

3 При образовании химических соединений концентрация химического соединения отвечает максимуму на кривой. Эта точка перелома, соответствующая химическому соединению, называется сингулярной точкой.

Дополнительные задания.

1 Пользуясь диаграммой состояния сплавов системы Pb – Sb, опишите превращения, которые происходят в сплавах, состоящих из 10% Sb и 90% Pb, 80 % Sb и 20% Pb, охлаждаемых из расплавленного состояния до комнатной температуры.

2 Пользуясь диаграммой состояния, определите температуры начала кристаллизации сплавов, состоящих из: 13 % Sb и 87% Pb ,40 % Sb и 60 % Pb. Постройте для этих сплавов кривые охлаждения.

### **Оформление письменного отчета:**

1 Тема работы

2 Цель работы

3 Вычертить диаграмму состояния заданной системы свинец-сурьма, объяснить к какому типу она относится.

4 Описать превращения, которые происходят в сплаве при заданной концентрации компонентов.

5 Вывод

### **Контрольные вопросы:**

1 Что называют сплавом?

2 Какие сплавы называют двойными?

3 В каких координатах строится диаграмма состояния двойных сплавов?

4 Какое практическое значение имеет знание критических точек всех сплавов данной системы?

5 Что характеризуют линии ликвидуса и солидуса и как они строятся?

6 Как строятся диаграммы состояния двойных сплавов?

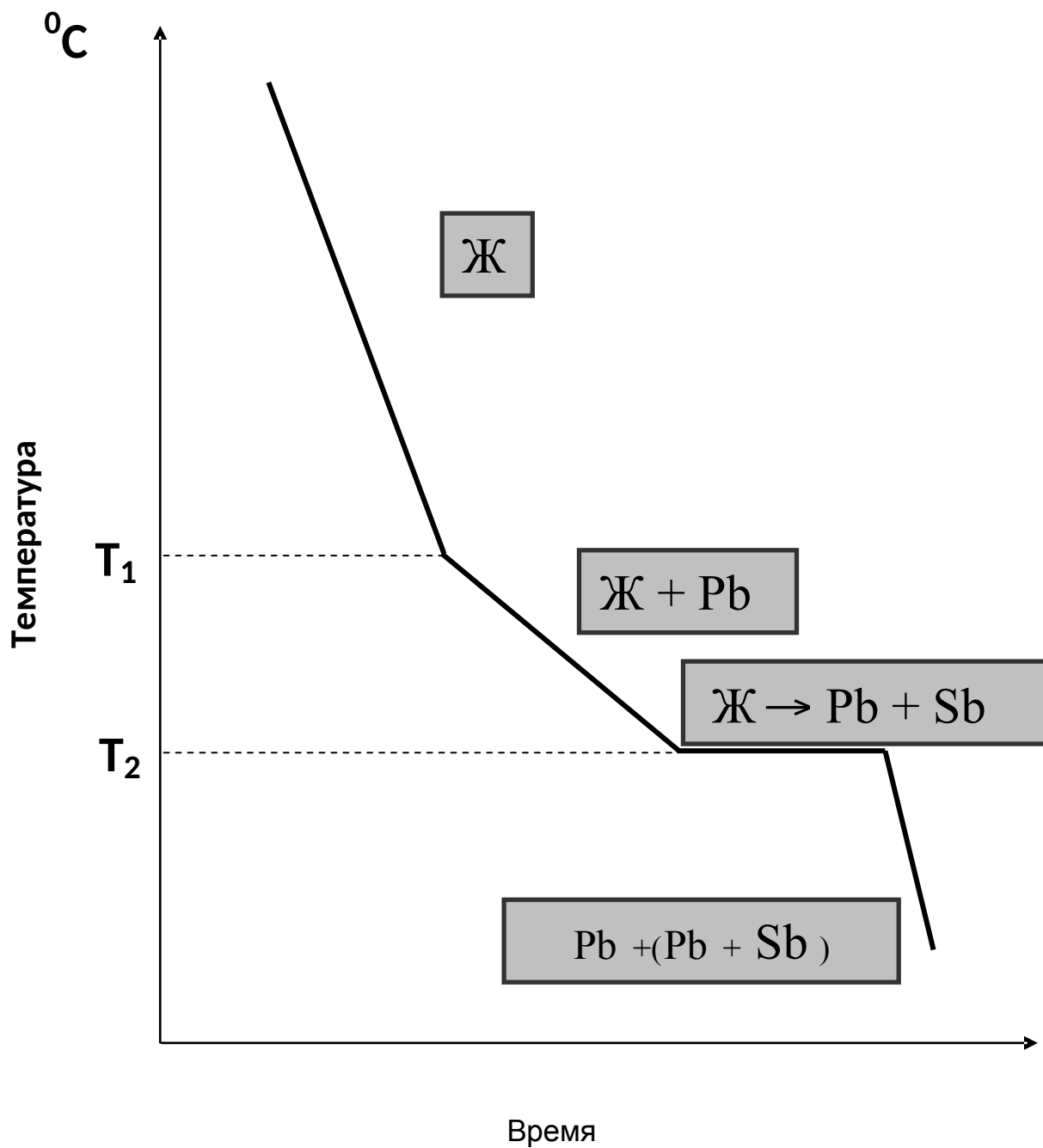


Рисунок 1 – Кривая охлаждения доэвтектического сплава

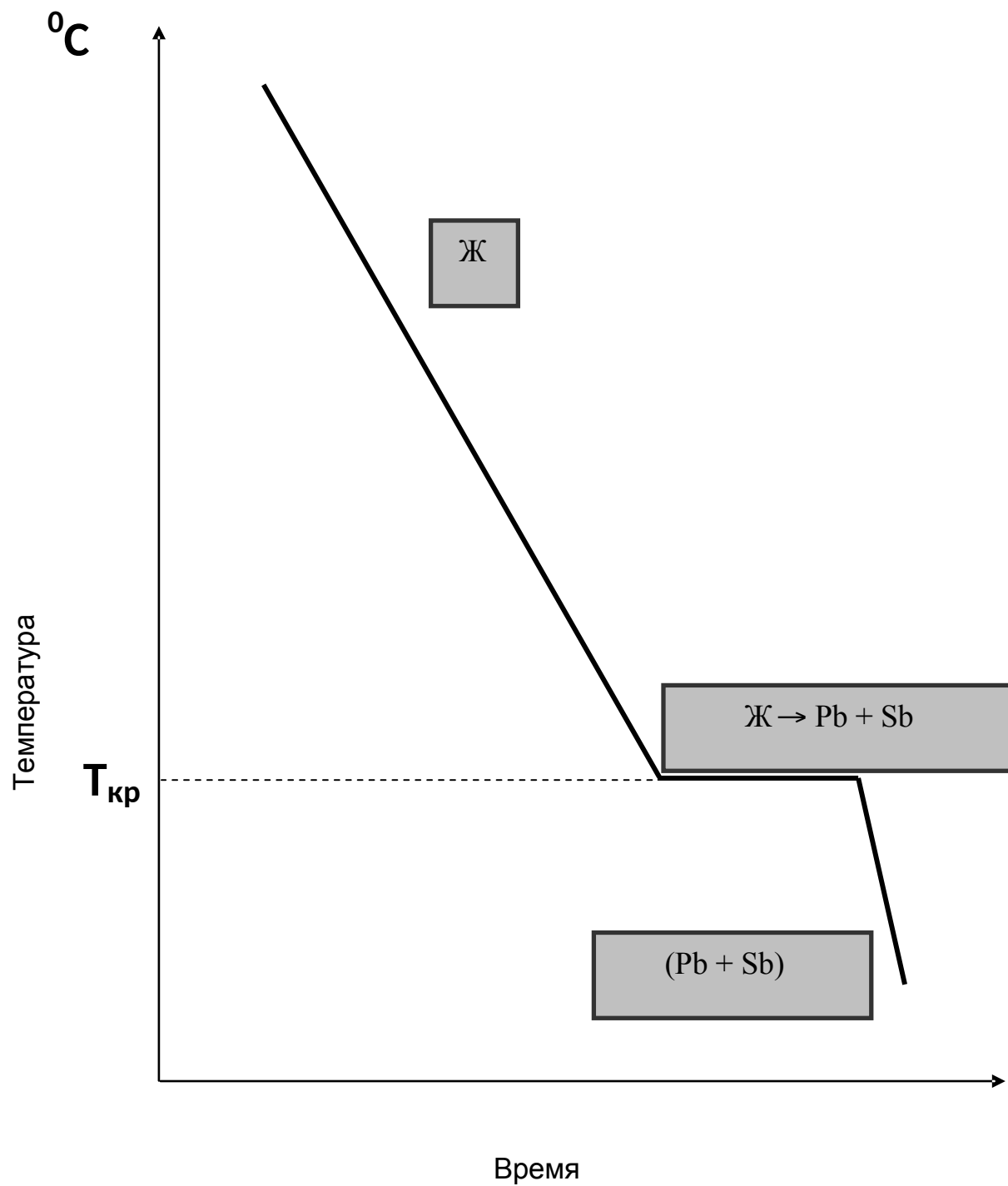


Рисунок 2 - Кривая охлаждения эвтектического сплава

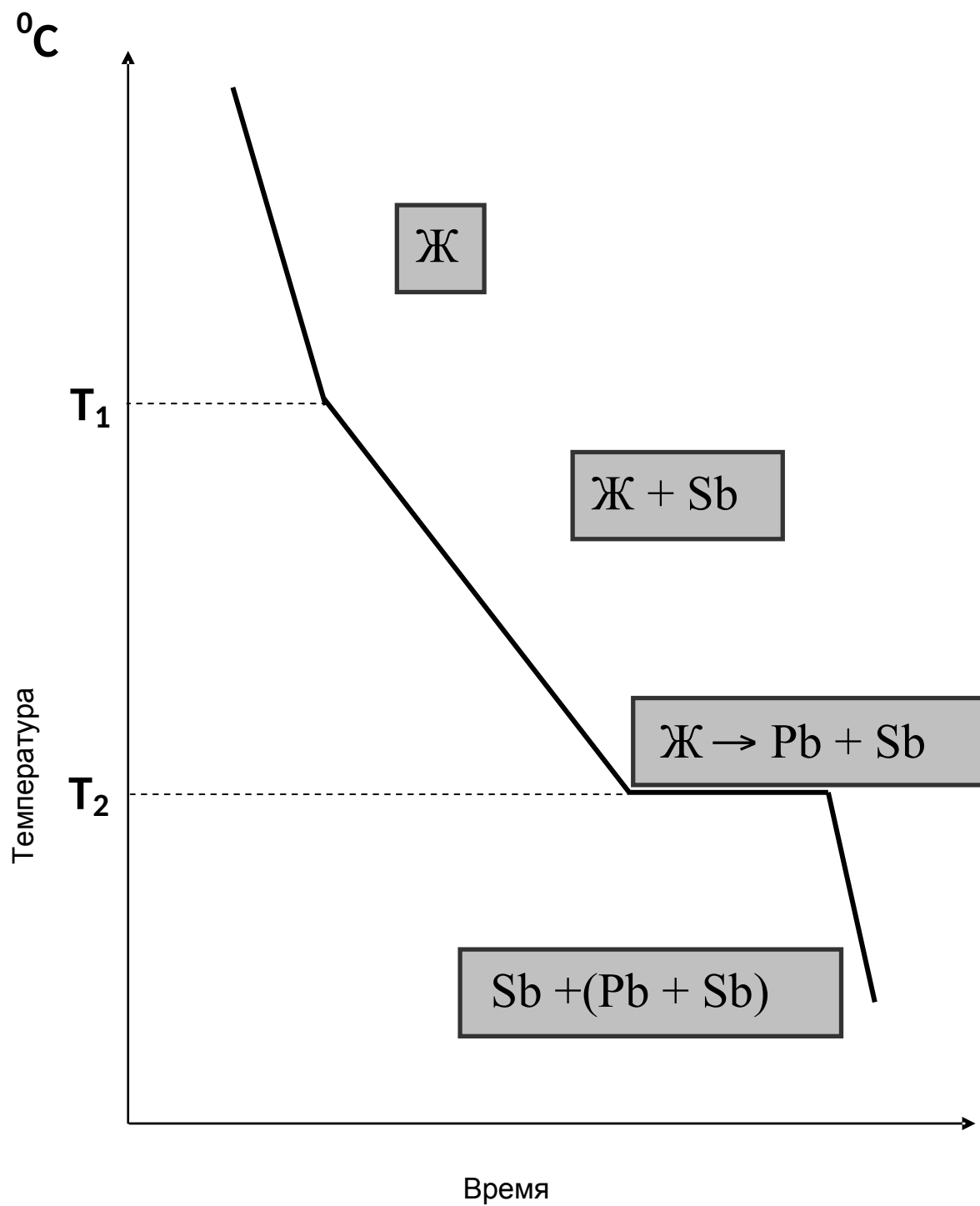


Рисунок 3. Кривая охлаждения заэвтектического сплава



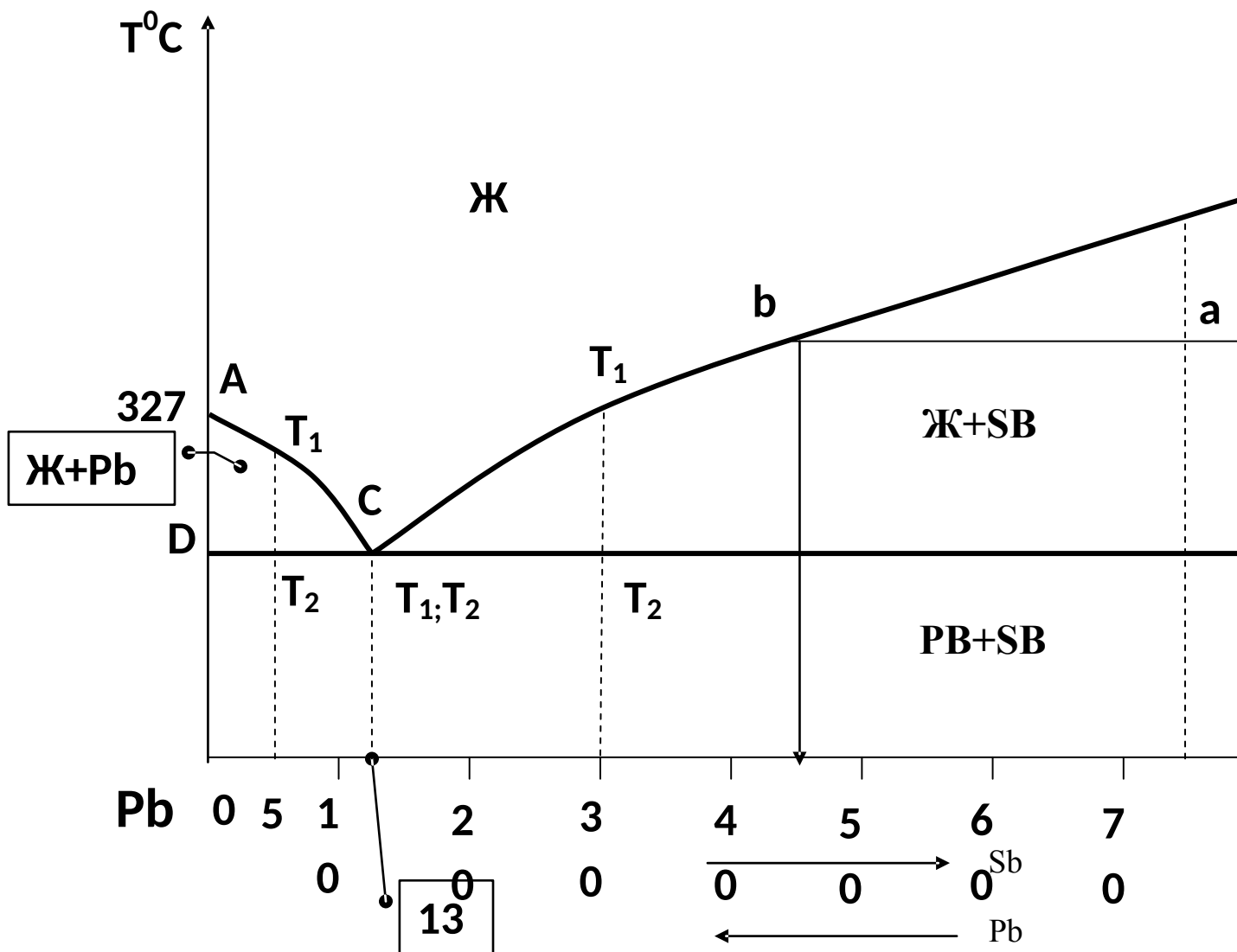


Диаграмма состояния сплава Pb-Sb

## Практическая работа

### Тема: Построение и изучение диаграммы состояния системы «железо-углерод»

**Цель работы:** Изучить диаграмму состояния железоуглеродистых сплавов, получить навыки работы с диаграммой для определения фазового и структурного состава сплава.

**Задание:** Вычертить диаграмму состояния железо-углерод, описать структурные превращения с заданным содержанием углерода.

#### Основные положения

Диаграмма железоуглеродистых сплавов может быть представлена в двух вариантах: метастабильном, отражающем превращения в системе «железо-карбид железа», и стабильном, отражающем превращения в системе «железо-графит». Наибольшее практическое значение имеет диаграмма состояния «железо-карбид железа», т.к. для большинства технических сплавов превращения реализуются по этой диаграмме.

Карбид железа ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) называют цементитом, поэтому метастабильную диаграмму железоуглеродистых сплавов называют диаграммой состояния «железо-цементит» ( $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ ). На рисунке 1 представлена диаграмма состояния системы сплавов железо-углерод.

#### Анализ диаграммы железо-углерод

Диаграмма состояния ( $\text{Fe} - \text{C}$ ) отражает сложный фазовый состав железоуглеродистых сплавов, поскольку в этих сплавах превращения происходят не только в жидком, но и в твердом состоянии. Анализ диаграммы в настоящей работе проводится по упрощенной схеме. Ниже приводятся основные характеристики компонентов системы железо-углерод.

**Ж е л е з о** – металл переходной группы, серебристо-серого цвета, очень пластичный, с температурой плавления  $1539^\circ \text{C}$ . Железо имеет несколько аллотропических модификаций. При нормальной температуре железо имеет

объемо-центрированную кристаллическую решетку и обозначается Fe -  $\alpha$ .  $\alpha$  – железо обладает сильно выраженными магнитными свойствами. При температуре 768° С (точка Кюри) железо теряет магнитные свойства. Кристаллическая решетка при этом не меняется – аллотропического превращения не происходит. При температуре 911° С происходит аллотропическое превращение железа. Кубическая объемо-центрированная решетка переходит при этой температуре в кубическую гранецентрированную решетку. Такое железо обозначается Fe -  $\gamma$ .  $\gamma$  – железо имеет высокую пластичность и вязкость, оно немагнитно.

У г л е р о д – неметаллический элемент с температурой плавления 3500° С. Углерод имеет три аллотропические модификации: алмаз, графит и уголь. В форме алмаза и угля в металлических сплавах углерод не присутствует. В форме графита в промышленных сплавах углерод встречается только в серых чугунах. Кристаллическая решетка графита – гексагональная. Чаще всего в железоуглеродистых сплавах углерод встречается в виде твердых растворов внедрения в  $\alpha$ - и  $\gamma$ - железо, а также в виде химического соединения Fe<sub>3</sub>C – цементита.

Фазами сплава являются:

Ф е р р и т (Ф) – твердый раствор внедрения углерода в  $\alpha$  – железо. Феррит имеет кубическую объемо-центрированную кристаллическую решетку. Максимальная растворимость углерода в  $\alpha$  – железе равна 0,25% при температуре 727° С; минимальная при комнатной температуре – 0,01% .

А у с т е н и т (А) – твердый раствор углерода и других примесей в  $\gamma$ - железе. Аустениту присуща кубическая гранецентрированная решетка. Растворимость углерода в аустените меняется в зависимости от температуры сплава. Так, при температуре 1147° С в аустените растворяется до 2,14% углерода, а при температуре 727° С – только до 0,8%.

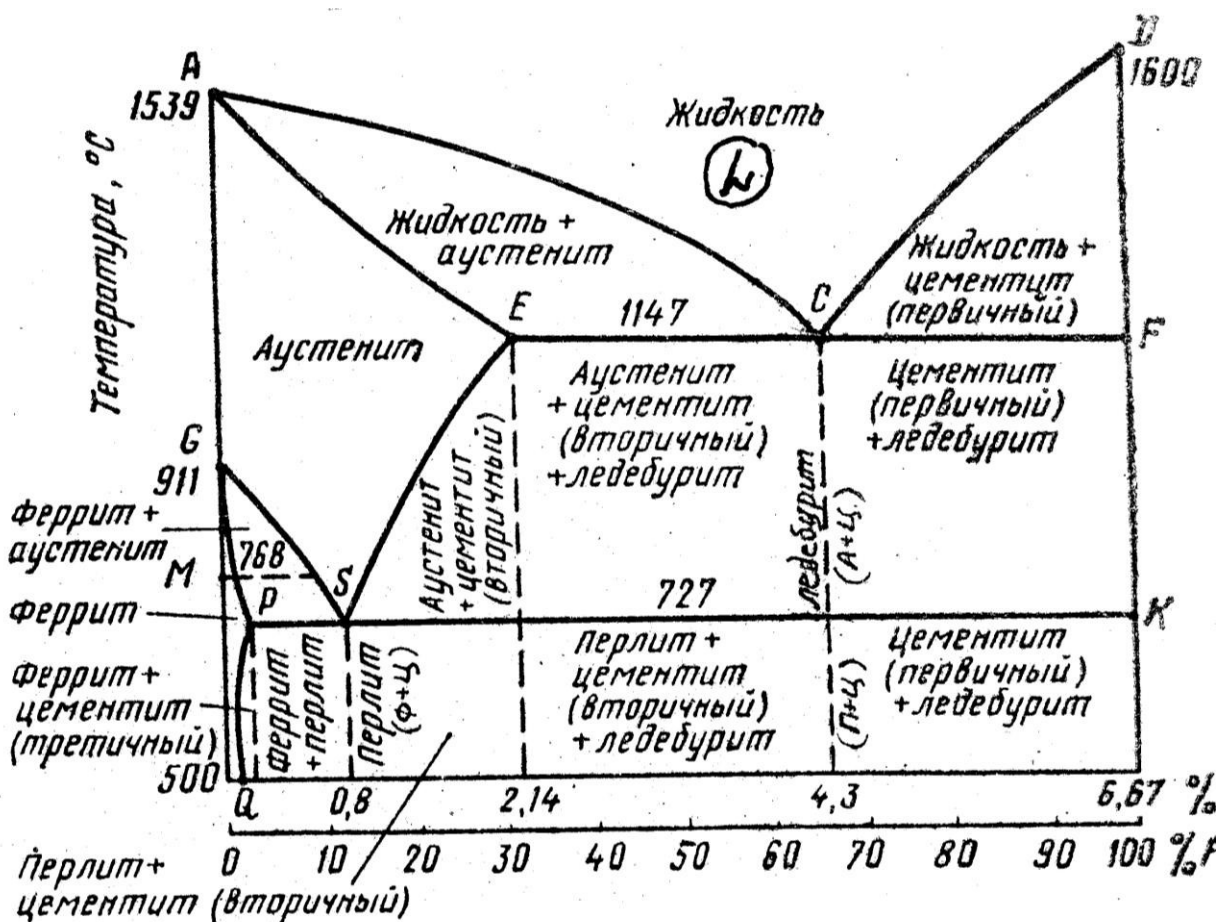


Рисунок 1 - Диаграмма состояния системы сплава «железо-углерод»

Ц е м е н т и т (Ц) – карбид железа  $\text{Fe}_3\text{C}$ , химическое соединение железа с углеродом, содержащее 6,6% углерода. Обладает сложной кристаллической решеткой. Различают *первичный цементит* (Ц1) – который кристаллизуется из жидкой фазы у всех железоуглеродистых сплавов, содержащих углерод более 4,3%; *вторичный цементит* (Ц2), выделяющийся при вторичной кристаллизации из аустенита в интервале температур от 1147 до 727° С, и *третичный цементит* (Ц3), образующийся за счет переменной растворимости феррита в интервале температур ниже 727° С.

П е р л и т (П) – эвтектоидная механическая смесь, состоящая из двух фаз: феррита и цементита. Перлит образуется при распаде аустенита эвтектоидного состава (0,8%) при температуре 727° С. Содержание углерода в перлите для всех железоуглеродистых сплавов постоянно и равно 0,8%.

Л е д е б у р и т (Л) – эвтектическая смесь, образующаяся из жидкой фазы, содержащей 4,3% при температуре 1147° С. Ледебурит состоит из двух фаз – аустенита и цементита. При температуре 727° С вследствие аллотропических

превращений ( $\text{Fe}_\gamma\text{-Fe}_\alpha$ ) происходит перекристаллизация ледебурита с образованием смеси, состоящей из зерен перлита и цементита.

Выше линии ACD (рисунок 1) все сплавы находятся в жидком состоянии. Она называется линией – л и к в и д у с. Ниже линии AEFCF, называемой с о л и д у с, все сплавы системы полностью кристаллизуются и находятся в твердом состоянии. Горизонтальные линии ECF и PSK, соответственно называются линиями эвтектических и эвтектоидных превращений.

Таблица 1 - Фазовые превращения на линиях по диаграмме железо-углерод.

Линии	Фазовые превращения на линиях (при охлаждении)	Перечень фаз
AC	Начало выделения аустенита из жидкости	A+Ж
AE	Конец выделения аустенита из жидкости	A+Ж
EC	Конец выделения аустенита из жидкости и образование ледебурита	A+Ц+Ж
CD	Начало выделения цементита (первичного) из жидкости	Ж+Ц
CF	Конец выделения цементита из жидкости и образование ледебурита из жидкости	Ж+Ц+A
ECF	Образование ледебурита из жидкости	Ж+A+Ц
GS	Начало выделения феррита из аустенита	A+Ф
GP	Конец выделения феррита из аустенита	A+Ф
PS	Конец выделения феррита из аустенита и образование перлита из аустенита	A+Ф+Ц
PSK	Образование перлита из аустенита	A+Ф+Ц
SE	Начало выделения цементита (вторичного)	A+Ц
SK	Конец выделения цементита (вторичного) из аустенита образование перлита из аустенита	A+Ц+Ф
PQ	Начало выделения цементита (третичного) из феррита	Ф+Ц

### **Содержание письменного отчета:**

1 Тема работы

2 Цель работы

3 Задание

4 Вычертить диаграмму состояния системы сплавов железо-углерод и описать структурные превращения в сплаве с заданной концентрацией компонентов

6 Вывод

### **Контрольные вопросы:**

1 Фазы железоуглеродистых сплавов

2 Компоненты железоуглеродистых сплавов

3 В каких координатах построена диаграмма состояния системы железо-углерод?

4 Описать структурный состав сплава выше и ниже линии солидус и ликвидус

## Практическая работа

### Тема: Выбор вида термообработки для деталей и инструментов

**Цель работы:** получение практических навыков решения задач по выбору вида термообработки деталей и инструментов.

#### Основные теоретические сведения

**Термической обработкой** называют совокупность операций нагрева и охлаждения сплавов по определённом режиму с целью получения требуемых структур и свойств сплавов.

Свойства сплава зависят от его структуры. Основным способом, позволяющим изменять структуру, а, следовательно, и свойства является термическая обработка.

Различают следующие виды термической обработки:

**1 Отжиг 1 рода** – возможен для любых металлов и сплавов. Его проведение не обусловлено фазовыми превращениями в твердом состоянии. Нагрев, при отжиге первого рода, повышая подвижность атомов, частично или полностью устраняет химическую неоднородность, уменьшает внутреннее напряжения. Основное значение имеет температура нагрева и время выдержки. Характерным является медленное охлаждение. Разновидностями отжига первого рода являются: диффузионный; рекристаллизационный; отжиг для снятия напряжения послековки, сварки, литья.

**2 Отжиг II рода** – отжиг металлов и сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении. Проводится для сплавов, в которых имеются полиморфные или эвтектоидные превращения, а также переменная растворимость компонентов в твердом состоянии. Проводят отжиг второго рода с целью получения более равновесной структуры и подготовки ее к дальнейшей обработке. В результате отжига измельчается зерно, повышаются пластичность и вязкость, снижаются прочность и твердость, улучшается обрабатываемость резанием. Характеризуется нагревом до температур выше критических и очень медленным охлаждением, как правило, вместе с печью.

**3 Закалка** – проводится для сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении, с целью повышение твердости и прочности путем образования неравновесных структур (сорбит, троостит, мартенсит). Характеризуется нагревом до температур выше критических и высокими скоростями охлаждения.

**4 Отпуск** – проводится с целью снятия внутренних напряжений, снижения твердости и увеличения пластичности и вязкости закаленных сталей. Характеризуется нагревом до температуры ниже критической  $A_1$ . Скорость охлаждения роли не играет. Происходят превращения, уменьшающие степень неравновесности структуры закаленной стали.

**5 Старение** – разновидность отпуска, проводится в закалённых легированных сплавах при нормальной (естественное старение) или при повышенных температурах (искусственное).

Термическую обработку подразделяют на *предварительную* и *окончательную*. *Предварительная* – применяется для подготовки структуры и свойств материала для последующих технологических операций (для обработки давлением, улучшения обрабатываемости резанием). *Окончательная* – формирует свойство готового изделия.

### **Материалы и режимы упрочняющей обработки, рекомендуемые для типовых деталей машин (валов)**

Эксплуатационная стойкость валов определяется усталостной прочностью в условиях кручения и изгиба, контактной прочностью и износостойкостью.

Малонагруженные, медленно вращающиеся валы изготавливают из недорогих сталей – Ст3, 4 и 5, 35, 40, 45. Такие валы не подвергаются термической обработке.

Валы небольших размеров, которые должны обладать высокой прочностью на изгиб и кручение, а также усталостной прочностью, изготавливают из сталей 40X (d вала 20...25 мм), 50X (d=35...40мм), 40ХГР (d=50...55мм) и подвергают закалке и низкому отпуску на HRC 45...50, реже закалке и среднему отпуску на HRC 35...42.

Средненагруженные валы диаметром до 80...100 мм в том случае, когда работоспособность определяется прочностью на изгиб и кручение, а не контактной



выносливостью и износостойкостью, изготавливают из сталей 45, 40Х, 50Х и подвергают улучшению ( $\sigma_{\text{в}} = 800 \dots 1000 \text{ Н/мм}^2$ ).

Высоконагруженные валы большого диаметра (100...130 мм и выше) изготавливают из хромоникелевых, хромоникельмолибденовых глубоко прокаливающихся сталей 50ХН, 40ХН3М и подвергают улучшению ( $\sigma_{\text{в}} > 1000 \text{ Н/мм}^2$ ).

Для очень ответственных валов большого сечения применяют стали 30ХН2ВФА, 36ХНМФА, 38ХН3МФА, 30Х2НВФА. Упрочняют их улучшением. Валы, работоспособность которых определяется контактной выносливостью и износостойкостью, должны иметь высокую поверхностную твёрдость HRC 48...50. Такие валы небольших размеров изготавливают из сталей 45 и 50 и упрочняют поверхностной закалкой. Если они работают еще на изгиб и кручение, перед поверхностной закалкой проводят улучшение.

Когда требуется более высокая износостойкость и, соответственно, более высокая поверхностная твёрдость, валы изготавливают из сталей 20Х, 18ХГТ, 12ХН3А, которые подвергают цементации, закалке и низкотемпературному отпуску. Можно также использовать стали 25ХГМ, 25ХГТ с упрочнением нитроцементацией.

В случаях, когда требуется особо высокое сопротивление изнашиванию, валы изготавливают из стали 38Х2МЮА с последующим азотированием.

### **Примеры решения задач**

**Задача №1.** Заводу нужно изготовить вал диаметром 70 мм для работы с большими нагрузками. Сталь должна иметь предел текучести не ниже 750 Н/мм<sup>2</sup>, предел выносливости не ниже 400 Н/мм<sup>2</sup> и ударную вязкость не ниже 900 кДж/м<sup>2</sup>. завод имеет сталь трёх марок: Ст4, 45 и 20ХН3А. Какую из этих сталей следует применить для изготовления вала? Нужна ли термическая обработка выбранной стали и если нужна, то какая? Дать характеристику микроструктуре и указать механические свойства после окончательной термической обработки.

### **Решение задачи №1**

Химический состав сталей марок Ст4, 45 и 20ХН3А :

- **Ст4 (ГОСТ 380-71):** 0,18-0,27%С, 0,4-0,7%Mn, 0,12-0,30%Si, <0,30% Cr; <0,30% Ni, <0,05% S, <0,04% P.

- **Сталь 45 (ГОСТ 1050-74):** 0,42-0,50%С, 0,50-0,80%Mn, 0,17-0,37%Si, <0,25%Cr, <0,25%Ni, <0,045%S, < 0,04%P.

- **Сталь 20ХН3А (ГОСТ 4543-71):** 0,17-0,23%С, 0,30-0,60%Mn, 0,17-0,37%Si, 0,60 -1,40%Cr, 2,75-3,15%Ni, <0,025%S, < 0,025%P.

Сталь марки Ст4, согласно ГОСТ, имеет следующие свойства в состоянии поставки (после прокатки иликовки):  $\sigma_{\text{в}} = 420 \dots 540 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\sigma_{0,2} = 240 \dots 260 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\delta > 21\%$ .

Сталь 45 в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твёрдость не более НВ 2070 Н/мм<sup>2</sup>. При твёрдости НВ 1900...2000 Н/мм<sup>2</sup> сталь имеет предел прочности не выше 600...620 Н/мм<sup>2</sup>, а при твёрдости ниже НВ 1800 Н/мм<sup>2</sup> предел прочности не превышает 550...600 Н/мм<sup>2</sup>. Для отожженной углеродистой стали отношение  $\sigma_{0,2} / \sigma_{\text{в}}$  составляет примерно 0,5. Следовательно, предел текучести стали 45 в этом состоянии не превышает 270...320 Н/мм<sup>2</sup>.

Сталь 20ХН3А, согласно ГОСТ, в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твёрдость не более 2500 НВ. Следовательно, предел прочности при твёрдости НВ 2300...2500 Н/мм<sup>2</sup> не превышает 670...750 Н/мм<sup>2</sup> и может быть ниже 600 Н/мм<sup>2</sup> для плавок с более низкой твёрдостью. Тогда предел текучести составляет 350...400 Н/мм<sup>2</sup>, так как  $\sigma_{0,2} / \sigma_{\text{в}}$  для отожженной легированной стали 0,5...0,6.

Таким образом, для получения заданной величины предела текучести вал необходимо подвергнуть термической обработке.

Для низкоуглеродистой стали Ст4 улучшающее влияние термической обработки незначительно. Кроме того, Ст4 – как сталь обыкновенного качества имеет повышенное содержание серы и фосфора, которые понижают механические свойства и особенно сопротивление ударным нагрузкам.

Для такого ответственного изделия, как вал двигателя, поломка которого нарушает работу машины, применение более дешевой по составу стали обыкновенного качества нерационально.

Сталь 45 относится к классу качественной углеродистой, а сталь 20ХН3А – к классу высококачественной легированной стали. Они содержат соответственно 0,42...0,50 и 0,17...0,23 % С и принимают закалку. Для повышения прочности можно применять нормализацию или закалку с высоким отпуском. Последний вариант обработки сложнее, но позволяет получить не только более высокие характеристики прочности, но и более высокую вязкость. В стали 45 минимальные значения ударной вязкости КС (ан) после нормализации составляют 200...300 кДж/м<sup>2</sup>, а после закалки и отпуска с нагревом до 500 °С достигают 600...700 кДж/м<sup>2</sup>.

Так как вал двигателя воспринимает в работе динамические нагрузки, а также и вибрации, более целесообразно применять закалку и отпуск. После закалки в воде углеродистая сталь 45 получает структуру мартенсита. Однако вследствие небольшой прокаливаемости углеродистой стали эта структура в изделиях диаметром более 20...25мм образуется только в сравнительно тонком поверхностном слое толщиной до 2...4 мм.

Последующий отпуск вызывает превращение мартенсита в сорбит только в тонком поверхностном слое, но не влияет на структуру и свойства основной массы изделия. Сталь со структурой сорбита отпуска обладает более высокими механическими свойствами, чем та же сталь со структурой сорбита закалки или имеющая феррито-перлитную структуру. Наибольшие напряжения от изгиба, кручения и повторно переменных нагрузок воспринимают наружные слои, которые должны обладать повышенными механическими свойствами. Однако в сопротивлении динамическим нагрузкам, которые воспринимает вал, участвуют не только поверхностные, но и нижележащие слои металла. Таким образом, углеродистая сталь не будет иметь требуемых свойств по сечению вала диаметром 70 мм.

Сталь 20ХН3А легирована никелем и хромом для повышения прокаливаемости и закаливаемости. Она получает после закалки достаточно однородные структуру и механические свойства в сечении диаметром до 75 мм.

Для стали 20ХН3А рекомендуется следующая термическая обработка:

1 Закалка с 820...835 °С в масле. При закалке с охлаждением в масле (а не в воде, как это требуется для углеродистой стали) возникают меньшие напряжения, а

следовательно, и меньшая деформация. После закалки сталь имеет структуру мартенсит и твёрдость не ниже 50 HRC.

2 Отпуск 520...530 °С. Для предупреждения отпускной хрупкости, к которой чувствительны стали с хромом (или с марганцем), вал после нагрева следует охлаждать в масле.

Механические свойства стали 20ХН3А в изделии диаметром до 75 мм после термической обработки:

Предел прочности  $\sigma_b$ , Н/мм<sup>2</sup> .....900...1000

Предел текучести  $\sigma_{0,2}$ , Н/мм<sup>2</sup> .....750...800

Предел выносливости  $\sigma_{-1}$ , Н/мм<sup>2</sup> .....400...430

Относительное удлинение  $\delta$ , % .....8...10

Относительное сужение  $\psi$ , % .....45...50

Ударная вязкость КС, кДж/м .....900

Таким образом, эти свойства обеспечивают требования, сформулированные в задаче, для вала диаметром 70 мм.

### **Задание для самостоятельной работы**

Задача 1: Заводу нужно изготовить вал диаметром 80 мм для работы с большими нагрузками. Сталь должна иметь предел текучести не ниже 750 Н/мм<sup>2</sup>, предел выносливости не ниже 400 Н/мм<sup>2</sup> и ударную вязкость не ниже 900 кДж/м<sup>2</sup>. завод имеет сталь трёх марок: Ст4, 45 и 20ХН3А. Какую из этих сталей следует применить для изготовления вала? Нужна ли термическая обработка выбранной стали и если нужна, то какая?

Задача 2: Торсионный вал ткацкого станка изготавливают из качественной легированной стали. Диаметр вала до 30 мм. Сталь должна обладать высоким пределом прочности, выносливости и упругости. Рекомендуйте режим термической обработки, структуру и механические свойства, которые можно получить при правильном выборе состава стали и её обработки.

Задача 3: Заводу нужно изготовить вал диаметром 30 мм для работы с большими нагрузками. Сталь должна обладать высоким пределом прочности, выносливости и упругости. Завод имеет сталь трёх марок: Ст4, 45 и 20ХН3А.

Какую из этих сталей следует применить для изготовления вала? Нужна ли термическая обработка выбранной стали и если нужна, то какая?

**Отчет по практической работе:**

- 1 Тема работы
- 2 Цель работы
- 3 Задание
- 4 Решение задачи
- 5 Вывод

**Контрольные вопросы:**

- 1 Определение термообработки
- 2 Виды термообработки
- 3 Какие деформации испытывает вал в процессе работы?
- 4 От чего зависит выбор материала для изготовления деталей машин?
- 5 Выбор термообработки вала

## Практическая работа

### Тема: Классификация и маркировка чугуна

**Цель:** закрепление теоретических знаний по теме: «Производство и маркировка чугуна».

**Задание:** Изучить виды и маркировку чугуна

#### Основные понятия

Чугуны отличаются от стали: по составу – более высоким содержанием углерода; по технологическим свойствам – лучшими литейными качествами, малой способностью к пластической деформации (не поддаются ковке). Чугун дешевле стали.

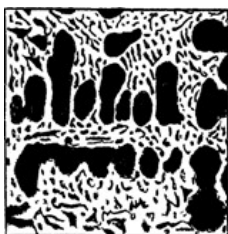
В зависимости от состояния углерода различают:

- белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида (цементита);
- серые чугуны, в которых углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в виде графита;
- высокопрочный чугун, в котором углерод находится в форме шаровидного графита;
- ковкий чугун, получающийся в результате отжига отливок из белого чугуна, в котором углерод находится в форме хлопьевидного графита (углерод отжига).

Белые чугуны. В зависимости от содержания углерода белые чугуны разделяют на три группы: доэвтектические – с содержанием углерода от 2,14 до 4,3%; эвтектические – с содержанием углерода 4,3%; заэвтектические – с содержанием углерода от 4,3 до 6,67% (рис.3.4).

Белые чугуны имеют очень высокую твердость и не поддаются обработке резанием. В машиностроении их применяют только для деталей, подвергающихся обработке шлифованием (валки холодной прокатки), или для изделий,

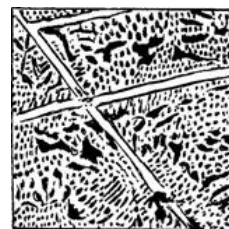
используемых без всякой механической обработки (грузы, противовесы, мелящие тела). Термической обработкой белый чугун перерабатывают в ковкий чугун.



а



б



в

а – доэвтектический (ледебурит + перлит), б – эвтектический (ледебурит), в – заэвтектический (ледебурит + цементит)

Рисунок 1 - Микроструктура белых чугунов

Обыкновенный серый чугун. В структуре обыкновенного серого чугуна содержится графит пластинчатой (червеобразной) формы, количество и размеры которых изменяются в широких пределах.

По строению металлической основы чугуны разделяют на:

- серый перлитный чугун. Структура его состоит из перлита с включением графита (рисунок 2,а);
- серый ферритно-перлитный чугун. Структура его состоит из феррита, перлита и включений графита (рисунок 2,б);
- серый ферритный чугун. В этом чугуне металлической основой является феррит, а весь углерод присутствует в форме графита (рисунок 2,в).



а



б



в

а – серый перлитный чугун; б – серый ферритно-перлитный чугун; в – серый ферритный чугун.

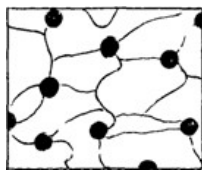
Рисунок 2 - Микроструктуры серого чугуна

Серые литейные чугуны применяются для станин станков (СЧ10), для цилиндров, коленчатых валов, поршневых колец (СЧ45).

Высокопрочный чугун. Высокопрочный чугун содержит графит в шаровидной форме. Прочностные свойства высокопрочного чугуна зависят от

структуры металлической основы (перлитная, ферритно-перлитная и ферритная), а также от степени измельченности частиц графита.

Высокопрочный чугун применяют для деталей станков и средне- и высоконагруженных узлов других изделий.



а



б

Рисунок 3 - Структуры высокопрочного (а) и ковкого (б) чугунов с ферритной металлической основой

Ковкий чугун. Ковкий чугун получают томлением (графитизирующим отжигом) из белого чугуна следующего состава: 2,4 – 2,8% С; 0,8 – 1,4% Si; 1% Mn; 0,1% S; 0,2% P; 0,08% Cr. При высоких температурах (выше 900°C) цементит разлагается с образованием графита хлопьевидной формы (рисунок 3,б).

После томления отливок в зависимости от скорости охлаждения, при температуре немного ниже 727°C (точка  $A_1$ ), получают ковкий чугун с различными структурами металлической основы: при очень медленном охлаждении – ферритный; при ускоренном охлаждении – ферритно-перлитный; при быстром охлаждении – перлитный.

**Чугуны маркируются следующим образом:**

БЧ – белый чугун;

СЧ – серый;

КЧ – ковкий;

ВЧ – высокопрочный.

Первое цифровое обозначение после буквы характеризует прочность, второе – пластичность.

Если пластичность низкая, то указывается только прочность.

Например: КЧ 45-7 – ковкий чугун, имеющий предел прочности при растяжении 450 МПа и относительное удлинение 7%.



## **Легированные чугуны.**

Свойства чугуна можно улучшить путем введения в него легирующих элементов, оказывающих благоприятное влияние не только на его металлическую основу, но также на форму и размеры графитных включений, способствующих значительному измельчению структуры чугуна. Требования к легированным чугунам для отливок с повышенной жаростойкостью, коррозионной стойкостью, износостойкостью или жаропрочностью регламентированы ГОСТ 7769-82.

В обозначении легированных чугунов буквы и цифры, соответствующие содержанию легирующих элементов, те же, что и марках стали.

Износостойкие чугуны, легированные никелем и хромом с добавлением титана, ванадия, меди, молибдена применяют для изготовления тормозных барабанов автомобилей, дисков сцепления, гильз цилиндров и др.

Легированные чугуны ЧН19Х3Ш и ЧН11Г7Ш обладают жаропрочностью при температурах до 600° С, из чугунов марок ЧН15Д3Ш и ЧН15Д7 производят гильзы цилиндров, головки поршней, седла и направляющие втулки клапанов и т.п.

Коррозионно-стойкий легированный чугун ЧНХТ, и ЧН2Х предназначен для изготовления маслосъемных колец, седел, направляющих втулок клапанов дизелей и газомотокомпрессоров, из чугуна марки ЧНХМД отливают блоки и головки цилиндров, выхлопных патрубков двигателей внутреннего сгорания, поршни и гильзы цилиндров паровых машин и т.п.

Антифрикционные чугуны используют в качестве подшипниковых сплавов, так как представляют группу специальных сплавов, структура которых удовлетворяет правилу Шарпи (включения твердой фазы в мягкой основе). ГОСТ 1585-85 включает шесть марок серого антифрикционного чугуна (АЧС-1 – АЧС-6) с пластинчатым графитом и две марки высокопрочного (АЧВ-1, АЧВ-2) и две марки ковкого (АЧК-1, АЧК-2) чугунов.

Легированные чугуны имеют широкое применение в различных областях промышленности.

**Варианты заданий** (номер варианта соответствует номеру студента по списку в журнале)

№	Марка чугуна	№	Марка чугуна	№	Марка чугуна	№	Марка чугуна
1	СЧ 18, ВЧ100	9	ВЧ 45, СЧ 15	17	КЧ 33-8, СЧ 20	25	СЧ 20, ВЧ 45
2	СЧ 25, КЧ 30-3	10	ВЧ 60, КЧ 40-3	18	КЧ 35-10, СЧ 18	26	СЧ 25, КЧ 30-3
3	ВЧ 35, СЧ 15	11	ВЧ100, СЧ 18	19	КЧ 37-12, СЧ 18	27	СЧ 30, КЧ 37-12
4	КЧ 33-8, СЧ 10	12	СЧ 10, ВЧ 45-5	20	КЧ 40-3, СЧ 20	28	СЧ 18, ВЧ 45
5	ВЧ 70, СЧ 25	13	СЧ 15, КЧ 35-4	21	КЧ 35-4, СЧ 25	29	СЧ 35, ВЧ 60
6	СЧ 20, КЧ 30-3	14	СЧ 30, КЧ 37-12	22	КЧ 30-3, СЧ 20	30	СЧ 10, ВЧ 45-5
7	ВЧ 40, СЧ 35	15	СЧ 35, ВЧ 45-5	23	ВЧ 45-5, СЧ 20	31	СЧ 18, КЧ 30-3
8	ВЧ 50, СЧ 15	16	КЧ 30-6, СЧ 10	24	ВЧ 40-10, СЧ 30	32	СЧ 20, ВЧ 40-10

### **Отчет по практической работе:**

1 Тема работы

2 Цель работы

3 Задание

4 Расшифровка заданных марок чугуна и описание их свойств и области применения

6 Описать влияние основных химических элементов, входящих в состав чугуна, на его свойства (по заданию преподавателя, таблица 2)

7 Вывод

### **Контрольные вопросы:**

1 Определение чугуна

2 Виды чугуна

3 В каких формах существует графит в различных чугунах.

4 Зависимость свойств чугуна от формы графита в нем

5 Принцип маркировки чугуна

Таблица 2 - Влияние химических элементов на свойства чугуна

Серый чугун		Высокопрочный чугун	
Углерод			
Повышенное содержание углерода приводит к уменьшению прочности, твердости и увеличению пластичности; углерод улучшает литейные свойства чугуна		Увеличенное содержание углерода улучшает литейные свойства чугуна	
Кремний			
Кремний снижает твердость, уменьшает усадку; повышенное содержание кремния снижает пластичность и несколько увеличивает твердость		С повышением содержания кремния возрастает предел прочности при растяжении, при дальнейшем увеличении содержания - уменьшаются предел прочности при растяжении и относительное удлинение	
Марганец			
Механические свойства чугуна повышаются при содержании марганца до 0,7-1,3 %, а при дальнейшем увеличении - снижаются. Марганец увеличивает усадку сплава		С повышением содержания марганца повышается предел прочности при растяжении и уменьшается относительное удлинение. Для повышения износостойкости содержание марганца увеличивают до 1,0- 1,3%	
Сера			
Сера снижает прочность и пластичность, но несколько повышает износостойкость сплава, считается вредной примесью, придает чугуну красноломкость (образование трещин при высоких температурах), препятствует выделению графита		Чем выше содержание серы в исходном чугуне, тем труднее получить полностью шаровидную форму графита и, следовательно, высокие механические свойства	
Продолжение таблицы 2			
Фосфор			

Фосфор повышает жидкотекучесть сплава, придает чугунохладноломкость, т. е. хрупкость	Фосфор оказывает существенное влияние на структуру и механические свойства. Чтобы получить чугун с высокой пластичностью, содержание фосфора не должно превышать 0,08%. Для получения чугуна с невысокой пластичностью содержание фосфора увеличивают до 0,12-0,15%	Ф с
<i>Никель</i>		
С увеличением содержания никеля возрастает коррозионная стойкость и улучшается обрабатываемость сплава	Никель влияет на тепло- и электропроводность, а также на коррозионную стойкость и жаростойкость сплава. С увеличением содержания никеля эти свойства повышаются	Н у
<i>Хром</i>		
С увеличением хрома растет прочность и твердость отливок, замедляется процесс графитизации углерода	С увеличением содержания хрома в определенных пределах повышается жаростойкость, коррозионная стойкость и износостойкость сплава	г р 0, с
<i>Медь</i>		
Медь способствует графитизации углерода, увеличивает жидкотекучесть, повышает прочность и твердость сплава	При содержании в сплаве 1 % меди прочность при растяжении повышается до 40%, а текучесть - до 50 % и соответственно при 2% меди - до 65% и до 70%. Содержание меди более 2% препятствует образованию в структуре сплава шаровидного графита	у

## Практическая работа

### Тема: Технология получения стали

**Цель:** Закрепление теоретических знаний о процессе производства стали в конвертерах, мартеновских печах и электропечах.

#### 1 Описать процессы, протекающие при выплавки стали

Первый этап \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Второй этап \_\_\_\_\_

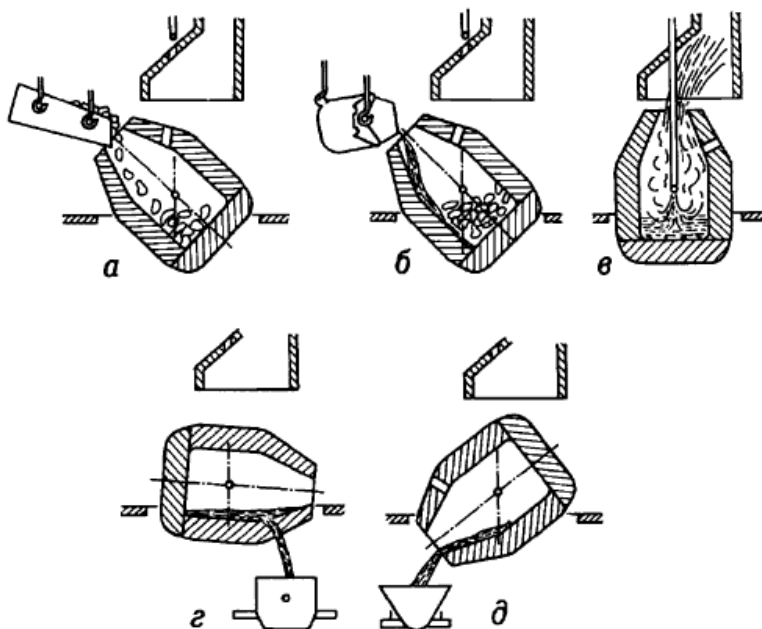
\_\_\_\_\_

Третий этап \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### 2 Описать процесс получения стали в кислородном конвертере



а – \_\_\_\_\_

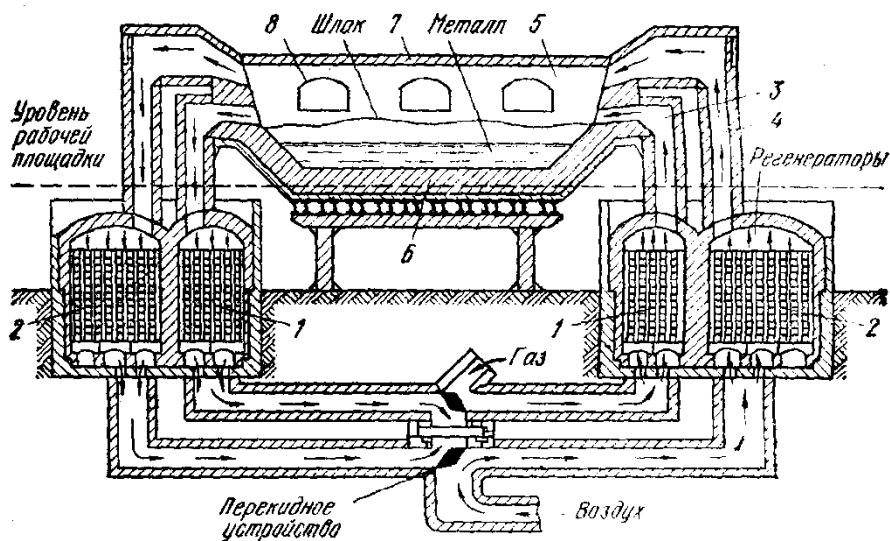
б – \_\_\_\_\_

в – \_\_\_\_\_

г – \_\_\_\_\_

д – \_\_\_\_\_

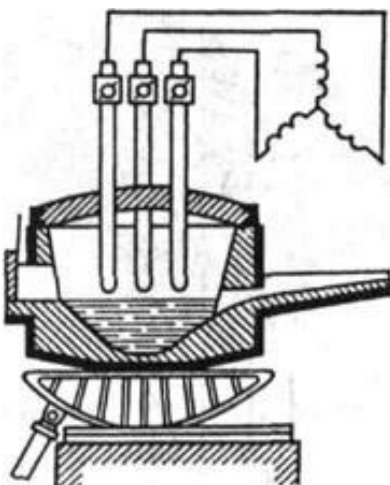
### 3 Описать процесс получения стали в мартеновской печи



- 1 — \_\_\_\_\_
- 2 — \_\_\_\_\_
- 3 — \_\_\_\_\_
- 4 — \_\_\_\_\_
- 5 — \_\_\_\_\_
- 6 — \_\_\_\_\_
- 7 — \_\_\_\_\_
- 8 — \_\_\_\_\_

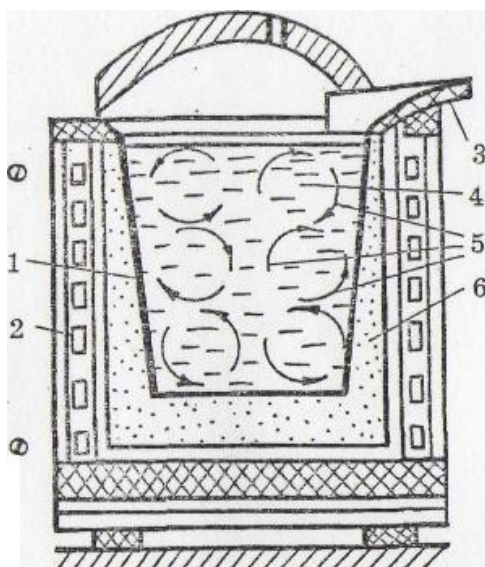
#### 4 Описать процесс получения стали в электропечах

#### 4.1 Дуговая электропечь



- [illegible]

## 4.2 Индукционная тигельная печь



- 1 – \_\_\_\_\_
- 2 – \_\_\_\_\_
- 3 – \_\_\_\_\_
- 4 – \_\_\_\_\_
- 5 – \_\_\_\_\_
- 6 – \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

Вывод: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Выполнил: \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

## Практическая работа

### Тема: Маркировка стали

**Цель:** изучение классификации, состава и маркировки сталей

#### Основные понятия

В различных отраслях промышленного производства наибольшее применение получили чёрные металлические сплавы - стали и чугуны.

Сталь - сплав железа (основа) с углеродом (до 2,14%), всегда содержит в определенных количествах постоянные примеси: марганец, кремний, серу, фосфор и газы (кислород, азот, водород).

И в стали, и в чугуны вводят различные легирующие элементы с целью повышения механических характеристик и получения специальных свойств.

Для сталей в России принята буквенно-цифровая маркировка. Цифры и буквы указывают на приблизительный состав стали.

1 Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества в соответствии с ГОСТ380-94 поставляют трех групп:

- группа А - с гарантируемыми структурой и механическими свойствами ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ ,  $\delta$ );
- группа Б - с гарантируемым химическим составом, допускается наличие хрома, никеля, меди в количестве не более 0,30 % каждого элемента;
- группа В - с гарантируемыми механическими свойствами и химическим составом.

Маркируют стали обыкновенного качества буквами Ст и условным номером от 0 до 6. Если сталь относится к группе А, то обозначение группы в марке не указывают: Ст0, Ст1, Ст2...Ст6. Если сталь относится к группе Б, то в начале марки ставят букву "Б": БСт0, БСт1 ... БСт6. Стали группы В маркируют: ВСт1, ВСт2 ... ВСт5. Стали всех групп с номером марок 1 - 4 производят кипящими, полуспокойными и спокойными, а с номерами 5 и 6 - только полуспокойными и спокойными.



Стали обыкновенного качества используют для изготовления листов, полос, прокатных профилей, труб, а также для деталей в мостостроении и судостроении.

2 Углеродистые качественные конструкционные стали (ГОСТ1050-88) обозначают двузначным числом, показывающим среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента. Например, стали марок 08, 20, 45 содержат в среднем соответственно 0,08%; 0,20%; 0,45% углерода.

Из них может быть изготовлена большая номенклатура деталей от шайб, втулок, шестерён, шпинделей, шатунов до деталей, работающих в условиях трения (рессоры и пружины).

3 Углеродистые качественные инструментальные стали (ГОСТ1435-99) маркируют следующим образом: впереди ставят букву У, за ней цифру (от 7 до 13), указывающую среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например, сталь марки У9 содержит в среднем 0,9 % С; У12 - 1,2 % Си т.д.

Для высококачественных углеродистых инструментальных сталей в конце обозначения марки стали ставят букву А. Например, У7А, У13А.

Из этих сталей может быть изготовлен режущий инструмент – резцы, напильники и др., работающий с небольшими скоростями резания, а также штампы для холодного деформирования для обработки малопрочных материалов.

4 Легированные конструкционные стали (ГОСТ 4543-71) маркируют двухзначным числом, показывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента, далее следуют буквы и цифры.

Буквы обозначают легирующие элементы: Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, К – кобальт, М – молибден, Н – никель, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ю – алюминий.

Цифры после букв показывают примерное содержание соответствующего легирующего элемента в целых процентах. Если цифра после буквы отсутствует, это означает, что содержание данного легирующего элемента в стали составляет примерно 1 %. Для высококачественных сталей в конце обозначения марки ставят букву А. Например, сталь марки 12Х2Н4А содержит в среднем 0,12 % С,  $\approx 2$  % Cr,  $\approx 4$  % Ni и является высококачественной.

Конструкционные легированные стали широко применяются в автомобильной промышленности, строительстве и тяжёлом машиностроении для деталей машин и механизмов, работающих в условиях сложного нагружения под действием статических, динамических и знакопеременных нагрузок.

5 Легированные инструментальные стали (ГОСТ 5950-2000) маркируют однозначным числом, показывающим среднее содержание углерода в десятых долях процента, далее следуют буквы и цифры. Принцип обозначения легирующих элементов и их содержание в этих сталях аналогичен с маркировкой конструкционных.

Если же сталь начинается с буквы (кроме буквы У), то в стали около 1 % С.

Например, сталь марки 9ХС содержит в среднем 0,9 % С,  $\approx 1$  % Cr,  $\approx 1$  % Si; сталь марки ХВГ содержит  $\approx 1$  % С,  $\approx 1$  % Cr,  $\approx 1$  % W,  $\approx 1$  % Mn.

Инструментальные легированные стали применяют для изготовления всех видов инструментов: режущего (резцы, развёртки, протяжки), штампованного (штампы для холодного и горячего деформирования), измерительного (калибры, меры, шаблоны).

6 Специальные стали это высоколегированные стали, в которых содержание легирующих элементов более 10 %, обладающие особыми свойствами, например, коррозионностойкие стали (ГОСТ 5632-72), обладающие высокой химической стойкостью в агрессивных средах. В состав коррозионностойкой стали обязательно входят хром и никель, причём содержание хрома должно быть более 12 %, а маркировка сохраняет принципы маркировки легированных сталей: сталь марки 17Х18Н9 содержит 0,17 % С,  $\approx 18$  % Cr,  $\approx 9$  % Ni.

Эти стали применяют для изготовления клапанов гидропрессов, лопаток турбин, карбюраторных игл и других деталей машин, подвергающихся действию атмосферных осадков, воды, водных растворов солей и других агрессивных сред при комнатной температуре или до 400° С.

Некоторые специальные стали имеют маркировку, отличающуюся от вышеизложенных правил:

- углеродистые автоматные стали (ГОСТ 1414-75) с повышенным содержанием серы и фосфора, а иногда с добавлением небольшого количества Pb, Са, Mn и др., обладающие хорошей обрабатываемостью резанием, применяют для

изготовления деталей на металлорежущих станках-автоматах. Автоматные стали маркируют буквой А и цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента; например, А12 - автоматная сталь с содержанием углерода в среднем 0,12%;

- шарикоподшипниковые стали (ГОСТ 801-83) применяют для изготовления подшипников качения и других деталей, работающих в условиях трения, должны обладать высокой контактной прочностью и износостойкостью, содержат около 1 % Сс обязательным наличием хрома (0,4-1,9 %). Шарикоподшипниковые стали маркируются буквой “Ш”, далее буква “Х” – хром, содержание которого указывается в десятых долях процента. Из этих сталей изготавливают шарики и ролики подшипников, подшипниковые кольца, корпуса и направляющие;

- быстрорежущие стали (ГОСТ 19265-73) применяют для изготовления режущего инструмента (резцы, свёрла, фрезы и т.д.), работающего при высоких скоростях резания. Марки этих сталей обозначают русской буквой Р (rapid - быстрый), а следующая за ней цифра указывает среднее содержание основного легирующего элемента вольфрама в процентах. Например, Р18 - быстрорежущая сталь, содержащая около 1 % С и 18 % W, а также  $\approx 4$  % Cr и около 2,5 % V, но это не внесено в марку;

- стали, применяемые для получения отливок (ГОСТ 977-88), имеют в своем обозначении букву Л. Например, 15Л - сталь для отливок, содержащая в среднем 0,15 % С. Из этих сталей отливают втулки, шестерни и т.д.

### **Легирующие элементы и их влияние на свойства стали**

**Хром** - наиболее дешевый и распространенный элемент. Он повышает твердость и прочность, незначительно уменьшая пластичность, увеличивает коррозионную стойкость; содержание больших количеств хрома делает сталь нержавеющей и обеспечивает устойчивость магнитных сил.

**Никель** сообщает стали коррозионную стойкость, высокую прочность и пластичность, увеличивает прокаливаемость, оказывает влияние на изменение коэффициента теплового расширения.

**Вольфрам** образует в стали очень твердые химические соединения - карбиды, резко увеличивающие твердость и красностойкость. Вольфрам препятствует росту зерен стали при нагреве, способствует устранению хрупкости при отпуске. Это дорогой и дефицитный металл.

**Ванадий** повышает твердость и прочность, измельчает зерно. Увеличивает плотность стали, так как является хорошим раскислителем, он дорог и дефицитен.

**Кремний** в количестве свыше 1% оказывает особое влияние на свойства стали: содержание 1-1,5% Si увеличивает прочность стали, при этом её вязкость сохраняется. При большем содержании кремния увеличивается электросопротивление и магнитопроницаемость. Кремний увеличивает также упругость, кислотостойкость, окалиностойкость стали.

**Марганец** при содержании свыше 1% увеличивает твердость, износоустойчивость, стойкость против ударных нагрузок, не уменьшая пластичности.

**Кобальт** повышает жаропрочность, магнитные свойства, увеличивает сопротивление удару.

**Молибден** увеличивает красностойкость, упругость, предел прочности на растяжение, антикоррозионные свойства и сопротивление окислению при высоких температурах.

**Титан** повышает прочность и плотность стали, способствует измельчению зерна стали, является хорошим раскислителем, улучшает обрабатываемость и сопротивление коррозии.

**Ниобий** улучшает кислотостойкость и способствует уменьшению коррозии в сварных конструкциях.

**Алюминий** повышает жаростойкость и окалиностойкость.

**Медь** увеличивает антикоррозионные свойства, она вводится главным образом в строительную сталь.

**Церий** повышает прочность и особенно пластичность.

**Цирконий** оказывает особое влияние на величину и рост зерна в стали, измельчает зерно и позволяет получать сталь с заранее заданной зернистостью.

## Порядок выполнения работ

1 Получить от преподавателя индивидуальное задание по классификации и маркировке сталей (таблица 1).

2 Расшифровать обозначение каждой марки стали. Указать, какой является сталь по содержанию углерода (низко-, средне- или высокоуглеродистой), по степени легированности (низко-, средне- или высоколегированной), качеству, назначению. Результат работы свести в таблицу 2.

3 Для заданных марок легированной стали описать влияние входящих в ее состав легирующих элементов на свойства полученной стали.

4 Представить преподавателю оформленный отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

## Варианты индивидуальных заданий

Таблица 1 - Индивидуальные задания

№ варианта	Марки сплавов для изучения			
1	Ст0;	08кп;	09Г2;	У7;
2	Ст1пс;	10;	09Г2С;	У7А;
3	Ст2кп;	15;	30ХГТ;	У8;
4	Ст3;	20;	12Х2Н4А;	У8А;
5	БСт1кп;	25;	25ХГМ;	У9;
6	БСт2пс;	30;	40ХН;	У9А;
7	БСт3;	35;	38ХМА;	У10;
8	Ст5;	40;	20Х;	У10А;
9	Ст6;	45;	12ХН3А;	У12;
10	БСт3кп;	55;	38ХГН;	У12А;
11	ВСт4сп;	60;	30ХГСА;	Р9;
12	БСт5пс;	09Г2;	У7;	12Х18Н9Т;
13	ВСт5сп;	14Г2;	ШХ15;	У13;
14	БСт6пс;	15ГФ;	ШХ20СГ;	У13А;
15	ВСт6;	17ГС;	ШХ15СГ;	Х12М;
16	БСт4;	35ГС;	40ХФА;	ХВГ;
17	ВСт1сп;	09Г2С;	50ХФА;	Р18;
18	Ст2пс;	25Г2С;	65;	30Х13;
19	Ст4кп;	15Х;	18ХГТ;	60Г;
20	БСт2кп;	20Х;	15Г;	9ХС;
21	БСт3;	30Х;	70;	50ХФА;
22	БСт6пс;	35Х;	60Г;	08Х17Т;
23	ВСт5сп;	38ХА;	75;	У12;
24	БСт5пс;	40Х;	ШХ15СГ;	70;
25	ВСт4сп;	40Г;	30ХМ;	У10;
26	БСт3кп;	35ГС;	55С2;	У9А;
27	Ст6;	60С2;	У9;	Х12Ф1;
28	Ст5;	09Г2;	12ХН3А;	У9;

### Содержание письменного отчета:

1 Тема работы

2 Цель работы

3 Выполненное задание в виде таблицы 2 и описание влияния легирующих элементов на свойства стали

4 Вывод

Таблица 2 - Результаты работы по классификации и маркировке сталей

<i>Номер варианта</i>	<i>Марка материала</i>	<i>Расшифровка материала</i>	<i>Качество стали</i>	<i>Назначение материала</i>
<i>1</i>	<i>08X18H10T</i>	<i>Легированная конструкционная сталь 08 – содержание углерода 0,08%; X18 – содержание хрома 18%; H10 – содержание никеля 10%; T – содержание титана около 1 %.</i>	<i>-</i>	<i>применяется для изготовления сварных изделий, работающих в агрессивных средах; изготавливают муфели, теплообменники, трубы, детали и узлы основного оборудования и трубопроводов, товары широкого потребления.</i>

### Контрольные вопросы:

1 Что такое сталь, характеристики стали?

2 Как классифицируются стали по химическому составу?

3 Как можно подразделить стали по назначению?

4 Как классифицируются стали по способу производства, степени раскисления?

5 Как маркируются углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные стали?

6 Как маркируются углеродистые инструментальные стали?

7 Что такое легированная сталь?

8 Как маркируются легированные стали?

## Практическая работа

### Тема: Выбор материала для конструкций по назначению и условиям эксплуатации

**Цель:** получение практических навыков выбора материалов для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации.

#### Порядок выполнения работы:

1 Изучить материалы справочной таблицы (таблица 2).

2 Сделать выбор материалов для деталей по их назначению и условиям эксплуатации, заполнив таблицу 1.

3 Сделать вывод по результатам работы.

Таблица 1 - Выбор материалов для деталей по их назначению и условиям эксплуатации

Наименование детали	Условия работы	Выбранный материал
1 Элемент сварной конструкции		
2 Пружина		
3 Кронштейн		
4 Вал		

#### Контрольные вопросы:

1 Какие свойства и качества анализируются при выборе материала для детали?

2 Как связана свариваемость с химическим составом материала?

3 Что влияет на обрабатываемость давлением?

4 Чем повышают износостойкость материалов и изделий?

5 Чем повысить качество сталей?

6 Какие по качеству стали доступнее: углеродистые или легированные?

Таблица 2- Характеристика качественных конструкционных сталей

Наименование группы	Марки сталей	Предел прочности при растяжении, МПа	Условный предел текучести, МПа	Относительное удлинение (пластичность), %	Технологические свойства
Низкоуглеродистые стали	Сталь 05кп; 08; 08кп; 10; 10кп	330-420	190-250	25-33	Свариваемость, обработка давлением
Низкоуглеродистые стали	Сталь 15; 20; 25	460-610	280-360	16-23	Хорошая свариваемость, обработка резанием
Среднеуглеродистые стали	Сталь 30; 35; 40; 45; 50; 55	670-730	380-430	9-14	После обработки резанием
Высокоуглеродистые стали	Сталь 60; 65; 70; 75; 80	Высокие прочность, износостойкость и упругость			Подвержены различным термической обработке



## Практическая работа

### Тема: Маркировка цветных металлов и сплавов на их основе

**Цель:** закрепление теоретических знаний о производстве и маркировке цветных металлов, научиться расшифровывать заданные марки цветных металлов и сплавов и определять область их применения.

### Классификация и маркировка цветных сплавов

#### Медь и её сплавы

Технически чистая медь обладает высокими пластичностью и коррозионной стойкостью, малым удельным электросопротивлением и высокой теплопроводностью. По чистоте медь подразделяют на марки (ГОСТ 859-78):

Марка	МВЧк	МОО	МО	М1	М2	М3
Содержание Cu+Ag, не менее %	99,993	99,99	99,95	99,9	99,7	99,5

После обозначения марки указывают способ изготовления меди: к - катодная, б - бес кислородная, р - раскисленная. Медь огневого рафинирования не обозначается.

МООк - технически чистая катодная медь, содержащая не менее 99,99% меди и серебра. М3 - технически чистая медь огневого рафинирования, содержит не менее 99,5% меди и серебра.

Медные сплавы разделяют на бронзы и латуни.

Бронзы - это сплавы меди с оловом (4 - 33% Sn хотя бывают без оловянные бронзы), свинцом (до 30% Pb), алюминием (5-11% Al), кремнием (4-5% Si), сурьмой и фосфором (ГОСТ 493-79, ГОСТ 613-79, ГОСТ 5017-74, ГОСТ 18175-78).

Латуни - сплавы меди с цинком (до 50% Zn) и небольшими добавками алюминия, кремния, свинца, никеля, марганца (ГОСТ 15527-70, ГОСТ 17711-80).

Медные сплавы предназначены для изготовления деталей методами литья, называют литейными, а сплавы, предназначенные для изготовления деталей пластическим деформированием - сплавами, обрабатываемыми давлением.

Медные сплавы обозначают начальными буквами их названия (Бр или Л), после чего следуют первые буквы названий основных элементов, образующих сплав, и цифры, указывающие количество элемента в процентах. Приняты следующие обозначения компонентов сплавов: А – алюминий; Мц – марганец; С – свинец; Б – бериллий; Мг – магний; Ср – серебро; Ж – железо; Мш – мышьяк; Су – сурьма; К – кремний; Н – никель; Т – титан; Кд – кадмий; О – олово; Ф – фосфор; Х – хром; Ц – цинк

Примеры:

БрА9Мц2Л – бронза, содержащая 9% алюминия, 2% Мн, остальное Cu ("Л" указывает, что сплав литейный);

ЛЦ40Мц3Ж – латунь, содержащая 40% Zn, 3% Мн, ~1% Fe, остальное Cu;

Бр0Ф8,0-0,3 – бронза наряду с медью содержащая 8% олова и 0,3% фосфора;

ЛАМш77-2-0,05 – латунь содержащая 77% Cu, 2% Al, 0,055 мышьяка, остальное Zn (в обозначении латуни, предназначенной для обработки давлением, первое число указывает на содержание меди).

В несложных по составу латунях указывают только содержание в сплаве меди:

Л96 – латунь содержащая 96% Cu и ~4% Zn (томпак);

Л63 – латунь содержащая 63% Cu и ~37% Zn.

### **Алюминий и его сплавы**

Алюминий – легкий металл, обладающий высокими тепло- и электропроводностью, стойкий к коррозии. В зависимости от степени чистоты первичный алюминий согласно ГОСТ 11069-74 бывает особой (А999), высокой (А995, А95) и технической чистоты (А85, А7Е, АО и др.). Алюминий маркируют буквой А и цифрами, обозначающими доли процента свыше 99,0% Al; буква "Е" обозначает повышенное содержание железа и пониженное кремния.

А999 – алюминий особой чистоты, в котором содержится не менее 99,999% Al; А5 – алюминий технической чистоты в котором 99,5% алюминия.

Алюминиевые сплавы разделяют на деформируемые и литейные. Те и другие могут быть не упрочняемые и упрочняемые термической обработкой.

**Деформируемые алюминиевые сплавы** хорошо обрабатываются прокаткой, ковкой, штамповкой. Их марки приведены в ГОСТ4784-74. К деформируемым алюминиевым сплавам не упрочняемым термообработкой, относятся сплавы системы

Al-Mn и Al-Mg: AMц; AMцС; AMг1; AMг4,5; AMг6. Аббревиатура включает в себя начальные буквы, входящие в состав сплава компонентов и цифры, указывающие содержание легирующего элемента в процентах. К деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой, относятся сплавы системы Al-Cu-Mg с добавками некоторых элементов (дуралюны, ковочные сплавы), а также высокопрочные и жаропрочные сплавы сложного хим.состава.

Дуралюмины маркируются буквой "Д" и порядковым номером, например: Д1, Д12, Д18, АК4, АК8.

Чистый деформируемый алюминий обозначается буквами "АД" и условным обозначением степени его чистоты: АДоч ( $\geq 99,98\%$  Al), АД000 ( $\geq 99,80\%$  Al), АД0 ( $99,5\%$  Al), АД1 ( $99,30\%$  Al), АД ( $\geq 98,80\%$  Al).

**Литейные алюминиевые сплавы** (ГОСТ 2685-75) обладает хорошей жидкотекучестью, имеет сравнительно не большую усадку и предназначены в основном для фасонного литья. Эти сплавы маркируются буквами "АЛ" с последующим порядковым номером: АЛ2, АЛ9, АЛ13, АЛ22, АЛ30.

Иногда маркируют по составу: АК7М2; АК21М2, 5Н2,5; АК4МЦ6. В этом случае "М" обозначает медь. "К" - кремний, "Ц" - цинк, "Н" - никель; цифра - среднее % содержание элемента.

Из алюминиевых антифрикционных сплавов (ГОСТ 14113-78) изготавливают подшипники и вкладыши как литьем так и обработкой давлением. Такие сплавы маркируют буквой "А" и начальными буквами входящих в них элементов: А09-2, А06-1, АН-2,5, АСМТ. В первые два сплава входят в указанное количество олова и меди (первая цифра-олово, вторая-медь в %), в третий 2,7-3,3% Ni и в четвертый медь сурьма и теллур.

### **Титан и его сплавы**

Титан - тугоплавкий металл с невысокой плотностью. Удельная прочность титана выше, чем у многих легированных конструкционных сталей, поэтому при замене сталей титановыми сплавами можно при равной прочности уменьшить массу детали на 40%. Титан хорошо обрабатывается давлением, сваривается, из него можно изготовить сложные отливки, но обработка резанием затруднительна. Для получения сплавов с улучшенными свойствами его легируют алюминием, хромом, молибденом.

Титан и его сплавы маркируют буквами "BT" и порядковым номером: BT1-00, BT3-1, BT4, BT8, BT14.

Пять титановых сплавов обозначены иначе: OT4-0, OT4, OT4-1, ПТ-7М, ПТ-3В.

### **Магний и его сплавы**

Среди промышленных металлов магний обладает наименьшей плотностью (1700 кг/м<sup>3</sup>). Магний и его сплавы неустойчивы против коррозии, при повышении температуры магний интенсивно окисляется и даже самовоспламеняется. Он обладает малой прочностью и пластичностью, поэтому как конструкционный материал чистый магний не используется. Для повышения химико-механических свойств в магниевые сплавы вводят алюминий, цинк, марганец и другие легирующие добавки.

Магниевые сплавы подразделяют на деформируемые (ГОСТ 14957-76) и литейные (ГОСТ 2856-79). Первые маркируются буквами "МА", вторые "МЛ". После букв указывается порядковый номер сплава в соответствующем ГОСТе.

Например:

МА1-деформируемый магниевый сплав №1; МЛ19-литейный магниевый сплав №19

### **Задание:**

- 1 Определить по таблице 1 заданные марки цветных сплавов
- 2 Расшифровать данные марки
- 3 Описать характеристики заданных сплавов
- 4 Результаты оформить в таблицу 2
- 5 Ответить на контрольные вопросы
- 6 Сделать вывод о проделанной работе.

Таблица 1 - Исходные данные

№ вар.	Заданные марки	№ вар.	Заданные марки
1	М006, АМг3, ВТ1-00, МЛЗ	16	БрА9Ж4Н4Мц1, АМг6, ВТ1-0, МА21
2	БрА9Мц2Л, АЛ19, ВТ1-0, МЛ4	17	ЛЦ23А6Ж3Мц2, Д16, ВТ16, МЛ19
3	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, А6, ОТ4-0, МА1	18	ЛАМш77-2-0,05, АЛ23, ВТ5, МА18
4	БрО4Ц7С5, АД0Е, ОТ4-1, МА2	19	БрОФ7-0,2, Д18, ВТ1-00, МА19
5	БрОФ4-0,25, АЛ33, ОТ-4, МЛ19	20	Л80, АК4М4, ВТ22, МЛ8
6	ЛС63-2, АМц, ВТ5, МЛ15	21	БрКМц3-1, АК7, ВТ20, МЛ12
7	ЛА77-2, Д16, ВТ9, МА18	22	БрО6Ц6С3, АЛ9, ПТ-3В, МА2
8	М2р, АЛ25, ВТ14, МА15	23	ЛЦ38Мц2С2, АМг2, ВТ3, МЛ4
9	БрСу3Н3Ц3С20Ф, А8, ВТ16, МЛ5	24	БрАЖНМц9-4-4-1, АД0, ВТ14, МА20
10	ЛЦ40Мц3А, АЛ21, ВТ20, МА17	25	ЛАНКМц75-2-2, А7, ВТ9, МЛ9
11	ЛЖМц59-1-1, АК4, ВТ22, МЛ6	26	М006, АМг3, ВТ1-00, МЛЗ
12	ЛС59-1, Д12, ПТ-7М, МЛ10	27	БрА9Мц2Л, АЛ19, ВТ1-0, МЛ4
13	Л68, А5Е, ПТ-3В, МА12	28	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, А6, ОТ4-0, МА1
14	БрАЖН10-4-4, АЛ2, ВТ9, МА11	29	БрО4Ц7С5, АД0Е, ОТ4-1, МА2
15	БрА7Мц15Ж3Н2Ц2, АК9, ВТ5, МЛ8	30	БрОФ6,5-0,4, АЛ33, ОТ4, МЛ19

Таблица 2 - Маркировка цветных металлов

№ п/п	Заданная марка	Описание заданного металла или сплава	Область применения заданного металла или сплава

**Контрольные вопросы:**

- 1 Чем отличаются специальные латуни от обыкновенных?
- 2 Определите химический состав специальных латуней по их маркам: ЛАЖ60-1-1; ЛО70-1; ЛМцЖ52-4-1.
- 3 На какие виды подразделяют бронзы по химическому составу?
- 4 Определите химический состав бронз по их маркам: БрОЦНЗ-7-5-1; БрКМц3-1; БрОС8-12.
- 5 К какой группе металлов относится титан?

## **Практическая работа**

### **Тема: Определение области применения заданной марки цветного металла или сплава на его основе**

**Цель:** научиться определять область применения цветных металлов и сплавов на их основе в зависимости от химического состава; приобрести навык работы со справочной литературой по выбору сплава цветных металлов в зависимости от условий их работы.

#### **Задание:**

- 1 Изучить условия работы заданной детали.
- 2 Выбрать сплав цветных металлов для изготовления заданной детали, изучить ее химический состав и механические свойства.
- 3 Дать обоснование выбора сплава для заданной детали.
- 4 Составить отчет о практическом занятии.

#### **Основные сведения**

Для изготовления деталей машин и механизмов используют медные, алюминиевые, магниевые и титановые сплавы.

Медные сплавы. Наиболее применение имеют латуни марок Л62, Л68 – для получения листов, предназначенных для изготовления деталей методом глубокой штамповки; Л59, ЛС59-1 – для получения катаных и прессованных прутков, из которых изготавливают втулки, гайки, кольца и т. д.

Из специальных латуней благодаря высокой коррозионной стойкости и хорошим механическим свойствам получила широкое применение латунь марки ЛО70-1.

Алюминиевые бронзы БрА5, БрА7, БрПМц9-2 применяют для изготовления лент, полос, трубок. Бронзы БрАЖН10-4-4Л, БрАЖ9-4Л применяют для фасонного литья. Добавки в бронзу никеля, железа, марганца повышают ее сопротивление коррозии и улучшают механические свойства; например, бронза БрАЖН10-4-4 в

результате закалки в воде при температуре 920С и последующего отпуска при температуре 650С имеет HB 200-250.

Свинцовистая бронза БрС30 обладает высокими антифрикционными свойствами и применяется для сильно нагруженных подшипников с большими удельными давлениями (например, коронные подшипники турбин).

Алюминиевые сплавы обладают высокими свойствами, небольшим удельным весом и устойчивы против коррозии. Различают две группы алюминиевых сплавов: литейные и деформируемые. Литейные сплавы применяют для изготовления литейных деталей путем отливки в земляные и металлические формы. Деформируемые сплавы применяют для изготовления листов, проволоки, фасонных профилей и производства различных деталей путемковки, штамповки и прессования.

Магниеые сплавы представляют собой сплавы магния с алюминием, марганцем и цинком. Их широко применяют в промышленности - как литейные (МЛ2 – МЛ6), так и деформируемые (МА1 – МА5). Из указанных литейных сплавов наибольшее распространение получил сплав МЛ5, обладающий лучшей жидкотекучестью. Сплав МЛ5 для улучшения механических свойств закаливают (температура нагрева до 415С с последующим охлаждением на воздухе).

Деформируемые магниевые сплавы имеют большую вязкость, пластичность и прочность, чем литейные сплавы, и применяются для изготовления кованных и штампованных деталей. Для улучшения свойств магниевых сплавов в них вводят в небольших количествах бериллий, титан и другие элементы и подвергают термической обработке.

При решении задач рекомендуется использовать учебные пособия, ГОСТы, справочники.

### **Задачи по выбору марки сплавов цветных металлов**

#### **для конкретных деталей в зависимости от условий их работы**

1 Детали арматуры турбин и котлов гидронасосов работают во влажной атмосфере и изготавливают массовыми партиями литьем, имеют сложную форму и высокую точность размеров. Подберите применяемый для этой цели цветной сплав для изготовления форм.

2 Трубки в паросиловых установках должны быть стойки против коррозии. Подберите марку сплава на медной основе, пригодную для изготовления трубок, не содержащего дорогих элементов.

3 Необходимо изготовить зубчатые колеса из сплавов, стойкого против действия воды и пара и обладающего небольшим коэффициентом трения. Предел прочности не ниже 340 МПа. Укажите цветной сплав, пригодный для изготовления подобных зубчатых колес.

4 Детали самолетов: педали, рычаги, стойки педалей и т.п. изготавливают из сплава с хорошими литейными свойствами, обладающего, кроме того, хорошей обрабатываемостью резанием. Предел прочности сплава должен быть не ниже 220 МПа. Рекомендуйте состав сплава, укажите механические свойства его в готовом изделии.

5 Бесшовные трубы опреснительных установок, подающие морскую воду, нагретую до 80-120°C, целесообразно для повышения их долговечности изготавливать из сплава со значительно большей стойкостью против коррозии в этих условиях.

6 Сварные бензиновые и масляные баки, от материала которых не требуется высоких механических свойств, изготавливают в авиапромышленности из легких листов сплавов, обладающих повышенной стойкостью против коррозии, пластичностью и хорошей свариваемостью. Подберите сплав, пригодный для данного назначения.

7 Червяк редуктора для уменьшения коэффициента трения часто изготавливают из стали, а венец колес - из сплава на медной основе. Подберите марку и состав сплава для венца, колеса, обладающего высокими антифрикционными свойствами.

8 Выберите цветной сплав для изготовления резервуаров, используемых в пищевой промышленности. При необходимости назначьте режимы термической обработки, укажите механические свойства и химический состав сплава.

9 Выберите цветной сплав для изготовления шестерни зубчатой передачи, работающей в агрессивной среде.

10 Выберите цветной сплав для изготовления теплообменников, работающих в азотной кислоте.



## Пример решения типовой задачи по выбору марки цветного сплава

**Задача.** Выберите марку цветного сплава для изготовления ряда деталей самолета. Укажите состав и характеристики механических свойств сплава после термической обработки.

### Решение.

Сплав Д16  $\sigma_{0.2}=400\text{МПа}$ ,  $\sigma_{\text{в}}=540\text{МПа}$ ,  $\delta=11\%$ . В конструкциях средней и повышенной прочности, требующих повышенной долговечности при переменных нагрузках; в строительных конструкциях, не требующих высокой коррозионной стойкости, для изготовления ферм, а также для различных высоконагружаемых деталей и элементов-конструкций, за исключением штамповок и поковок. Ставится в конструкциях, работающих при температуре до  $250^{\circ}\text{C}$ .

Сплав Д16 - наиболее распространенный сплав. Относится к системе Al - Cu - Mg - Mn . Он интенсивно упрочняется термической обработкой. Сплав хорошо деформируется в горячем и холодном состоянии. Горячая деформация возможна в широком интервале температур от  $350^{\circ}\text{C}$  до  $450^{\circ}\text{C}$ . Деформации при комнатной температуре сплав может подвергаться как в отожженном, так и в закаленном состоянии. Механические свойства полуфабрикатов после закалки и естественного старения в значительной мере зависят от условий предварительной обработки. Сплав Д16 удовлетворительно сваривается.

Сплав Д16 обладает более высокими пластическими характеристиками и жаропрочностью. При сварке термически упрочняемых сплавов сварной шов и околошовная зона значительно ослабляются, отчего снижается коррозионная стойкость. Поэтому сплавы этой группы относятся к несвариваемым. Сборку конструкций из этих сплавов осуществляют при помощи заклепочных и реже - болтовых соединений. Для производства профилей, применяемых при изготовлении тяжело нагруженных конструкций используют сплав Д16.

Д16 изготавливают детали растянутой зоны крыльев и обшивку фюзеляжей, для обшивки гермокабин. Обшивку самолетов производят из сплава Д16 искусственно состаренного для увеличения коррозионной стойкости.

## **Практическая работа**

### **Тема: Применение электротехнических материалов**

**Цель:** закрепление теоретических знаний по теме: «Материалы с особыми физическими свойствами».

**Задание:** привести пример проводникового и диэлектрического материала и описать область его применения.

#### **Ход работы:**

1 Выбрать проводниковый материал, диэлектрик, изучить область его применения, используя техническую литературу.

2 Оформить письменный отчет по практической работе по плану:

3 Устный отчет по контрольным вопросам

#### **План письменного отчета:**

- тема работы;
- цель работы;
- задание;
- описание выбранного материала и области его применения
- вывод по результатам работы.

#### **Контрольные вопросы:**

1 Характеристика проводниковых материалов, область их применения

2 Характеристика полупроводниковых материалов, область их применения

3 Характеристика диэлектриков, область их применения

## Практическая работа

### Тема: Применение порошковых, композиционных и неметаллических материалов

**Задание:** привести пример порошкового, композиционного и неметаллического материала, описать их свойства и область его применения.

#### Ход работы:

- 1 Привести пример порошкового, композиционного и неметаллического материала
- 2 Описать основные свойства и область применения выбранных материалов.
- 3 Результаты представить в виде таблицы 1.
- 4 Оформить письменный отчет по практической работе по плану:

Таблица 1 – Результаты практической работы

Материал	Свойства материала	Область применения
<i>(Порошковый материал)</i>		
<i>(Композиционный материал)</i>		
<i>(Неметаллический материал)</i>		

#### План письменного отчета:

- тема работы;
- цель работы;
- задание;
- описание выбранного материала и области его применения – заполненная таблица 1;
- вывод по результатам работы.

## Практическая работа

### Тема: Подбор методов защиты детали от коррозии

**Цель занятия:** получение навыков выбора эффективного метода защиты металлов от коррозии в зависимости от эксплуатационных условий.

**Задание:** выбрать метод защиты от коррозии в соответствии с заданными эксплуатационными условиями.

### Основные теоретические сведения

Инженеру любой специальности необходимо знать основные методы защиты металлов от коррозии, так как это позволяет выбирать оптимальные методы защиты металлических и железобетонных конструкций, что ведет к повышению долговечности зданий, сооружений и технологического оборудования. Это в свою очередь уменьшает затраты на ремонт и обеспечивает безаварийность производства.

Коррозию металла можно затормозить пассивацией и изменением потенциала металла, уменьшением концентрации окислителя, изоляцией поверхности металла от окислителя и пр.

Все эти способы защиты можно объединить в группы: защитные покрытия металлов; обработка коррозионной среды; электрохимические методы защиты; получение коррозионно-стойких сплавов.

Покрyтия, применяемые для защиты металлов, подразделяются на металлические, неметаллические и образованные в результате химической или электрохимической обработки поверхности металла.

Металлические покрытия по характеру защитного действия подразделяются на катодные и анодные.

К **анодным** относятся такие покрытия, в которых металл покрытия имеет более отрицательное значение электродного потенциала, чем защищаемая деталь. Например, железо, покрытое цинком.

При **катодном** покрытии металл покрытия имеет более положительное значение электродного потенциала, чем сама деталь. Например, железо, покрытое

медью или оловом (луженое железо). Пока защитный слой не нарушен, принципиального различия между этими покрытиями нет.

При нарушении целостности катодное покрытие перестает защищать основной металл от коррозии, создавая с ним гальваническую пару, усиливает его коррозию. Анодное же покрытие будет само подвергаться разрушению, защищая тем самым основной металл.

Метод обработки коррозионной среды пригоден для случаев, когда защищаемое изделие эксплуатируется в ограниченном объеме жидкости. Например, скорость процессов кислотной коррозии может быть значительно снижена введением в кислоту ингибиторов – веществ, замедляющих коррозию, в количестве 0,1-0,5%.

Механизм действия ингибиторов заключается в том, что, адсорбируясь на поверхности металла, они подавляют действие коррозионных микропар, препятствуя катодному или анодному процессу или обоим вместе.

Электрохимический метод защиты основан на торможении анодных или катодных реакций за счет изменения потенциала этих реакций.

Одним из электрохимических методов является протекторная защита. Сущность его заключается в том, что к защищаемой конструкции присоединяют протектор, то есть металл, имеющий более отрицательный электродный потенциал. В искусственно созданной коррозионной гальванической паре разрушается протектор, то есть анод, а основной металл сохраняется.

### **Ход работы:**

- 1 Изучить теоретические сведения о методах защиты металлов от коррозии
- 2 Решить контрольные задачи (по указанию преподавателя)
- 3 Ответить на контрольные вопросы
- 4 Составить письменный отчет по работе

## Контрольные задания

**Задача 1.** Железо покрыто оловом, какое это покрытие: анодное или катодное? Расписать работу коррозионной гальванической пары в кислой среде.

**Задача 2.** Из перечисленных металлов (Cu; Zn; Ni) подобрать протектор для стальной детали (Fe). Расписать работу гальванической пары в нейтральной среде ( $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ).

**Задача 3.** Символом Парижа – Эйфелева башня. Стальной каркас 300 метровой конструкции выполнен из сталей с различными добавками. Она неизлечима больна, ржавеет и разрушается, и только постоянная химиотерапия помогает бороться с этим смертельным недугом: Её красили 18 раз, отчего её масса 9000 т каждый раз увеличивается на 70 т. Ученые считают, что причиной разрушений являются окислительно-восстановительные процессы. Какие именно?

**Задача 4.** В 20-е годы XX в. с одним американским миллионером произошла неприятная история. По его заказу была построена роскошная яхта “Зов моря”. Для обшивки корпуса яхты использовался сплав никеля с медью, известный под названием монель-металл. Этот сплав отличался чрезвычайно высокой стойкостью во многих агрессивных средах, в том числе и в морской воде. Другие детали корпуса судна были изготовлены из специальных нержавеющих сталей, т.е. материалов, содержащих железо. Когда яхта была спущена на воду, судно затонуло, не сделав, ни одного рейса. Ученые считают, что причиной произошедших событий были окислительно-восстановительные процессы. Какие именно?

### План отчета по практической работе:

- 1 Тема работы
- 2 Цель работы
- 3 Задание
- 4 Решение контрольного задания
- 5 Ответы на контрольные вопросы
- 6 Вывод по работе

### **Контрольные вопросы:**

- 1 Какое покрытие производят металлами, электродный потенциал которых выше, чем у основного металла?
- 2 Дать определение оксидированию
- 3 Какие вещества применяют для уменьшения агрессивности окружающей среды?
- 4 При каком виде защиты основной металл подвергают совместной прокатке с защищающим (алюминием, титаном нержавеющей сталью)?
- 5 Какое покрытие производят металлами, электродный потенциал которых ниже, чем у основного металла?

## Практическая работа

### Тема: Расчет режимов резания при механической обработке металлов на различных станках

**Цель занятия:** получить навыки расчета режимов резания при механической обработке металлов.

**Задание:** определение основных параметров режима резания для заданных производственных условий.

#### Основные теоретические сведения

Назначенный для обработки заготовки режим резания определяет основное технологическое время на её обработку соответственно и производительность труда. Работа резания переходит в тепло. Со стружкой уходит 80% тепла, остальное распределяется между резцом, заготовкой и окружающей средой. Под влиянием тепла изменяются структура и твёрдость поверхностных слоёв резца и его режущая способность. Режимы резания для каждого случая могут быть рассчитаны по эмпирическим формулам с учётом свойств обрабатываемого материала, установленной нормативами стойкости резца, его геометрии и применяемого охлаждения.

Назначение режимов резания начинают с определения максимально допускаемой глубины резания, затем определяют допускаемую подачу и скорость резания.

Скорость главного движения резания

$$\text{—} \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр заготовки;

$n$  – частота вращения шпинделя.



Скорость движения подачи резца

(2)

где  $S_o$  - подача резца за один оборот шпинделя.

Основное время при точении

—

(3)

где  $L_i$  – длина рабочего хода резца.

Глубина резания

—

(4)

где  $d$  – диаметр обработанного изделия.

### Ход работы

- 1 Внимательно изучить задание и исходные данные.
- 2 Выбрать формулу и решить задачу с учётом исходных данных.
- 3 Оформить письменный отчет и сделать необходимые выводы.

### Задание и исходные данные

**Задача 1.** Определить скорость главного движения резания при обработке заготовки диаметром  $D$  на токарном станке с частотой вращения шпинделя  $n$ .

Вариант	$D, \text{мм}$	$n, \text{об/мин}$	Вариант	$D, \text{мм}$	$n, \text{об/мин}$
1	80	860	6	180	315
2	150	315	7	30	2000
3	45	1600	8	95	630
4	70	1250	9	110	400
5	220	250	10	60	1000

**Задача 2.** Определить скорость движения подачи при обтачивании заготовки на токарном станке с частотой вращения шпинделя  $n$ , подачи резца  $S_o$  за один оборот шпинделя.

Вариант	$n$ , об/мин	$S_o$ , мм/об	Вариант	$n$ , об/мин	$S_o$ , мм/об
1	400	0,61	6	1600	0,17
2	630	0,43	7	860	0,3
3	200	0,87	8	160	0,95
4	315	0,7	9	1250	0,23
5	250	0,78	10	500	0,52

**Задача 3.** Определить основное время при продольном обтачивании на проход заготовки  $D$ (мм) до диаметра  $d$  (мм) на длине  $L$ (мм) и глубину резания. Частота вращения шпинделя  $n$ , подачи резца  $S_o$ . Обтачивание производится за один ход.

Вар.	$D$ , мм	$d$ , мм	$L$ , мм	$n$ , об/мин	$S_o$ , мм/об	Вар.	$D$ , мм	$d$ , мм	$L$ , мм	$n$ , об/мин	$S_o$ , мм/об
1	54	50	200	1000	0.32	6	43	40	55	1600	0.26
2	118	110	350	315	0.52	7	64	60	80	1000	0.34
3	80	75	130	800	0.43	8	37	35	45	2000	0.17
4	72	71	60	1250	0.21	9	158	150	480	250	0.61
5	90	82	150	630	0.57	10	142	140	75	500	0.28

#### План письменного отчета:

- 1 тема работы;
- 2 цель работы;
- 3 решение задач в соответствии с заданным вариантом;
- 4 вывод по работе.

#### Контрольные вопросы:

- 1 От каких факторов зависит назначение режима резания?
- 2 Какие параметры определяются при режиме резания?
- 3 От чего зависит скорость главного движения резания?
- 4 Как определить основное время точения?

## Практическая работа

### Тема: Выбор видов литья для получения изделий

**Цель:** Получение практических навыков выбора способа литья изделия

**Задание:**

**1 Вариант:** выбрать вид литья для изготовления стальной втулки, массой 70 кг, в количестве 200 шт/в месяц и описать параметры шероховатости и точности изготовления изделия по выбранному методу

**2 Вариант:** выбрать вид литья для изготовления чугунной крышки, массой 1 т в количестве 10 шт и описать параметры шероховатости и точности изготовления изделия по выбранному методу

**3 Вариант:** выбрать вид литья для изготовления бронзовой втулки, весом 12 кг, в количестве 300 шт/месяц и описать параметры шероховатости и точности изготовления изделия по выбранному методу

### Основные сведения

*Получение заготовок литьем.* Литье является одним из наиболее распространенных методов формообразования.

По сравнению с другими способами получения заготовок литье обладает рядом преимуществ: высокие коэффициенты использования металла и весовой точности; практически неограниченные габариты и масса отливок; возможность использования сплавов, не поддающихся пластическому деформированию.

Приблизительное соотношение материалов, применяемых для литья составляет: чугун - 80%; сталь - 15%; цветные сплавы - 5 %.

1 Для изготовления *отливок из чугуна* предусмотрены следующие *марки чугунов*:

- серый чугун (ГОСТ 1412–85): СЧ 12; СЧ 15; СЧ 18; СЧ 21; СЧ 24; СЧ 28; СЧ 32; СЧ35; СЧ 38;

- ковкий чугун (ГОСТ 1215–79): КЧ 30–6; КЧ 33–8; КЧ 35–10; КЧ 37–12; КЧ 45–6; КЧ 50–4; КЧ 56–4; КЧ 60–3; КЧ 63–2;

- высокопрочный чугун (ГОСТ 7293–85) ВЧ 45–0; ВЧ 50–1,5; ВЧ 60–2; ВЧ 45–5; ВЧ 40–10;

- антифрикционный чугун (ГОСТ 1585–85) АСЧ–1; АСЧ–2; АСЧ–3; АВЧ–1; АВЧ–2; АКЧ–1; АКЧ–2.

2 Для изготовления *отливок из стали* предусмотрены следующие *марки сталей* (ГОСТ 977–88):

- конструкционные нелегированные: 15Л; 20Л; 25Л; 30Л; 35Л; 40Л; 45Л; 50Л.

- конструкционные легированные: 20ГЛ; 35ГЛ; 20ГСЛ; 30ГСЛ; 20ФЛ; 20Г1ФЛ; 30ХГСФЛ; 45ФЛ; 32Х06Л; 40ХЛ; 20ХМЛ; 20ХМФЛ; 35ХМЛ; 30ХНМЛ; 35ХГСЛ; 35НГМЛ; 20ДХЛ.

- легированные со специальными свойствами: 20Х13Л; 15Х13Л; 15Х25ТЛ; 20Х5МЛ; 20Х8ВЛ.

3 Для изготовления *отливок из цветных металлов* предусмотрены следующие *марки*:

- алюминиевые литейные сплавы: АЛ1; АЛ2; АЛ3; АЛ3В; АЛ4; АЛ4В; АЛ5; АЛ6; Л7; АЛ7В; АЛ8; АЛ9; АЛ9В; АЛ10; АЛ10В; АЛ11; АЛ12; АЛ13; АЛ15В; АЛ16В; АЛ17В; АЛ18В.

- магниевые литейные: МЛ1; МЛ2; МЛ3; МЛ4; МЛ5; МЛ6.

- медно-цинковые сплавы (латуни) ЛА67-2,5; ЛАЖМц66-6-3-2; ЛАЖ60-1-1Л; ЛК80–3Л; ЛКС80-3-3; ЛМцС58-2-2; ЛМцОС58-2-22; ЛМцЖ55-3-1; ЛМцЖ52-4-1; ЛС59-1Л;

- бронзы: Бр.ОЦСН 3-7-5-1; Бр.ОЦС 3-12-5; Бр.ОЦС 5-5-5; Бр.ОЦС 6-6-3; Бр.ОЦС 4-4-17; Бр.ОЦС 3,5-6-5.

Отливки из черных и цветных металлов можно получить в песчаных, оболочковых и металлических формах, центробежным литьем, по выплавляемым и выжигаемым моделям и литьем под давлением. Точность литых заготовок находится в пределах 12 – 19-го квалитетов точности по ГОСТ 25347–82 и зависит от способа литья, формы и размеров отливок.

**1 Способ получения заготовок литьем в песчано-глинистые формы** вследствие своей универсальности применяется во всех типах производства. Этим способом производится около 80...85 % литых заготовок. Могут быть получены самые сложные отливки, практически неограниченных размеров. Отливки имеют

равномерную структуру и характеризуются хорошей обрабатываемостью резанием. Литейные уклоны составляют:  $1...3^{\circ}$  - для деревянных моделей,  $1...2^{\circ}$  - для металлических моделей при ручной формовке, при машинной –  $0,5...1^{\circ}$ . Минимальная толщина стенок отливки зависит от ее размеров и материала. Для чугунных отливок, имеющих габаритный размер до 250 мм, толщина стенок составляет 3 – 5 мм, а для стальных отливок – 5 – 8 мм.

**2 Способом литья в оболочковые формы** изготавливают сложные, повышенной точности заготовки из чугуна, стали и цветных металлов весом до 25...30 кг. Этот способ дает возможность получать стальные литые заготовки с толщиной стенок 3 – 5 мм и с литыми отверстиями диаметром до 8 мм и глубиной до 20 мм.

Мелкие и средние заготовки в единичном и мелкосерийном производстве отливают в формы, выполненные вручную в опоках по моделям и шаблонам.

Машинную формовку применяют в серийном и массовом производстве. При отливке небольшой партии заготовок (50 – 100 шт.) используют деревянные модели, а в значительной – металлические модели. К недостаткам этого способа относятся: большой расход металла и формовочных материалов, большие припуски на механическую обработку, большие производственные площади, большие капитальные затраты для создания нормальных условий труда, значительное количество брака.

**3 Литье в металлические формы (кокиль)** применяется для получения заготовок из черных и цветных металлов массой: чугунных от 10 г до 10 т, стальных от 0,5 кг до 4 т, из цветных металлов и сплавов – от 5 г до 500 кг. Этот вид литья отличается высокими механическими свойствами и равномерным мелкозернистым строением, а также большой точностью размеров и форм заготовки (12 – 15 квалитет); шероховатость поверхности их соответствует  $Ra\ 20...25$  мкм. Часто получают отливки, не требующие дальнейшей очистки и обработки.

**4 Центробежное литье.** Принцип получения этих заготовок состоит в том, что жидкий металл заливают в быстровращающуюся форму. Под действием центробежных сил металл отбрасывается к поверхности формы и затвердевает, принимая ее очертания. Полученные отливки обладают мелкозернистой структурой и повышенными механическими свойствами. Этим способом чаще всего

изготавливают заготовки, имеющие форму тел вращения. Путем центробежного литья можно изготавливать биметаллические заготовки как заливкой жидкого металла на твердую поверхность, так и последовательной заливкой жидких металлов. Точность стальных и чугунных заготовок соответствует 11 – 14 квалитетам точности, шероховатость поверхности  $Ra\ 40...25$  мкм. Формы изложницы, изготовленные из легированных сталей, позволяют получать до 2000 – 3000 отливок.

**5 Способом литья по выплавляемым моделям** (прецизионное, или точное) получают точные отливки сложной формы из труднообрабатываемых резанием материалов весом от 1 г до 500 кг, с толщиной стенок от 0,15 мм и длиной до 1 м и более. Минимально допустимый диаметр литого отверстия составляет 0,8 мм. Точность заготовок, полученных по выплавляемым моделям, соответствует 11 – 13 квалитетам, а шероховатость  $Ra\ 10...2,5$  мкм. Этот способ целесообразно применять главным образом в условиях крупносерийного производства.

**6 Способом литья под давлением** получают точные заготовки из цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Последующая механическая обработка таких заготовок либо совершенно исключается, либо сводится к выполнению отделочных операций. Литье под давлением используется и для получения деталей сложной конфигурации из жаропрочных и нержавеющей сталей. Точность заготовок соответствует 8 – 12 квалитетам точности, шероховатость поверхности  $Ra\ 5,0...0,63$ . Так как стойкость форм для литья под давлением весьма высокая, этот способ целесообразно применять только в массовом и крупносерийном производстве.

Характеристики рассмотренных способов получения заготовок отливкой приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Характеристика литых заготовок

Метод получения	Масса заготовки, т	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность выполнения, квалитет	Шероховатость $R_a$ , мкм	
Литье в разовые формы					
Литье в песчано-глинистые формы: - ручная формовка по деревянным моделям - машинная формовка - машинная формовка по металлическим моделям	До 100	чугун 3 – 5	IT 17	80 – 20	чугун спец спла
	До 10	сталь 5 – 8	IT 16 – 17	20 – 5	
	3 - 5	цветные сплавы 3 – 8	IT 14 – 16	20 – 5	
Литье по выплавляемым моделям	До 0,15	0,5	IT 11 – 12	10 – 2,5	сталь обра спла
Литье в оболочковые формы: Песчано-смоляные, химически твердеющие	До 0,15	сталь 3 – 5 алюминий 1 – 1,5	IT 13 – 14	10 – 2,5	чугун цвет
Литье в многократные формы					
Центробежное литье	0,01 – 1	5 – 6	IT 12 – 14	40 – 10	чугун цвет
Литье под давлением	До 0,1	0,5	IT 9 – 12	5,0 – 0,63	цвет
Литье в кокиль	7(чугун) 4(сталь) 0,5(цветные сплавы)	чугун 15, сталь 10	IT 12 – 15	20 – 2,5	чугун цвет

**Оформить письменный отчет по практической работе по плану:**

- 1 Тема
- 2 Цель
- 3 Задание
- 4 Описание выбранного материала и области его применения
- 5 Вывод по работе

**Контрольные вопросы**

- 1 Какие существуют основные способы литья металлов?
- 2 В чем преимущества литья по сравнению с обработкой металлов резанием?
- 3 Каковы преимущества литья в кокиль по сравнению с литьем в землю?



## **Практическая работа**

### **Тема: Выбор методов обработки детали**

**Цель:** подобрать метод обработки заданной детали

**Задание:** Выбрать и описать способ получения заданной детали:

**1 Вариант:** Шайба крепежная

**2 Вариант:** Кольцо подшипника

**3 Вариант:** Втулка

### **Основные сведения**

Благодаря пластичности металлов, проявляющейся при деформации в холодном или горячем состоянии, можно изменять форму исходной заготовки, полученной, естественно, каким либо другим методом. Относительно лёгкая обработка металлов давлением во многом определяет их широкое применение.

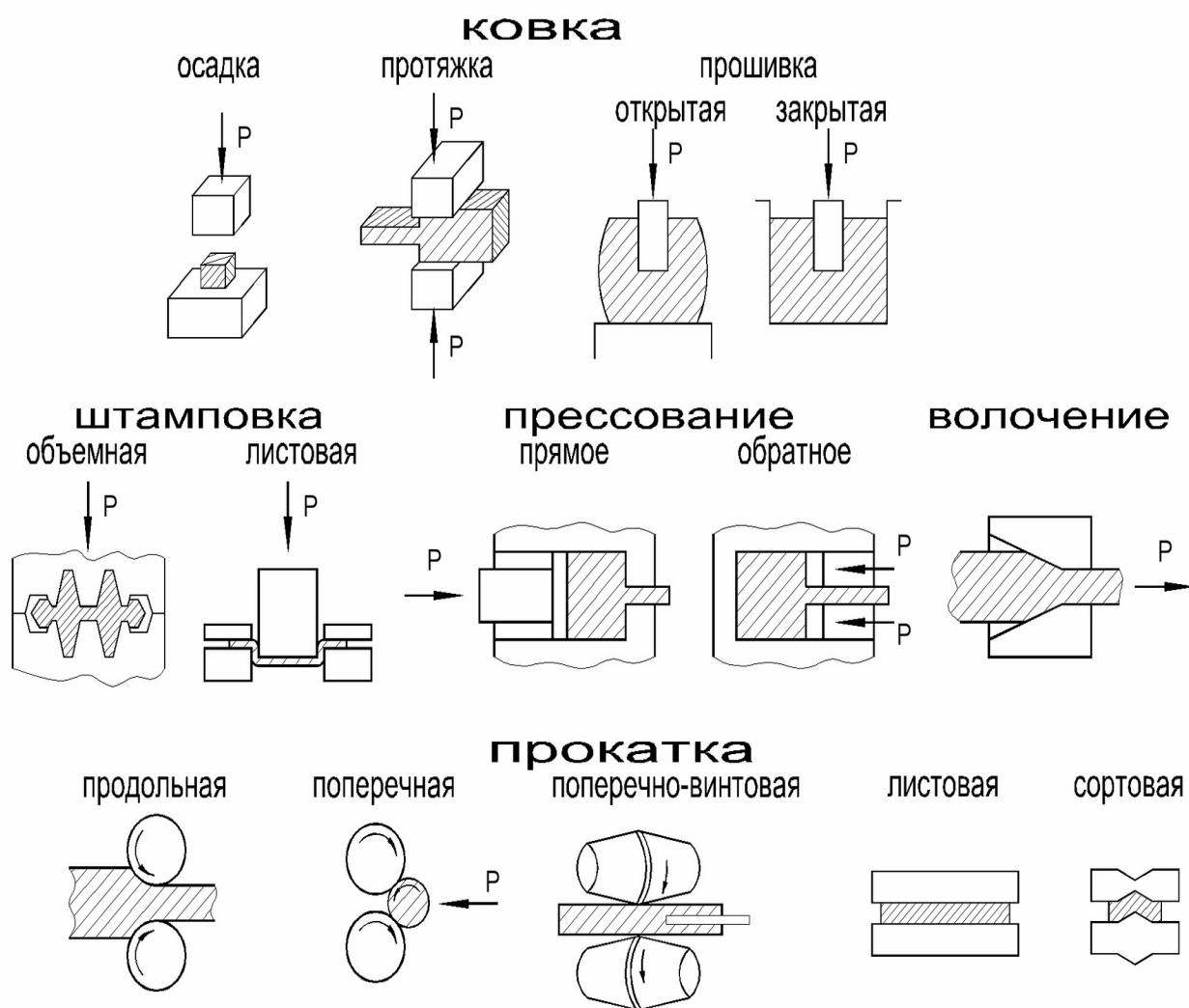
Обработка металлов давлением технологическое свойство настолько существенно, что когда-то даже было основой определения металла.

При пластической деформации металла происходит смещение атомных слоев друг относительно друга внутри кристаллов и смещение кристаллов относительно друг друга. Важной особенностью этого вида деформации является отсутствие разрушения. Конечно, разные металлы и их сплавы обладают различной способностью деформироваться без разрушения. Пластичность металлов оценивается величиной относительного удлинения стандартного образца при разрыве. Эта величина у пластичных металлов колеблется от 10 до 50 %. В настоящее время разработаны сверхпластичные сплавы, относительное удлинение которых при разрыве может достигать сотен процентов.

Обработка металлов давлением может осуществляться над сплавами, обладающих высокой пластичностью такими как: низкоуглеродистые стали, сплавы алюминия, меди (латуни), многие легированные стали.

Обработка металлов давлением в основном производят при их нагреве, т.к. при нагреве пластичность металлов существенно увеличивается. При нагреве кроме того существенно снижается прочность металлов, поэтому усилия для их деформирования значительно ниже, что позволяет применять более простое оборудование и инструмент.

Обработка металлов давлением может происходить несколькими методами, например: прокатка, прессование, волочение, ковка, штамповка.



Процессы обработки металлов давлением по назначению подразделяют на два вида:

- для получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине (прутков, проволоки, лент, листов), применяемых в строительных конструкциях или в качестве заготовок для последующего изготовления из них деталей — только обработкой резанием или с использованием предварительного пластического формоизменения, основными разновидностями таких процессов являются прокатка, прессование и волочение;

- для получения деталей или заготовок (полуфабрикатов), имеющих **приблизённо формы и размеры готовых деталей** и требующих обработки резанием лишь для придания им окончательных размеров и получения поверхности заданного качества; основными разновидностями таких процессов являются ковка и штамповка.

**Прокатка** - процесс пластического деформирования тел между вращающимися приводными валками.

**Прессование** заключается в продавливании заготовки, находящейся в замкнутой форме, через отверстие матрицы, причём форма и размеры поперечного сечения выдавленной части заготовки соответствуют форме и размерам отверстия матрицы.

**Волочение** заключается в протягивании заготовки через сужающуюся полость матрицы; площадь поперечного сечения заготовки уменьшается и получает форму поперечного сечения отверстия матрицы.

**Ковкой** изменяют форму и размеры заготовки путём последовательного воздействия универсальным инструментом (бойками) на отдельные участки нагретой **заготовки**.

**Штамповкой** изменяют форму и размеры заготовки с помощью специализированного инструмента — штампа (для каждой детали изготавливают свой штамп), который состоит из матрицы, пуансона и дополнительных частей. Различают объёмную и листовую штамповку.

При объёмной штамповке в качестве заготовки используют сортовой металл, разрезаемый на заготовки. На заготовку в процессе объёмной штамповки воздействуют специализированным инструментом — пуансоном, при этом металл заполняет полость матрицы, приобретая её форму и размеры.

Листовой штамповкой получают плоские и пространственные полые детали из заготовок, у которых толщина значительно меньше размеров в плане (лист, лента, полоса). Обычно заготовка деформируется с помощью пуансона и матрицы.

**Содержание письменного отчета:**

- 1 Тема
- 2 Цель
- 3 Задание
- 4 Описать способ получения детали с зарисовкой схемы процесса
- 5 Вывод по работе

**Контрольные вопросы:**

- 1 Классификация процессов обработки металлов давлением по назначению
- 2 Характеристика процессаковки
- 3 Характеристика процессаштамповки
- 4 Характеристика процесса волочения
- 5 Характеристика процесса прессования

## Список используемой литературы

- 1 Чумаченко Ю.Т. , Чумаченко Г.В. Материаловедение и слесарное дело: учебник — Москва: КноРус, 2016г. ЭБС.
- 2 Черепашин А.А. , Колтунов И.И. , Кузнецов В.А. Материаловедение: учебник — Москва: КноРус, 2015, 2016г. ЭБС
- 3 Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционные материалы: учебник для техникумов – СПб: Политехника, 2010 .
- 4 Материаловедение: метод. указания/Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост: З.А Лузянина, Е.В. Агафонова.— Новосибирск, 2012г. ЭБС БПТ
- 5 Моряков О.С. Материаловедение. – М.: «Академия», 2008. – 240 с.
- 6 Стерин И.С. Материаловедение – М.: Дрофа, 2009.