

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

**Колледж ВлГУ**

**Методические рекомендации к лабораторным работам**

по дисциплине «Материаловедение» » для студентов колледжа инновационных технологий и предпринимательства ВлГУ, обучающихся по специальности

15.02.08 «Технология машиностроения»

Владимир – 2017 г.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Лабораторная работа № 1. Свойства металлов и сплавов. ....             | 3  |
| Лабораторная работа № 2. Процесс кристаллизации веществ. ....          | 8  |
| Лабораторная работа № 3. Макроструктурный анализ металлов и сплавов. . | 12 |
| Лабораторная работа № 4. Микроструктурный анализ металлов и сплавов. . | 16 |
| Лабораторная работа №5. Термическая обработка. ....                    | 20 |
| Лабораторная работа № 6. Композиционные сплавы. ....                   | 24 |
| Лабораторная работа № 7. Маркировка металлов и сплавов. ....           | 28 |

## **Лабораторная работа № 1. Свойства металлов и сплавов. 4 часа**

**Цель работы** заключается в изучении физических и механических свойств металлов и сплавов и основных методов их определения.

### **Теоретическая часть**

Свойство материала – признак, составляющий его отличительную особенность. Свойства металлов разделяют на 5 групп: механические, физические, химические, технологические, эксплуатационные.

Под механическими свойствами понимают характеристики, определяющие поведение металла (или другого материала) под действием приложенных внешних сил.

К механическим свойствам относят прочность, твердость, пластичность и ударную вязкость.

Прочность – способность материала сопротивляться действию внешних сил не разрушаясь.

Твердость - способность материала сопротивляться внедрению в него другого более твердого тела.

Пластичность – способность металла деформироваться без разрушения под действием внешних сил и сохранять свою форму после прекращения действия сил, вызвавших деформацию. Свойство обратное упругости.

Ударная вязкость – способность материалов оказывать сопротивление действию ударных нагрузок.

### **Методы измерения твердости**

По характеру воздействия индикатора на поверхность испытуемого материала различают следующие методы измерения твердости:

- способ вдавливания, понимая под твердостью сопротивление вещества внедрению в него индентора (методы определения твердости по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу и др.);
- способ по отскоку наконечника – шарика, характеризующий упругие свойства материала (метод Шора);
- способ царапания поверхности характеризует сопротивление разрушению путем среза (метод Мооса).

### **Метод измерения твердости по Бринеллю**

Индентор (стальной закаленный шарик диаметром 2,5; 5,0; 7,5; 10 мм) под нагрузкой (750, 1000, 3000 кг) вдавливаются в испытуемый образец, расположенные на приборном столике прибора, время проведения испытаний составляет 30-40 с. Диаметр индентора и величина нагрузки назначается в зависимости от размеров образца и вида материала. Чем меньше полученная лунка – тем тверже материал.

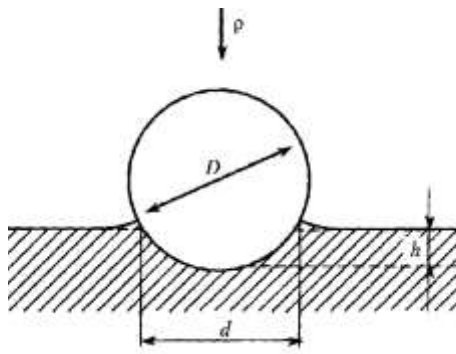


Рис.1. Определение твердости по Бринеллю

Число твердости по Бринеллю обозначается НВ и представляет отношение прилагаемой нагрузки  $P$  к площади отпечатка  $F$ :

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2 \cdot P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ кгс/мм}^2,$$

где  $D$  – диаметр индентора, мм;  $d$  – диаметр лунки, мм.

Основные требования при проведении испытаний следующие:

- высота образца должна быть в 10 раз больше глубины лунки;
- твердость индентора в 1,5 раза выше чем твердость испытываемого материала;
- максимальное число твердости, определяемое данным методом для черных сплавов 450, для цветных 200 единиц.

### Метод измерения твердости по Роквеллу

В испытуемый образец вдавливают стальной закаленный шарик ( $d=1,58\text{мм}$ ) или алмазный конус (с углом при вершине  $120^\circ$ ) под нагрузкой, назначаемой в зависимости от толщины и рода испытуемого материала (табл.1). За единицу твердости по Роквеллу принимают осевое перемещение индентора (рис.2) вглубь образца на 0,02 мм. Число твердости смотрят по шкале прибора. Обозначают твердость в зависимости от шкалы: HRB, HRA, HRC.

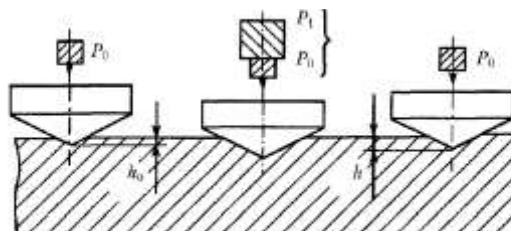


Рис.2. Определение твердости по Роквеллу.

Таблица 1. Условия испытаний по Роквеллу.

| Твердость, кгс/мм <sup>2</sup> | Толщина образца, мм | Шкала прибора | Обозначение твердости | Вид индентора             | Нагрузка, кгс |
|--------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|---------------|
| 60 – 240                       | 0,8-2 мм            | В             | HRB                   | Стальной закаленный шарик | 100           |
| 240 – 900                      |                     | С             | HRC                   | Алмазный конус            | 150           |
| 390 – 900                      |                     | А             | HRA                   | Алмазный конус            | 60            |

\* нагрузка на индентор складывается из двух последовательно прилагаемых нагрузок – предварительной 10 кгс и основной (по шкале В – 90 кгс, С – 140 кгс, А – 50 кгс.)

### Практическая часть

В данной работе необходимо определить из какого сплава изготовлены предложенные образцы на основании измеренных свойств: плотности, твердости и предела прочности, используя приложение 1.1.

Таблица 1.

| № п/п | Масса m, г | Объем V, см <sup>3</sup> | Плотность $\rho = m/V$ , г/см <sup>3</sup> | Твердость HRB, кгс/мм <sup>2</sup> |    |     |             | Твердость HB, кгс/мм <sup>2</sup> | Предел прочности $\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup> | Материал основы сплава |
|-------|------------|--------------------------|--|------------------------------------|----|-----|-------------|-----------------------------------|---|------------------------|
|       |            |                          |  | I                                  | II | III | Сред. знач. |                                   |   |                        |
| 1     |            |                          |  |                                    |    |     |             |                                   |   |                        |
| 2     |            |                          |  |                                    |    |     |             |                                   |   |                        |
| 3     |            |                          |  |                                    |    |     |             |                                   |   |                        |
| 4     |            |                          |  |                                    |    |     |             |                                   |   |                        |

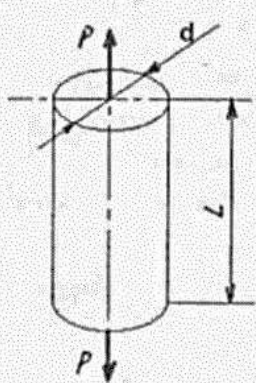
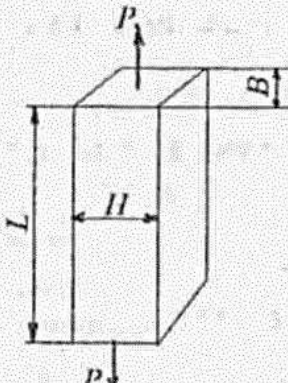
Предел прочности определяем по зависимости:  $\sigma_B = k \cdot HB$ , кгс/мм<sup>2</sup>

где  $HB$  – твердость по Бринеллю, кгс/мм<sup>2</sup>;  $k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от рода материала: катаная и кованая сталь – 0,36; литая сталь – 0,4; серый чугун – 0,1; медные сплавы – 0,55; алюминиевые сплавы – 0,37; цинковые сплавы – 0,5; титановые сплавы – 0,3; магниевые сплавы – 0,5.

Приложение 1.1.

| Вид металла или сплава | Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup> | Температура плавления, °С | Предел прочности на разрыв, кгс/мм <sup>2</sup> | Относительное удлинение, % | Твердость HB, кгс/мм <sup>2</sup> |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|-----------------------------------|
| Железо                 | 7,8                                  | 1539                      | 25-39   | 40-50                      | 80-90                             |
| Сталь углеродистая     | 7,8                                  | -                         | 30-70   | 10-30                      | 90-250                            |
| Сталь легированная     | -                                    | -                         | 70-160  | 25-50                      | 240-300                           |
| Чугун серый            | 6,8-7,7                              | -                         | 12-40   | -                          | 140-269                           |
| Чугун ковкий           | 7,2-7,3                              | -                         | 30-60   | 2-12                       | 163-269                           |
| Чугун высокопрочный    | 6,8-7,4                              | -                         | 42-100  | 2-14                       | 160-280                           |
| Алюминий               | 2,7                                  | 660                       | 5-12  | 10-25                      | 25-30                             |
| Сплавы алюминия        | 2,55-2,8                             | -                         | 15-60   | 2-8                        | 55-100                            |
| Медь                   | 8,9                                  | 1083                      | 22-45   | 4-60                       | 35-130                            |
| Латунь                 | 8,3-8,5                              | -                         | 20-70   | 4-30                       | 60-100                            |
| Бронза                 | 8,6-9,1                              | -                         | 30-60   | 5-20                       | 80-250                            |
| Магний                 | 1,73                                 | 651                       | 10-12   | 6-8                        | 30                                |
| Сплавы магния          | 1,76-1,99                            | -                         | 15-43   | 15-25                      | 35-75                             |
| Цинк                   | 7,133                                | 419,5                     | 20-25   | 40-50                      | 40-50                             |
| Сплавы цинка           |                                      | -                         |   |                            |                                   |
| Титан                  | 4,5                                  | 1665                      | 25-60   | 25-50                      | 80-140                            |
| Сплавы титана          | 4,4-4,9                              | -                         | 25-160  | 3-40                       | 210-370                           |

Требования, которым должны удовлетворять деформируемые  
металлические сплавы

| Номер<br>вари-<br>анта | Схема нагрузки<br>образца   | Диаметр<br>образца<br>при $L = 100$<br>мм, мм |           | Масса образца,<br>г | Нагрузка,<br>которую<br>должен<br>выдержать<br>образец,<br>кгс |
|------------------------|---|---|-----------|---------------------|--|
|                        |   | $d$   |           |                     |  |
| 1                      |   | 10  |           | Не более 65         | 4000   |
| 2                      |   | 10  |           | Менее 40            | 12000  |
| 3                      |   | 10  |           | Более 40            | 1200   |
| 4                      |   | 10  |           | Менее 25            | 4000   |
| 5                      |   | 10  |           | Не более 72         | 4000   |
| 6                      |   | 10  |           | Менее 25            | 2000   |
| 7                      |   | 10  |           | Более 40            | 4000   |
| 8                      |   | 10  |           | Не более 260        | 16000  |
| 9                      |   | 20  |           | Менее 160           | 48000  |
| 10                     |   | 20  |           | Более 160           | 48000  |
| 11                     |   | 20  |           | Менее 100           | 16000  |
| 12                     |   | 20  |           | Не более 290        | 16000  |
| 13                     |   | 20  |           | Менее 100           | 8000   |
|                        |   | В   | Н         |                     |  |
| 14                     |  | 8   | 10        | Не более 65         | 4000   |
| 15                     |   | 8   | 10        | Менее 40            | 12000  |
| 16                     |   | 8   | 10        | Более 40            | 12000  |
| 17                     |   | 8   | 10        | Менее 25            | 4000   |
| 18                     |   | 8   | 10        | Не более 72         | 4000   |
| 19                     |   | 8   | 10        | Менее 25            | 2000   |
| 20                     |   | 8   | 10        | Более 40            | 4000   |
| 21                     |   | 10  | 10        | Не более 260        | 16000  |
| 22                     |   | 10  | 10        | Менее 160           | 48000  |
| 23                     |   | 10  | 10        | Более 160           | 48000  |
| 24                     |   | 10  | 10        | Менее 100           | 16000  |
| 25                     |   | 10  | 10        | Не более 290        | 16000  |
| 26                     | 10  | 10  | Менее 100 | 8000                |  |

### **Контрольные вопросы**

1. Классификация свойств металлов и сплавов.
2. Классификация методов измерения твердости.
3. Что такое твердость?
4. Метод определения твердости по Бринеллю.
5. Метод определения твердости по Роквеллу.
6. Метод определения твердости по Виккерсу.
7. Метод определения твердости по Шору.
8. Соотношение чисел твердости.
9. Что такое предел прочности?
10. Методика определения предела прочности.
11. Что такое ударная вязкость?
12. Методика определения ударной вязкости.
13. Сравните следующие металлы по плотности: медь, железо, алюминий, цинк, магний, титан.
14. Сравните следующие металлы по температуре плавления: медь, железо, алюминий, цинк, магний, титан.

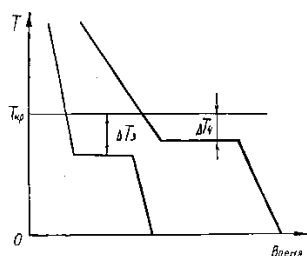
## Лабораторная работа № 2. Процесс кристаллизации веществ. 4 часа

**Цель работы:** изучить процесс затвердевания кристаллических веществ и установить взаимосвязь между структурой слитка и условиями процесса кристаллизации.

### Теоретическая часть

Различают первичную и вторичную кристаллизацию.

Переход из жидкого состояния в твердое называется первичной кристаллизацией. Вторичная кристаллизация (перекристаллизация) происходит в твердом состоянии. Рассмотрим процесс первичной кристаллизации более подробно и построим кривую охлаждения.



1-2 - охлаждение в жидком состоянии; 2 - из жидкости начинают выделяться кристаллы; 3 - вся жидкость закристаллизовалась; 3-4 - охлаждение в твердом состоянии.

Рис.1.

Разность между теоретической и практической температурами кристаллизации называется величиной или степенью переохлаждения.

Процесс кристаллизации состоит из двух элементарных процессов:

Первый процесс заключается в зарождении центров кристаллизации - зародышей, второй процесс состоит в росте кристаллов из этих центров.

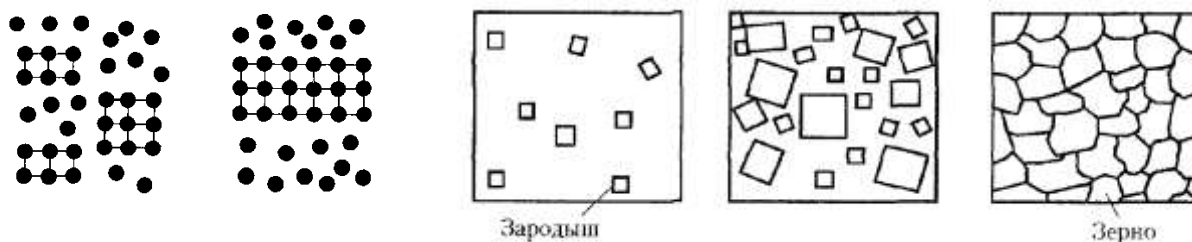


Рис. 2. Схема процесса кристаллизации.

Скорость охлаждения, количество центров кристаллизации и скорость роста вновь образующихся кристалликов определяют строение твердого вещества (кристаллическое, аморфное или стеклообразное).

Источником образования кристалликов часто являются твердые частицы (примеси), играющие роль готовых центров кристаллизации. Примеси, практически не изменяя химического состава, могут вызывать уменьшение размеров зерен, так как чем больше примесей, тем больше центров кристаллизации. Использование специально вводимых примесей



(модификаторов) для получения мелкого зерна называется модифицированием.

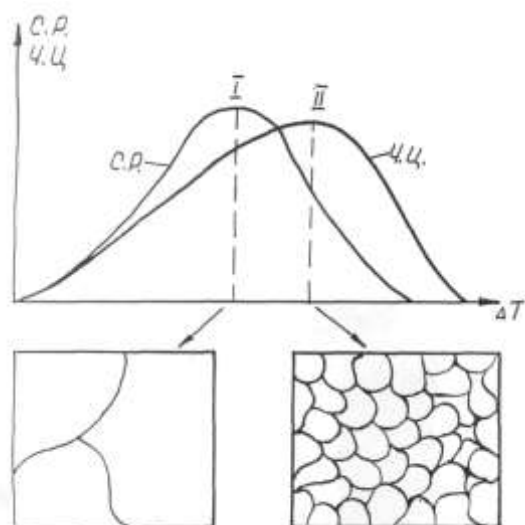


Рис. 3. Зависимости скорости зарождения центров кристаллизации (ч.ц.) и скорости роста кристаллов (с.р.) от степени переохлаждения.

### Структура слитка.

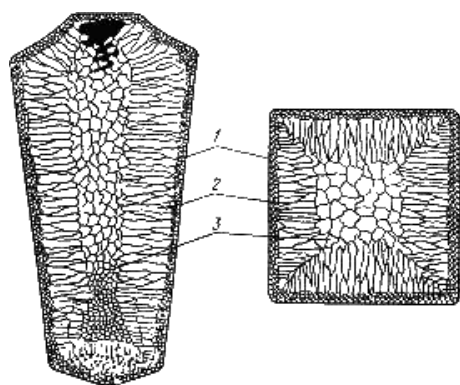


Рис. 4. Структура слитка:  
1 - мелкокристаллическая корочковая зона; 2 - зона столбчатых кристаллов; 3 - внутренняя зона крупных равноосных кристаллов.

Кристаллизация корочковой зоны (зона 1) идет в условиях максимального переохлаждения. Скорость кристаллизации определяется большим числом центров кристаллизации. Образуется мелкозернистая структура.

Жидкий металл под корочковой зоной находится в условиях меньшего переохлаждения. Число центров ограничено и процесс кристаллизации реализуется за счет их интенсивного роста до большого размера.

Рост кристаллов во второй зоне имеет направленный характер. Они растут перпендикулярно стенкам изложницы, образуются древовидные кристаллы — дендриты. Растут дендриты с направлением, близким к направлению теплоотвода.

Так как теплоотвод от незакристаллизовавшегося металла в середине слитка в разные стороны выравнивается, то в центральной зоне образуются крупные дендриты со случайной ориентацией.

## Практическая часть

Задание №1. Построить кривую охлаждения чистого металла, определить температуру кристаллизации и назвать вид металла.

Прибор для получения термо-временных параметров для построения кривой охлаждения (рис. \_\_\_) включает в себя следующие элементы:

1- тигель с расплавленным металлом; 2 – термопара; 3 – милливольтметр.

Рис. \_\_\_\_.

Показания прибора (термо-ЭДС) переводим в температуру с использованием градуировочной кривой (рис. \_\_\_\_).

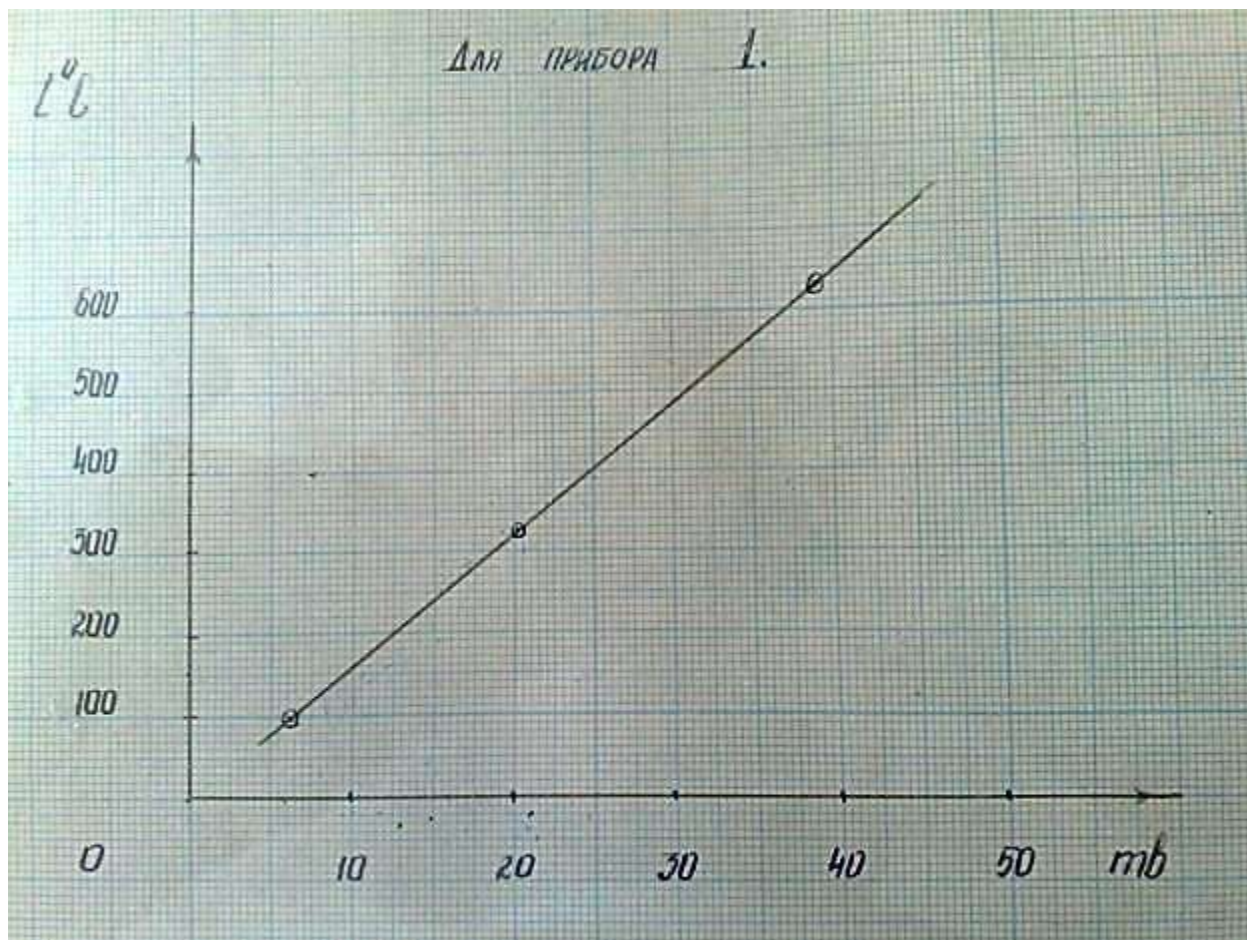


Рис. \_\_\_\_.

Таблица \_\_\_\_ . Экспериментальные данные для построения кривой охлаждения.

| Время $\tau$ , мин | Показания прибора, мВ | Температура $T$ , °С |
|--------------------|-----------------------|----------------------|
| 0                  |                       |                      |
| 0,5                |                       |                      |
| 1,0                |                       |                      |
| 1,5                |                       |                      |
| ...                |                       |                      |

Задание 2. Изучить структуру слитка и условия ее формирования.

Зарисовать предложенные слитки, сравнить и подробно описать механизм и условия их кристаллизации (скорость охлаждения, механизм образования и толщину зон при кристаллизации).

3. Построить кривую охлаждения сплава, обозначить фазовые составляющие (рис. \_\_\_\_)

На диаграммах состояния приняты следующие условные обозначения структурных составляющих:

### Контрольные вопросы

1. Что такое фаза и фазовое превращение?
2. Что такое диаграмма состояния?
3. Что такое кристаллизация? Виды кристаллизации.
4. Методика получения кривой охлаждения металла или сплава.
5. Что представляют собой моно- и поликристаллы?
6. Формирование структуры слитка.
7. Условия образования мелкозернистой структуры.
8. Полиморфизм и полиморфные превращения.
9. Модифицирование, модификаторы I и II рода.
10. Как влияет размер зерна на механические свойства металлов и сплавов?

### Лабораторная работа № 3. Макроструктурный анализ металлов и сплавов. 4 часа

**Цель работы:** ознакомиться с методикой проведения макроструктурного анализа, изучить характерные виды изломов, макроструктуру литой и деформированной стали на макрошлифах.

**Макроструктура** – структура материала, видимая невооруженным глазом или при небольшом увеличении (30-40 раз), например с помощью лупы.

#### **Макроскопический анализ применяют для выявления:**

Нарушения сплошности металла (поры, трещины);

Вида излома (вязкий, хрупкий, смешанный, усталостный, и т.д.);

Дендритного строения литого металла;

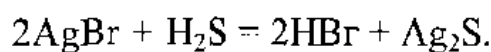
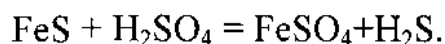
Химической неоднородности литого металла (ликвацию) и присутствия в нем грубых включений;

Неоднородности строения сплава, вызванной обработкой давлением (волокнистой структуры);

Структурной и химической неоднородности металла, созданной термической, термомеханической или химико-термической обработкой.

#### **Определение ликвации серы** (метод отпечатков (*метод Баумана*)).

На хорошо подготовленную поверхность накладывают фотографическую (бромосеребряную) бумагу, предварительно смоченную в течение 5-10 минут в 5%-ном растворе серной кислоты, и выдерживают 5-10 минут.



Сернистое серебро имеет темный цвет, темные участки указывают форму и характер распределения включений сульфидов в исследуемой стали (или чугуне). Снятую с макрошлифа фотобумагу промывают в воде, фиксируют 3 минуты в растворе гипосульфита, после чего снова промывают и сушат.

#### **Макроанализ изломов металлов**

По характеру разрушения различают два основных вида изломов - хрупкий и вязкий, также смешанный, в котором есть области вязкого и хрупкого разрушения.

Вязкий излом имеет обычно матовый волокнистый вид.

Хрупкий - кристаллический блестящий, так как разрушение металла в этом случае развивается по определенным кристаллографическим плоскостям скола (т.е. по границам зерен).

Появление вязкого излома менее опасно для службы изделия, так как отличается существенно большей энергоемкостью по сравнению с хрупким – изделие находится дольше в работе.

Специфический излом имеет излом металлов, полученный в результате многократного нагружения под действием повторно-переменных (циклических) напряжений, называемый усталостным изломом.

Усталостный излом состоит из:

1 - очага разрушения - места зарождения (очага) разрушения,

2 - зоны стабильного развития трещины (зоны усталости),

3 - зоны долома - участка развития трещины, связанного с окончательным разрушением.

Очаг разрушения обычно находится вблизи поверхности. В зоне усталости часто можно рассмотреть полосы, расходящиеся от очага разрушения - усталостные бороздки, отражающие последовательное положение растущей трещины. Скорость роста трещины невелика. Рост трещины продолжается до тех пор, пока сечение не окажется столь малым, что действующие в нем напряжения превысят разрушающие. При этом происходит быстрое разрушение, что и приводит к образованию зоны долома. Зона долома имеет структуру, характерную для хрупкого и вязкого разрушения в зависимости от природы материала.

**Определение неоднородности в структуре, созданной термической и химико-термической обработкой.**

Например: Определение толщины закаленного слоя (при закалке образец нагревают до высоких температур и резко охлаждают – при этом его структура изменяется и существенно повышается твердость). Чтобы проконтролировать результат закалки - закаленный образец ломают. Слой, получивший закалку, отличается по виду излома (более мелкозернистый). Более точно толщину закаленного слоя определяют после шлифования образца по излому (перпендикулярно оси) и травления в течение 3 мин в 50 %-ном растворе соляной кислоты при 80 °С. Закаленный слой получает более темную окраску.

**Методика определения балла пористости по М.В. Альтману**

Для определения газовой пористости темплеты, вырезанные из чушек, отливки или образцы, вырезанные из отливок, обрабатывают до шероховатости Ra не более 1,6 мкм. Макрошлиф готовят из темплетов последовательным шлифованием на шлифовальных шкурках различной

зернистости: 80-100 мкм, 40-50 мкм, 10-14 мкм, промывают проточной водой и просушивают фильтровальной бумагой. Для определения газовой пористости макрошлиф травят 10-15 %-м водным раствором едкого натра (NaOH) при температуре 60-80 °С. Макрошлиф погружают в реактив и выдерживают в течение 10-50 с (не выявляя макроструктуры), затем промывают проточной водой и просушивают фильтровальной бумагой. При необходимости осветления поверхности макрошлиф опускают в 20 %-й раствор азотной кислоты на 2-5 с, промывают проточной водой и просушивают фильтровальной бумагой.

Газовая пористость темплетов определяется на трех квадратах площадью 1 см<sup>2</sup> каждый (рис. 1). Количество пор и размер пор определяют как среднее арифметическое трех измерений.

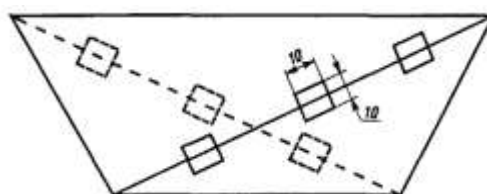


Рис. 1. Схема определения балла пористости.

Контроль пористости проводят визуально, невооруженным глазом. Для определения диаметра пор можно пользоваться оптическими приборами с увеличением до 10 раз. Шкала пористости по М.В. Альтману состоит из пяти эталонов (табл.1): балл 1 - мелкая пористость; балл 2 - пониженная пористость; балл 3 - средняя пористость; балл 4 - повышенная пористость; балл 5 - высокая пористость.

Таблица 1. Баллы пористости по М.В.Альтману

| Балл | Предельное число пор на 1 см <sup>2</sup> | Характеристика пор |                         | Характеристика металла       |
|------|---|--------------------|-------------------------|------------------------------|
|      |   | Ø мм, не более     | Примерное количество, % |                              |
| 1    | 5   | 0,1<br>0,2         | 90<br>10                | плотный                      |
| 2    | 10  | 0,1<br>0,2         | 80<br>20                | с незначительной пористостью |
| 3    | 15  | 0,3<br>0,5         | 80<br>20                | Средней пористости           |
| 4    | 20  | 0,5<br>1,0         | 70<br>30                | с повышенной пористостью     |

|   |    |                   |                |                          |
|---|----|-------------------|----------------|--------------------------|
| 5 | 25 | 0,5<br>1,0<br>1,0 | 60<br>30<br>10 | очень пористый<br>металл |
|---|----|-------------------|----------------|--------------------------|

### Практическая часть

1. Необходимо зарисовать и охарактеризовать основные виды изломов
2. Выявить, зарисовать и описать виды и возможные причины образования дефектов на предложенных деталях и отливках.
3. Определить балл пористости слитков из алюминиевого сплава.

### Контрольные вопросы

1. Что такое макроструктурный анализ?
2. Назначение макроструктурного анализа.
3. Методика подготовки макрошлифа.
4. Определение ликвации серы (метод Баумана).
5. Назовите и охарактеризуйте основные виды изломов.
6. Что представляет собой усталостный излом?
7. Что представляет собой хрупкий излом?
8. Что представляет собой вязкий излом?
9. Виды дефектов отливок.
10. Методика определения балла пористости.

## **Лабораторная работа № 4. Микроструктурный анализ металлов и сплавов. 6 часов**

**Цель работы:** ознакомиться с методикой проведения микроструктурного анализа, изучить технологию приготовления микрошлифов, ознакомиться с устройством металлографического микроскопа МИМ-7, посмотреть, как выглядят различные структурные составляющие сплавов: твердый раствор, механическая смесь, химическое соединение.

### **Теоретическая часть**

Микроструктура – структура материала, наблюдаемая с помощью оптического (2000-3000 раз) или электронного микроскопа (до 100000 раз).

Оптическая микроскопия позволяет наблюдать микроструктуру материала при общем увеличении до 2000-3000 раз, что дает возможность обнаружить элементы микроструктуры размером 0,2 мкм и более.

Изучаемые элементы – включения, размеры и форма зерен, их внутренние и внешние границы, объемные и поверхностные дефекты кристаллической решетки.

При микроанализе однофазных сплавов (обычно твердых растворов) и чистых металлов можно определять величину зерен и отметить существование дендритного строения.

Определение размеров зерен проводится либо методами количественной металлографии, либо путем сопоставления структуры с заранее составленными шкалами.

В многофазных сплавах с помощью микроанализа можно определить не только количество, форму и размеры включений отдельных фаз, но и их взаимное распределение.

Микроскопический анализ состоит из приготовления микрошлифов и исследования их под микроскопом. Приготовление микрошлифов складывается из:

- 1) выбора места на детали для вырезки образца;
- 2) отрезки и заторцовки шлифа;
- 3) шлифования;
- 4) полирования;
- 5) травления.

### **Изучение микроструктуры**

Изучение микроструктуры начинают с рассмотрения шлифа в нетравленном виде, т. е. после полирования и промывки. В этом случае в



поле зрения микроскопа можно заметить отдельные, обычно небольшие, темные участки. Они могут представлять: а) неметаллические включения; б) мелкие поры; в) структурные составляющие, характерные для некоторых сплавов (например, графит в сером чугуне).

Неметаллические включения в стали и чугуне, вследствие их большой хрупкости, могут частично или полностью выкрошиться при шлифовании и полировании. Кроме того, неметаллические включения обладают меньшей отражающей способностью, чем металлы. По этим причинам участки оксидов, сульфидов и силикатов кажутся в поле зрения микроскопа темными.

Количество и характер распределения неметаллических включений определяются сравнением вида наблюдаемой поверхности микрошлифа (обычно при увеличении в 100 раз) со специально разработанными шкалами включений.

Природа включений при микроанализе может быть установлена: 1) специальным травлением, вызывающим растворение или окрашивание включений; 2) наблюдением шлифа в поляризованном или ультрафиолетовом свете.

После просмотра шлиф подвергают **травлению**.

Зерна чистых металлов или твердых растворов имеют неодинаковую кристаллографическую ориентировку. Поэтому на приготовленную плоскость микрошлифа приходятся зерна, срезанные по разным кристаллографическим направлениям и имеющие в этих направлениях неодинаковые свойства. Если микрошлиф подвергнуть действию химически активной среды (растворов кислот, солей, щелочей и т. д.), то степень травимости отдельных зерен окажется различной. Световой поток, направленный через объектив на микрошлиф, отражается различно от разных зерен; на участках стыков зерен возникает значительное рассеяние, и отраженные лучи не попадают в поле зрения, поэтому по границам зерен возникают темные линии, которые и воспроизводят картину действительных стыков между зернами. Этот эффект в значительной степени возрастает также и потому, что по границам зерен сосредоточиваются многие примеси, имеющиеся в металле или сплаве; травимость по границам зерен вследствие образования гальванических пар увеличивается, и темные линии, указывающие на границы зерен, выступают весьма отчетливо.

В сплаве, имеющем две или несколько фаз, эти фазы могут различаться по величине электрохимического потенциала; поэтому зерна каждой фазы по-разному ведут себя при травлении. Вследствие наличия некоторого количества косых световых лучей выступающие фазы отбрасывают тень на более сильно протравленные и расположенные ниже фазы, в результате чего

образуются теневые картины. Этот эффект усиливается из-за рассеяния лучей, отраженных более глубоко расположенными и более сильно протравленными фазами.

Анализ осуществляется при помощи микроскопа – принцип работы - отражение света от поверхности образца. На рис.1 представлена оптическая схема микроскопа МИМ-7.

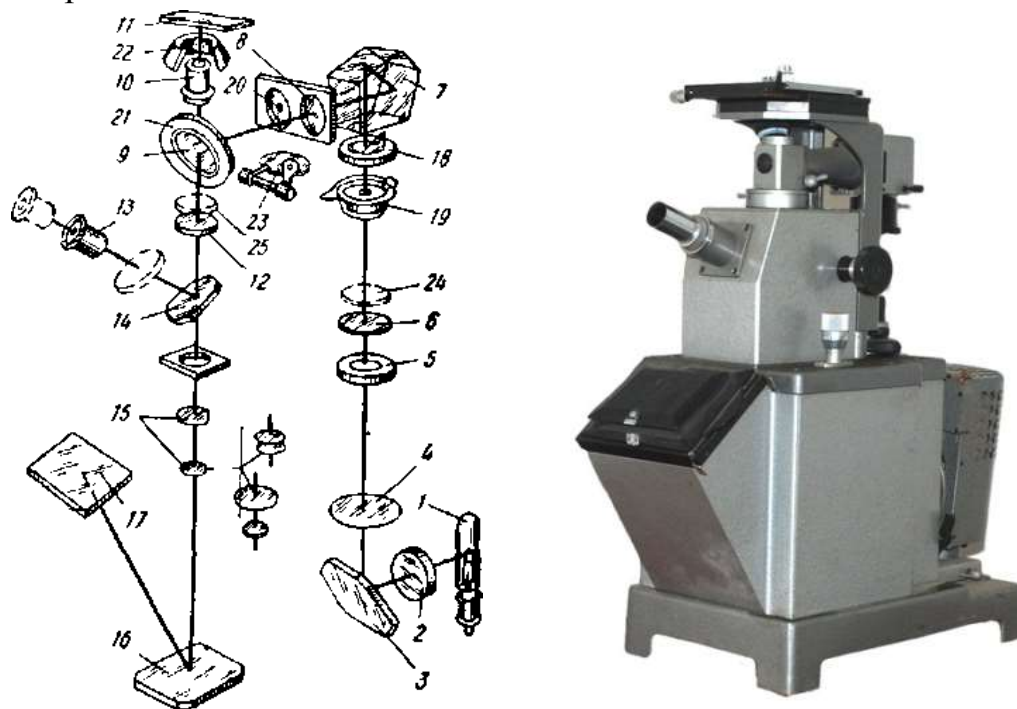


Рис. 1. Оптическая схема микроскопа МИМ-7: 1 - осветитель (лампа); 2 - коллектор; 3 - зеркало; 4 - линза; 5 - апертурная диафрагма; 6 - линза; 7 - призма; 8 - линза; 9 - отражательная пластинка; 10 - объектив; 11 - объект; 12 - ахроматическая линза; 13 - окуляр; 14 - зеркало; 15 - фотоокуляр; 16 - зеркало; 17 - фотопластинка; 18 - полевая диафрагма; 19 - затвор; 20 - линза для работы в темном поле; 21 - кольцевое зеркало; 22 - параболическое зеркало; 23 - заслонка (включается при работе в темном поле); 24 - поляризатор; 25 - анализатор.

## **Практическая часть**

1. Провести микроструктурный анализ черных металлов и сплавов, выделить различные структурные составляющие сплавов: твердый раствор, механическую смесь, химическое соединение.
2. Зарисовать схемы микроструктур и обозначить основные структурные составляющие следующих образцов: армко-железо, эвтектоидная сталь, легированная сталь, серый, ковкий и высокопрочный чугун, латунь, бронза.

## **Контрольные вопросы**

1. Что такое микроструктурный анализ?
2. Назначение микроструктурного анализа.
3. Методика подготовки микрошлифа.
4. Устройство и принцип работы металлографического микроскопа.
5. Что представляют собой основные структурные составляющие металлических сплавов: твердый раствор, механическая смесь, химическое соединение.
6. Что такое сталь? Виды сталей.
7. Что такое чугун? Виды чугунов.
8. Что такое латунь? Виды латуней.
9. Что такое бронза? Виды бронз.
10. Примеры маркировок черных и цветных металлов и сплавов.

## **Лабораторная работа №5. Термическая обработка. 4 часа**

**Цель работы:** изучить основные виды термической обработки, ознакомиться с их методикой проведения на примере стали 45.

### **Теоретическая часть**

Цель любого процесса термической обработки состоит в том, чтобы нагревом до определенной температуры и последующим охлаждением вызвать желаемое изменение строения металла, в результате которого изменятся и свойства. Проведение термической обработки (ТО) можно свести к трем этапам: нагрев, выдержка и охлаждение. Определяющими являются температура нагрева и скорость охлаждения.

Основные виды ТО – отжиг, нормализация, закалка, отпуск и старение. Каждый из указанных видов имеет несколько разновидностей.

Отжиг – нагрев металла до определенной температуры (в зависимости от вида) с последующим медленным охлаждением (вместе с печью или на воздухе). Различают 4 вида отжига:

1. Гомогенизирующий (диффузионный) отжиг. Состоит в нагреве изделия до высокой температуры (1100-1200 °С), выдержке при этой температуре и последующем охлаждении. Применяется для устранения крупнозернистой структуры и дендритной ликвации.

2. Полный отжиг. Заключается в нагреве стального изделия выше линии  $A_3$  или  $A_{ст}$  на 30-50 °С, выдержке, медленном охлаждении (вместе с печью). Применяется для изменения неблагоприятной структуры – структуру получаем мелкозернистую, вязкую и мягкую, внутренние напряжения снимаются полностью.

3. Неполный отжиг. Заключается в нагреве стали выше  $A_1$  (727 °С) на 30-50 °С, выдержке, медленном охлаждении. Применяется для получения мелкого зерна перлита, зерно феррита не изменяется. Способ более экономичный, чем полный отжиг, но возможен лишь в случае не очень крупного зерна исходной структуры. Внутренние напряжения также снимаются полностью.

4. Низкий отжиг. Заключается в нагреве ниже температуры  $A_1$  (727 °С), выдержке и медленном охлаждении. Фазовой перекристаллизации не происходит. Этот вид отжига служит для рекристаллизации наклепанного металла (рекристаллизационный отжиг). Внутренние напряжения также снимаются.

Нормализация – вид ТО, заключающийся в нагреве изделия выше линии  $A_3$  или  $A_{ст}$  на , 30-50 °С, выдержке и последующем охлаждении на воздухе.

Цель нормализации - получение более высокой твердости, чем при отжиге и снятие внутренних напряжений. Для низкоуглеродистых сталей особой разницы в свойствах при проведении полного отжига и нормализации не наблюдается – поэтому экономически выгоднее применять нормализацию. Для среднеуглеродистых нормализация дает большую твердость и заменить отжиг не может. Однако может применяться для неответственных деталей.

Закалка – заключается в нагреве стального изделия до аустенитного или аустенитно-карбидного состояния, выдержке и последующем быстром охлаждении в закалочных средах (вода, масло).

В зависимости от марки стали применяют полную (ПЗ) и неполную закалку (НПЗ). При ПЗ изделия нагревают выше линии  $A_3$  или  $A_{ст}$  на 30-50 °С, выдерживают из расчета 1 минута = 1 мм<sup>2</sup> сечения, быстро охлаждают в закалочных средах (вода или масло). При НПЗ изделие нагревают выше линии  $A_1$  на 30-50 °С, выдерживают из расчета 1 минута = 1 мм<sup>2</sup> сечения, быстро охлаждают в закалочных средах (вода или масло). Для доэвтектоидных сталей (до 0,8 % С) применяют полную закалку. Для заэвтектоидных (0,8-2,14% С) – неполную закалку.

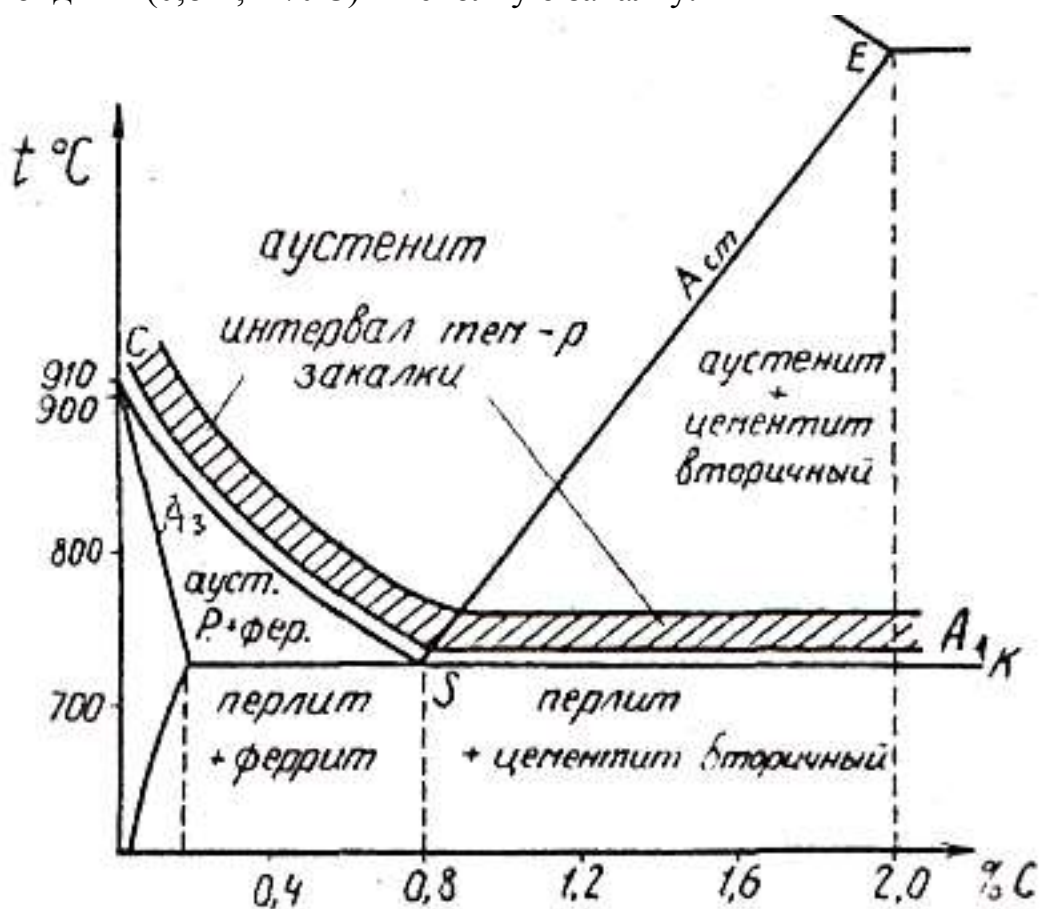


Рис.1.

При полной закалке доэвтектоидных сталей образуется мартенсит. Мартенсит – неравновесная фаза - многократно пересыщенный твердый раствор углерода в  $\alpha$  - железе, образующийся при резком переохлаждении аустенита (охлаждение со скоростями выше критических). Возникают сильнейшие искажения кристаллической решетки, дислокации блокируются почти полностью, атомы углерода «заклинены» внутри пересыщенного раствора, что превращает кристаллическую решетку из кубической в вытянутую тетрагональную, образуется игольчатая структура - мартенсит.

При неполной закалке заэвтектоидной стали нагрев осуществляется до аустенито-цементитной области, в результате термической обработки образуется мартенсито-цементитная структура. **С целью выделения зерен цементита округлой формы сталь предварительно подвергают отжигу.**

Прокаливаемость стали – способность закаливаться на определенную глубину. Прокаливаемость определяется глубиной проникновения мартенситной зоны. Для среднеуглеродистых сталей критический диаметр, который прокаливается насквозь составляет 12-15 мм. Чтобы повысить прокаливаемость стали нужно повысить температуру нагрева под закалку и вводить легирующие элементы.

Закалка стали сопровождается увеличением объема, что вызывает появление значительных внутренних напряжений, которые могут вызывать коробление изделий и появление трещин. Поэтому закаленные изделия всегда подвергают отпуску. Двойная операция (закалка с высоким отпуском) называется улучшением, так как после такой термической обработки сталь приобретает наиболее благоприятное сочетание механических свойств: высокую вязкость и пластичность.

Различают 3 вида отпуска: низкий, средний, высокий.

Низкий отпуск производится путем нагрева закаленного изделия до температуры 150-200 °С. Этот вид отпуска служит для частичного снятия внутренних напряжений без заметного снижения твердости. Иглы мартенсита сглаживаются. Применяется для режущего инструмента.

Средний отпуск – при 250-500 °С. Происходит образование трооститной структуры (высокодисперсная смесь феррита и цементита, которая обладает высокой прочностью и пластичностью. Применяется для изготовления рессор и пружин.

Высокий отпуск – при 500-600 °С (вблизи линии  $A_1$  ). Происходит образование сорбита (смесь феррита и цементита, но грубого строения), который характеризуется высокой вязкостью. Применяют для деталей, работающих в условиях ударного нагружения. Снимаются внутренние напряжения, твердость частично понижается.

### Практическая часть

1. Выполнить следующие виды термической обработки стали 45: полный отжиг, нормализацию, полную закалку.
2. Определить твердость и микроструктуру стали до и после термической обработки (табл.1).

Таблица 1. Термическая обработка стали 45.

| Вид ТО         | Температура T, °C | Время выдержки в печи $\tau$ , мин | Охлаждающая среда | Твердость стали 45 до ТО HRC, кгс/мм <sup>2</sup> | Микроструктура стали 45 до ТО | Твердость стали 45 после ТО HRC, кгс/мм <sup>2</sup> | Микроструктура стали 45 после ТО |
|----------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|--|----------------------------------|
| Полная закалка |                   |                                    |                   |   |                               |  |                                  |
| Нормализация   |                   |                                    |                   |   |                               |  |                                  |
| Полный отжиг   |                   |                                    |                   |   |                               |  |                                  |

### Контрольные вопросы

1. Что такое термическая обработка?
2. Виды термической обработки сталей.
3. Методика проведения, виды и назначение отжига.
4. Методика проведения и назначение нормализации.
5. Методика проведения, виды и назначение закалки.
6. Методика проведения, виды и назначение отпуска.
7. Что представляют собой мартенсит, троостит, сорбит?
8. Как определить температуры нагрева стали при проведении отжига, нормализации, закалки и отпуска?
9. Виды химико-термической обработки.
10. Виды термо-механической обработки.
11. Что представляет собой операция улучшение?

## **Лабораторная работа № 6. Композиционные сплавы. 4 часа**

**Цель работы:** изучить состав, структуру, основные свойства металлических и полимерных композиционных материалов и ознакомиться с технологией их получения.

### **Теоретическая часть**

Композиционные материалы (КМ) – сложные материалы, состоящие из двух или более компонентов, сильно отличающихся по свойствам нерастворимые или малорастворимые один в другом компоненты, разделенные в материале ярко выраженной границей.

Комбинирование различных веществ – основной способ создания новых материалов, свойства которых и количественно и качественно отличаются от свойств каждого из составляющих его веществ. Таким образом, КМ позволяет иметь заданное сочетание разнородных свойств: высокой удельной прочности и жесткости, жаропрочности, износостойкости, теплозащитных свойств и др.

КМ состоят из сравнительно пластичного материала – основы (матрицы) и более твердых, прочных компонентов – наполнителей. Основа (матрица) – компонент, обладающий непрерывностью по всему объему материала. Наполнители (упрочнители) – усиливающий (армирующий) компонент, прерывный, распределенный особым образом в объеме композиции.

Свойства КМ зависят от свойств основы, наполнителей и прочности связей между ними. В зависимости от материала основы различают КМ:

- с металлической матрицей (МКМ);
- с полимерной матрицей (ПКМ);
- с керамической матрицей (ККМ).

В зависимости от формы наполнителя композиты делят на:

- дисперсно-упрочненные (вводят мелкие, частицы карбидов, оксидов, нитридов и др. ),
- волокнистые (вводят разные волокна: нити, ленты, сетки и др.),
- слоистые (набираются из чередующихся слоев наполнителя и матричного материала (типа «сэндвич»)).

Одним из направлений в области создания композиционных материалов является армирование матричных сплавов дисперсной фазой в виде частиц оксидов, нитридов, карбидов, боридов и тугоплавких металлов. Из всех жидкофазных способов получения таких материалов наибольшее распространение в настоящее время получил метод механического



замешивания, основанный на введении указанных тугоплавких дисперсных частиц (1-400 мкм) в жидкометаллическую ванну с одновременным интенсивным перемешиванием с помощью специальных устройств. Свойства литых композиций, армированных тугоплавкими частицами, определяются не только природой, объемной долей и формой частиц и их взаимодействием с матрицей, но и такими технологическими факторами, как режимы замешивания, соотношение объемов твердой и жидкой фаз в процессе замешивания, вид подготовки частиц перед введением в расплав и т.д. Одним из основных условий получения КМ является обеспечение смачивания матричным расплавом вводимой дисперсной фазы. Для улучшения смачиваемости повышают температуру расплава и частиц, легируют матрицу поверхностно-активными добавками, проводят предварительную обработку частиц.

В последние годы активно ведутся исследования по разработке таких жидкофазных технологий получения КМ, в которых армирование матрицы осуществляется не вводом упрочнителей извне, а за счет синтеза эндогенных фаз в объеме матричного сплава при протекании контролируемых химических реакций между предварительно введенными компонентами (*in-situ*-процесс). Композиты, полученные в таких процессах, обладают максимальным уровнем связей на поверхности раздела «наполнитель-матрица» благодаря близкому решеточному соответствию контактирующих фаз, термической стабильностью, лучшим распределением и дисперсностью наполнителя, что в итоге обеспечивает более высокие механические и эксплуатационные свойства. Размеры новых фаз можно регулировать путем выбора режимов совмещения компонентов, участвующих в реакциях *in-situ*, их формы и объемного содержания. Кроме того, процесс *in-situ* позволяет вводить в матрицу высокодисперсные (в том числе наноразмерные) экзогенные армирующие компоненты, которые невозможно ввести механическим замешиванием. Отпадает необходимость применения специального оборудования, что значительно упрощает и удешевляет технологию изготовления композиционного материала.

В настоящее время получил развитие новый класс композиционных материалов, известный как функционально-армированный или градиентный композиционный материал (ГКМ). В ГКМ такие специальные свойства, как высокая твердость, износостойкость, повышенная ударная вязкость, уменьшенная склонность к трещинообразованию, низкий коэффициент термического расширения, могут быть получены в заданных локальных зонах изделия. Создание ГКМ может осуществляться методами порошковой металлургии, пропитки матрицы с градиентной пористостью жидким

металлом, термической и термохимической обработкой поверхности, нанесением пленок и покрытий. Одним из уникальных способов создания литых заготовок с градиентной структурой, у которых за счет регулируемого осаждения частиц в жидкометаллической суспензии могут быть организованы поверхностные зоны с повышенной концентрацией армирующих частиц, является центробежное литье. Использование методов центробежного литья для получения анизотропных слоистых и градиентных КМ является решением многих проблем литья композиций и получения отливок с заданной структурой и свойствами.

### Практическая часть

1. Изучить микроструктуру металлических композиционных материалов на базе алюминиевого сплава АК12 с различными наполнителями. Зарисовать схемы микроструктур с обозначением основных структурных составляющих.

2. Изучить состав и свойства полимерных композиционных материалов на базе полиуретанового компаунда АДВ 13-2. Определить твердость образцов методом Бринелля, установить взаимосвязь твердости с видом и количеством наполнителя (табл.1.).

Таблица 1. Изучение свойств полимерных композиционных материалов с различными наполнителями.

| Вид полимерного композиционного материала |                      | Нагрузка, кгс | Диаметр индентора, мм | Диаметр лунки d, мм | Твердость НВ, кгс/мм <sup>2</sup> |
|---|----------------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Материал основы                           | Материал наполнителя |               |                       |                     |                                   |
|   |                      |               |                       |                     |                                   |
|   |                      |               |                       |                     |                                   |
|   |                      |               |                       |                     |                                   |
|   |                      |               |                       |                     |                                   |
|   |                      |               |                       |                     |                                   |
|   |                      |               |                       |                     |                                   |
|   |                      |               |                       |                     |                                   |

## **Контрольные вопросы**

1. Что такое композиционный материал?
2. Что представляют собой основа (матрица) и наполнители в композиционных материалах?
3. Классификация композиционных материалов в зависимости от вида основ и наполнителей.
4. Металлические композиционные материалы. Виды основ и наполнителей. Область применения.
5. Керамические композиционные материалы. Виды основ и наполнителей. Область применения.
6. Полимерные композиционные материалы. Виды основ и наполнителей. Область применения.
7. Слоистые металло-полимерные композиционные материалы. Область применения.
8. Методика определения твердости полимерных композиционных материалов.
9. Градиентные композиционные материалы. Область применения.
10. Методика получения композиционных материалов.

## **Лабораторная работа № 7. Черные и цветные металлы и сплавы.**

### **Маркировка металлов и сплавов. 4 часа**

**Цель работы:** ознакомиться с основными принципами маркировки черных и цветных металлов и сплавов, изучить области применения сплавов.

#### **Теоретическая часть**

### **1. Маркировка черных сплавов**

#### **Маркировка углеродистых сталей**

Углеродистые конструкционные стали по качеству (в зависимости от содержания вредных примесей) подразделяют на две группы: обыкновенного качества и качественные. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества (содержащие повышенное количество вредных примесей и др.) применяются для металлических конструкций и неотчетственных деталей машин, поставляются по ГОСТ 380-71. В зависимости от способа раскисления могут быть спокойными (сп), полуспокойными (пс) и кипящими (кп). Допускается в спокойных сталях буквы (сп) не писать. Цифра (0-6) обозначает номер стали и не соответствует содержанию углерода, но с увеличением номера содержание углерода и прочностные характеристики растут.

Примеры маркировки: 1) Ст3 - спокойная углеродистая сталь обыкновенного качества (0,14-0,22% С); 2) Ст3кп - кипящая углеродистая сталь обыкновенного качества.

Качественные углеродистые конструкционные стали применяются для металлических конструкций и более ответственных деталей машин, поставляются по ГОСТ 1050-74. Цифры (05-65) обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Стали с содержанием углерода до 0,25% могут поставляться спокойными (сп), полуспокойными (пс) и кипящими (кп). Стали с содержанием углерода больше 0,25% поставляются только спокойными. Буква "Г" обозначает, что сталь имеет повышенное содержание марганца (до 1,2%). Буква Л в конце марки обозначает, что сталь в литом состоянии.

Примеры маркировки: 1) Сталь 15кп - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием 0,15% углерода, кипящая; 2) Сталь 30Л - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,30%, спокойная, применяется для деталей получаемых методом литья; 3) Сталь 30Г - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,30%, спокойная, содержащая повышенное количество марганца.

## **Маркировка легированных сталей**

Конструкционные легированные стали обладают высокой конструктивной прочностью. Легирование позволяет повысить уровень механических свойств и глубину прокаливаемости. Конструкционные легированные стали применяются для ответственных деталей машин и металлических конструкций, поставляются по ГОСТ 1050-74. Принята буквенно-цифровая система маркировки легированных сталей. Первые две цифры обозначают массовую долю углерода в сотых долях процента. Если в начале марки цифр нет, то содержание углерода около 1%. Основные легирующие элементы обозначают буквами (табл. \_\_\_\_\_), цифра после буквы обозначает среднюю массовую долю легирующего элемента в целых единицах, отсутствие цифры означает что в марке содержится до 1,5 % данного легирующего элемента. Буква "А" в конце марки указывает, что сталь относится к категории высококачественных (ЗОХГСА), если та же буква в середине марки - то сталь легирована азотом (16Г2АФ), а в начале марки буква "А" указывает на то, что сталь автоматная повышенной обрабатываемости резанием (А35Г2). Индекс "АС" в начале марки указывает, что сталь автоматная со свинцом.

Примеры маркировки: 1) 45ХН2МФ - конструкционная сталь, содержащая: 0,42-0,50%С; 0,5-0,8% Мп; 0,8-1,0 % Сг; 1,3-1,8 % Ni; 0,2-0,3 % Мо; и 0,10-0,18 % V. 2) Г13 - конструкционная сталь, содержащая: 1% С, 13% Мп.

## **Маркировка шарикоподшипниковых сталей**

Шарикоподшипниковые стали применяются для деталей шарикоподшипников (шариков, роликов, колец). Обозначаются буквой Ш - шарикоподшипниковая, Х - хромистая и цифрой, указывающей содержание хрома в десятых долях процента. Содержание углерода в подшипниковых сталях составляет около 1%. С увеличением содержания хрома и легирующих элементов увеличивается глубина прокаливаемости, т.е. увеличивается возможность изготовления из них деталей большего размера. Поставляется по ГОСТ 801-78.

Примеры маркировки: 1) ШХ6 - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1% углерода и 0,6% хрома; 2) ШХ15СГ - шарикоподшипниковая сталь; содержащая 1% углерода, 1,5% хрома, кремния и марганца до 1%.

## **Маркировка углеродистых сталей**

Углеродистые инструментальные стали применяются для различных инструментов, но имеют недостаточно высокую температуру

красностойкости (200°C). Обозначаются буквой У (углеродистая) и числом, обозначающим содержание углерода в десятых долях процента. Буква А в конце марки обозначает, что сталь высококачественная, т.е. имеет очень низкое содержание вредных примесей (S и P). Если в конце марки буквы не стоит, то сталь качественная. Углеродистая инструментальная сталь изготавливается по ГОСТ 1435-74.

Примеры маркировки: 1) У8 - качественная углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода 0,8%; 20 У12А - высококачественная углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода 1,2%.

### **Маркировка углеродистые легированные стали**

Легирование углеродистых сталей позволяет повысить прокаливаемость. Поставляются эти стали по ГОСТ 5980-73. Первое число показывает содержание углерода в десятых долях процента. Буквы и цифры за ними обозначают легирующие элементы, так же, как в легированных конструкционных сталях.

Примеры маркировки: 7ХФ - углеродистая легированная инструментальная сталь с содержанием 0,7% углерода и менее 1% хрома и ванадия.

### **Маркировка быстрорежущих сталей**

Применение быстрорежущих сталей для режущего инструмента позволяет повысить скорость резания в несколько раз, а стойкость инструмента - в десятки раз. Главной отличительной особенностью быстрорежущих сталей является их высокая красностойкость (600-700°C) при наличии высокой твердости (63-70 HRC) и износостойкости инструмента. Поставляются быстрорежущие стали по ГОСТ 19265-73. В марках быстрорежущих сталей вначале приводят букву "Р", за ней следует цифра указывающая содержание вольфрама. Во всех быстрорежущих сталях содержится около 4%Сг, но в обозначении марки буквы "Х" нет. Ванадий обозначается в марке стали, если его содержание более 2,0%. Содержание углерода в маркировке не указывается. Обычно его содержится 0,7-1,2%.

Примеры маркировки: 1) Р18 - быстрорежущая сталь состава: 0,7-0,8% С; 3,8-4,4% Сг; 17,0 - 18,5% V; 1,0 - 1,4% V; 2) Р6М5Ф3 - быстрорежущая сталь состава: 0,95-1,05% С; 3,8-4,4% Cr ; 5,5-6% W; 4,6-5,2% Мо ; 1,8-2,4 % V.

Таблица 1. Обозначения элементов в марках металлов и сплавов.

| Элемент   | Символ | Обозначение элементов в марках металлов и сплавов |         | Элемент   | Символ | Обозначение элементов в марках металлов и сплавов |         |
|-----------|--------|---|---------|-----------|--------|---|---------|
|           |        | черные  | цветные |           |        | черные  | цветные |
| Азот      | N      | А   | -       | Неодим    | Nd     | -   | Нм      |
| Алюминий  | Al     | Ю   | А       | Никель    | Ni     | -   | Н       |
| Барий     | Ba     | -   | Бр      | Ниобий    | Nb     | Б   | Нп      |
| Бериллий  | Be     | Л   | -       | Олово     | Sn     | -   | О       |
| Бор       | B      | Р   | -       | Осмий     | Os     | -   | Ос      |
| Ванадий   | V      | Ф   | Вам     | Палладий  | Pd     | -   | Пд      |
| Висмут    | Bi     | Ви  | Ви      | Платина   | Pt     | -   | Пл      |
| Вольфрам  | W      | В   | -       | Празеодим | Pr     | -   | Пр      |
| Гадолиний | Gd     | -   | Гн      | Рений     | Re     | -   | Ре      |
| Галлий    | Ga     | Ги  | Ги      | Родий     | Rh     | -   | Rg      |
| Гафний    | Hf     | -   | Гф      | Ртуть     | Hg     | -   | Р       |
| Германий  | Ge     | -   | Г       | Рутений   | Ru     | -   | Ру      |
| Гольмий   | Ho     | -   | ГОМ     | Самарий   | Sm     | -   | Сам     |
| Диспрозий | Dy     | -   | ДИМ     | Свинец    | Pb     | -   | С       |
| Европий   | Eu     | -   | Ев      | Селен     | Se     | К   | СТ      |
| Железо    | Fe     | -   | Ж       | Серебро   | Ag     | -   | Ср      |
| Золото    | Au     | -   | Зл      | Скандий   | Sc     | -   | Скм     |
| Индий     | In     | -   | Ин      | Сурьма    | Sb     | -   | Су      |
| Иридий    | Ir     | -   | И       | Таллий    | Tl     | -   | Тл      |
| Иттербий  | Yb     | -   | ИТН     | Тантал    | Ta     | -   | ТТ      |
| Иттрий    | Y      | -   | ИМ      | Теллур    | Te     | -   | Т       |
| Кадмий    | Cd     | Кд  | Кд      | Тербий    | Tb     | -   | Том     |
| Кобальт   | Co     | К   | К       | Титан     | Ti     | Т   | ТПД     |
| Кремний   | Si     | С   | Кр (К)  | Тулий     | Tm     | -   | ТУМ     |
| Лантан    | La     | -   | Ла      | Углерод   | C      | У   | -       |
| Литий     | Li     | -   | Лэ      | Фосфор    | P      | П   | Ф       |
| Лютеций   | Lu     | -   | Люн     | Хром      | Cr     | Х   | Х (Хр)  |
| Магний    | Mg     | Ш   | Мг      | Церий     | Ce     | -   | Се      |
| Марганец  | Mn     | Г   | Мц (Мр) | Цинк      | Zn     | -   | Ц       |
| Медь      | Cu     | Д   | М       | Цирконий  | Zr     | Ц   | ЦЭВ     |
| Молибден  | Mo     | М   | -       | Эрбий     | Er     | -   | Эрм     |

## Маркировка литейных чугунов

Чугуны в отличие от стали имеют более высокое содержание углерода, обладают низкой способностью к пластической деформации и высокими литейными свойствами, поэтому используются для отливок. Чугун маркируется буквами и цифрами, характеризующими величину временного сопротивления при испытаниях на растяжение. Поставляются чугуны - серый по ГОСТ 1412-85, высокопрочный - ГОСТ 7293-85, ковкий по ГОСТ 1215-79.

Примеры маркировки: 1) СЧ10 - серый чугун с пластинчатым графитом, временное сопротивление при испытаниях на растяжение 100 МПа; 2) ВЧ35 - высокопрочный чугун с шаровидным графитом, временное сопротивление растяжению 350 МПа; 3) КЧ33-8 - ковкий чугун с хлопьевидным графитом, временное сопротивление растяжению 330 МПа, относительное удлинение 8% .

## 2. Маркировка цветных сплавов

### Маркировка медных сплавов

**Латуни** - двойные или многокомпонентные сплавы меди, где основным легирующим элементом является цинк. Сплавы обозначают начальной буквой Л - латунь, после чего следуют первые буквы основных элементов, образующих сплав (табл.\_\_\_\_). После букв следуют цифры, указывающие содержание легирующих элементов в целых процентах. В латунях не указывается содержание цинка (цинк-остальное).

Примеры маркировки: 1) Л62 - латунь содержащая меди 62%, остальное - цинк; 2) ЛЖМц59-1-1 - латунь, содержащая 59% Cu, 1% Fe , 1% Mn, остальное цинк.

**Бронзы** - сплавы меди с другими элементами (алюминием, свинцом, бериллием, кремнием и т.д.). Элементы обозначаются такими же буквами, как в латуни (табл.\_\_\_\_). Бронзы маркируют буквами Бр, цифры за буквами указывают содержание легирующих элементов. В бронзах не указывается содержание меди. Основные свойства бронз - высокая коррозионная стойкость, хорошие литейные и износостойкие свойства. Поставляются бронзы по ГОСТ 5017-74, ГОСТ 613-79, ГОСТ 1320-74.

Примеры маркировки: 1) БрБ2 -бериллиевая бронза содержащая 2% бериллия остальное -медь; 2) БрА9Ж4Л - алюминиевожелезистая бронза, содержащая 9% Al. ,4% Fe, остальное - медь. Некоторые бронзы имеют специальные названия: БрН20 - мельхиор (20% Ni , 80% Cu), БрН40 - константан (40% Ni , 60% Cu).



### **Маркировка алюминиевых сплавов**

Сплавы на основе алюминия широко применяются в качестве конструкционных материалов. Сплавы на основе алюминия бывают деформируемыми и литейными. Основной легирующий элемент литейных сплавов - кремний (Si) и называются они силуминами. Деформируемые сплавы бывают ковкими - обозначаются (АК) и обработанные прокаткой или волочением дуралюмины (Д). В маркировке сплава после букв следует условный номер сплава. Поставляются алюминиевые сплавы по ГОСТ 4784-74 и ГОСТ 2685-75.

Примеры маркировки: 1) АК12 - литейный алюминиевый сплав силумин; 2) Д16 - деформируемый алюминиевый сплав дуралюмин; 3) АК5 - деформируемый алюминиевый сплав дляковки (алюминий ковочный).

### **Маркировка титановых сплавов**

Сплавы титана широко используются в авиационной технике, в судостроении и транспортном машиностроении - где нужна высокая прочность и сопротивляемость коррозии, малая масса. Поставляются по ГОСТ 19807-74. Титановые сплавы имеют условную маркировку: ТЗ, Т4, ВТ5, ВТ16.

### **Маркировка антифрикционных сплавов**

Антифрикционные сплавы используются для подшипников скольжения. Специальные подшипниковые сплавы - баббиты имеют минимальный коэффициент трения со сталью, хорошо прирабатываются к валу и легко удерживают смазку, благодаря вязкой основе они легко поглощают посторонние твердые частицы, не образуя задиров вала. Поставляют баббиты по ГОСТ 1320-74.

Примеры маркировки: 1) Б88 - сплав баббит (7%Sb , 3% Cu, 1%Cd, 0,25%Ni - остальное Sn ).

## Практическая часть

1. Расшифровать марки металлов и сплавов (приложение 1).
2. Обозначить основные свойства и область применения указанных металлов и сплавов.

### Приложение 1

| № варианта | Маркировки                            | № варианта | Маркировки                           | № варианта | Маркировки                            |
|------------|---------------------------------------|------------|--------------------------------------|------------|---------------------------------------|
| 1          | СЧ15<br>ЛА77-2<br>09Х15Н8Ю<br>МЗ      | 9          | Л96<br>20ХГС2<br>Бр05С3<br>СЧ10      | 17         | 12Х17<br>БрА11Ж6Н<br>У12<br>ЛМц58-2   |
| 2          | Д16<br>БрОЦС4-4-2,5<br>КЧ50<br>3Х2МНФ | 10         | МА1<br>12ХН2<br>БрАЖН10-4-4<br>АК8   | 18         | 03Х16Н15МЗ<br>АМц4<br>ЛЦ30А3<br>М2    |
| 3          | А99<br>МНЦ15-20<br>08Х22Н6Т<br>Д1     | 11         | М 0<br>27Х2Н2М1Ф<br>ВЧ80<br>ЦА4      | 19         | 40Х10С2М<br>ВЧ60<br>БрО3Ц12С<br>У10   |
| 4          | М4<br>ВЧ85<br>32Х2МЮА<br>ЛЦ40С        | 12         | У8А<br>БрОЦС5-5-5<br>10Х23Н18<br>А95 | 20         | 40Х6С2<br>АМц2<br>СЧ20<br>ЛН65-5      |
| 5          | 70С2ХА<br>СЧ20<br>ЛАЖ60-1-1<br>МЗ     | 13         | 15Х11МФ<br>У8<br>БрО10Ц2<br>МА2      | 21         | 20Х2Н4А<br>Л68<br>АК21М2,5Н2,5<br>МА1 |
| 6          | КЧ35<br>34ХН3МА<br>СЧ15<br>ЛН65-5     | 14         | МЛ5<br>20Х13<br>АК4М2Ц6<br>КЧ40      | 22         | 40Х9С2<br>МА8<br>ЛЦ16К4<br>У10        |
| 7          | Д18<br>ЛЦ40МцЖ<br>У10<br>10Х14АГ15    | 15         | 15Х5М<br>У10А<br>МН15<br>СЧ10        | 23         | 40Х2МА<br>КЧ40<br>МН20<br>БрАЖ9-4     |
| 8          | 38Х2Ю<br>МН10<br>МЛ2<br>ЦАМ4-1        | 16         | 50ХГА<br>БрОФ7-0,2<br>А8<br>ЛС59-1   | 24         | 14Х2Н3МА<br>У7<br>БрА9Ж3<br>МЛ5       |

## **Контрольные вопросы**

1. Расшифровать марки металлов и сплавов (выполнить новый вариант из приложения 1).