



Диаграмма состояния сплавов - графическое изображение фазового состояния сплавов в зависимости от температуры и концентрации компонентов. Для построения диаграмм состояния сплавов используют множество кривых охлаждения сплавов с различными концентрациями компонентов в зависимости от температуры и времени охлаждения. Однотипные критические точки (например, соответствующие температурам плавления сплавов) кривых охлаждения соединяют линией. Замкнутая область на диаграмме состояния, ограниченная линиями, имеет однотипную структуру.

*Задание :*

*1. По диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов (рисунок 1.1) построить кривую охлаждения для сплава с содержанием углерода 3%.*

Кривая охлаждения данного сплава построена на рис. 1.2.

Для заданного сплава по диаграмме состояния критические точки будут при температурах 1320, 1147 и 727°С

Данный сплав представляет собой доэвтектический чугун.

*2. Провести анализ структурных превращений для заданного сплава в критических точках кривой охлаждения.*

При температурах выше 1320°С сплав находится в жидком состоянии. При температуре 1320°С в сплаве начинают образовываться твердые частицы аустенита.

При температуре 1147°С сплав полностью переходит в твердое состояние. Структура состоит из аустенита и эвтектики (ледебурита), который представляет собой механическую смесь аустенита и цементита.

При охлаждении сплава в интервале температур 1147-727°С вследствие снижения растворимости углерода в аустените при понижении температуры, из него выделяется вторичный цементит.

Рисунок 1.2 – Кривая охлаждения сплава с содержанием углерода 3%

- жидкий  
сплав

При температуре 727°C аустенит перекристаллизуется в перлит (механическая смесь феррита и цементита), поэтому структура сплава при более низких температурах состоит из перлита, вторичного цементита и ледебурита, представляющего собой механическую смесь перлита и цементита.

- аустенит+  
ледебурит (А+Ц)+Ц

727 \_\_\_\_\_

- перлит (Ф+Ц)+ Ц +  
ледебурит (П+Ц)

τ, МИН

doklad-diploma.ru  
7429012@mail.ru

## Практическая работа №2. Определение основных свойств чугуна по их маркам

*Цель работы:* Научиться определять свойства, химический состав, структуру и назначение чугунов по их маркам.

*Краткие теоретические сведения.*

Чугун – сплав Fe (основа) с C (обычно 2...4 %), содержащий постоянные примеси (Si, Mn, S, P), а иногда и легирующие элементы (Cr, Ni, V, Al и др.); как правило, хрупок.

Углерод в чугуне может находиться в виде цементита, графита или одновременно в виде цементита и графита. Механические свойства литейных чугунов зависят от свойств металлической основы и, главным образом, от количества, формы и размеров графитных включений. Перлитная основа обеспечивает наибольшие значения показателей прочности и износостойкости.

Чугуны с графитом в зависимости от формы последнего разделяют на серые, ковкие и высокопрочные. Серыми называют чугуны, в структуре которых графит имеет пластинчатую форму. В ковких чугунах графит имеет хлопьевидную форму, в высокопрочных чугунах – шаровидную.

*Серые чугуны.* Структура серого (литейного) чугуна состоит из металлической основы с графитом пластинчатой формы, вкрапленным в эту основу. Марки серых чугунов согласно ГОСТ 1412—85 состоят из букв «СЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении  $\sigma_B$ , МПа / 10. Чугун СЧ10 — ферритный; СЧ15, СЧ18, СЧ20 — ферритноперлитные чугуны, начиная с СЧ25 — перлитные чугуны. На долю серого чугуна с пластинчатым графитом приходится около 80 % общего производства чугунных отливок.

Серые чугуны обладают высокими литейными качествами (жидкотекучесть, малая усадка, незначительный пригар металла к форме и др.), хорошо обрабатываются и сопротивляются износу, однако из-за низких прочности и пластических свойств в основном используются для неответственных деталей.

В станкостроении серый чугун является основным конструкционным материалом (станины станков, столы и верхние салазки, колонки, каретки и др.); в автомобилестроении из ферритно-перлитных чугунов делают картеры, крышки, тормозные барабаны и др., а из перлитных чугунов — блоки цилиндров, гильзы, маховики и др. В строительстве серый чугун применяют, главным образом, для изготовления деталей, работающих при сжатии (башмаков, колонн), а также санитарнотехнических деталей (отопительных радиаторов, труб). Значительное количество чугуна расходуется для изготовления тюбингов, из которых сооружается туннель метрополитена. Из серого чугуна, содержащего фосфор (0,5 %), изготавливают архитектурно-художественные изделия.

*Ковкие чугуны.* Ковкие чугуны с хлопьевидной формой графита получают из белых доэвтектических чугунов, подвергая их специальному графитизирующему отжигу. Ковкие чугуны с перлитной металлической основой обладают высокой твердостью (235...305 ГВ) и прочностью ( $\sigma_{\text{в}} = 650...800$  МПа) в сочетании с небольшой пластичностью ( $\delta = 3,0...1,5$  %). Ковкий ферритный чугун характеризуется высокой пластичностью ( $\delta = 10...12$  %) и относительно низкой прочностью ( $\sigma_{\text{в}} = 370...300$  МПа). Ковкие чугуны согласно ГОСТ 1215—79 маркируются двумя буквами (КЧ — ковкий чугун) и двумя группами цифр.

Первые две цифры в обозначении марки соответствуют минимальному пределу прочности при растяжении ( $\sigma_{\text{в}}$ , МПа / 10, цифры после тире — относительному удлинению при растяжении, Чугуны марок КЧ30—6, КЧ33—8, КЧ35—10, КЧ37—12, имеющие повышенное значение удлинения при растяжении, относятся к ферритным, а марок КЧ45—7, КЧ50—5, КЧ55—4, КЧ60—3, КЧ65—3, КЧ70—2, КЧ80—1.5 — к перлитным чугунам.

Ковкие чугуны, обладая высокими пластическими свойствами, находят применение при изготовлении разнообразных тонкостенных (до 50 мм) деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках, — фланцы,

муфты, картеры, ступицы и др. Масса этих деталей — от нескольких граммов до нескольких тонн.

*Высокопрочные чугуны.* Высокопрочный чугун (ЧШГ — чугун с шаровидным графитом) получают модифицированием жидкими присадками (магния церия, иттрия и некоторых других элементов). При этом перед вводом модификаторов необходимо снизить содержание серы до 0,02...0,03 %. Рекомендуемый химический состав высокопрочного чугуна (2,7...3,7 % С; 0,5...3,8 % Si) выбирается в зависимости от толщины стенок отливки (чем тоньше стенка, тем больше углерода и кремния). Структура высокопрочного чугуна состоит из металлической основы (феррит, перлит) и включений графита шаровидной формы. Шаровидный графит, имеющий минимальную поверхность при данном объеме, значительно меньше ослабляет металлическую основу, чем пластинчатый графит, и не является активным концентратором напряжений. Ферритные чугуны имеют  $\sigma_{\text{в}} = 220...310$  МПа,  $\delta = 22...10$  %,  $140...225$  НВ, перлитные —  $\sigma_{\text{в}} = 170...1700$  МПа,  $\delta = 7...2$  % и  $153...360$  НВ. Марки высокопрочных чугунов согласно ГОСТ 7293—85 состоят из букв «ВЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении  $\sigma_{\text{в}}$ , МПа / 10: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45 — ферритные чугуны; ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ 100—перлитные чугуны.

Высокопрочные чугуны обладают хорошими литейными и потребительскими свойствами (обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации, высокая износостойкость и др.) свойствами. Они используются для массивных отливок взамен стальных литых и кованных деталей — цилиндры, шестерни, коленчатые и распределительные валы и др.

*Задание.*

Расшифровать марки чугунов в соответствии с вариантом, и выписать структуру, свойства и применение – таблица 2.1.

*Расшифровка марок*

СЧ35

СЧ – серый чугун;

35 - минимальный предел прочности при растяжении  $\sigma_B$ , МПа / 10.

КЧ 50-4:

КЧ – ковкий чугун;

50 - минимальный предел прочности при растяжении  $\sigma_B$ , МПа / 10;

4 - относительное удлинение при растяжении, %.

ВЧ 60:

ВЧ – высокопрочный чугун;

60 - минимальный предел прочности при растяжении  $\sigma_B$ , МПа / 10.

doklad-diploma.ru  
7429012@mail.ru

Таблица 2.1 – Структура и свойства чугунов различных марок

Марка	Структура	Свойства	Применение
СЧ35 ГОСТ 1412- 85	Серый чугун (литейный), структура состоит из металлической основы (перлитной) с графитом пластинчатой формы, вкрапленным в эту основу	Минимальный предел прочности при растяжении $\sigma_{\text{бв}} = 350$ Мпа	Отливки блоков цилиндров, гильз, маховиков и др.
КЧ 50-4 ГОСТ 1215- 79	Ковкий чугун, структура состоит из металлической основы (перлитной) и включений графита хлопьевидной формы	Минимальный предел прочности при растяжении $\sigma_{\text{бв}} = 500$ Мпа, относительное удлинение при растяжении $\delta = 4\%$	Разнообразные тонкостенные (до 50 мм) детали, работающие при ударных и вибрационных нагрузках — фланцы, муфты, картеры, ступицы и др.
ВЧ 60 ГОСТ 7293- 85	Высокопрочный чугун, структура состоит из металлической основы (перлитной) и включений графита шаровидной формы	Минимальный предел прочности при растяжении $\sigma_{\text{бв}} = 600$ Мпа, относительное удлинение при растяжении $\delta = 3\%$	

### **Практическая работа №3. Определение основных свойств углеродистых сталей по их маркам**

*Цели работы:* научиться определять химический состав, свойства и применение углеродистых сталей по их маркам.

*Краткие теоретические сведения.*

Маркировка углеродистых сталей зависит от их качества и назначения. Стали обыкновенного качества имеют 3 группы поставки: А, Б, В.

Стали группы А поставляются с гарантированными механическими свойствами, химический состав не регламентируют. Стали группы Б. Стали группы В поставляются с гарантированными химическим составом и механическими свойствами. О механических свойствах и химическом составе информацию получают в сопроводительных документах.

Все эти стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-71) маркируются буквами Ст, после которых ставится цифра от 0 до 6. Впереди марки – буква, указывающая группу поставки (для стали группы А – не ставится). В конце марки указывается степень раскисления: пс, кп (для спокойных – не указывают). Ст3кп – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, группы поставки А, с номером 3, кипящая. ВСт4пс – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, группы поставки В, с номером 4, полуспокойная.

Качественные конструкционные углеродистые стали (ГОСТ 1050-74) маркируют цифрами 08, 10, 15, 20, 25... до 85. Цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Если сталь содержит повышенное количество марганца (0,8-1,2%), то после цифр ставится буква Г. В конце марки указывают степень раскисления (кп или пс). Сталь 40 – качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,4 % , спокойная. Сталь 65Гпс – качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,65%, более 0,8% марганца, полуспокойная.

Инструментальные углеродистые стали (гост 1435-74) маркируются большой буквой У и цифрами, которые означают содержание углерода в десятых долях процента. Эти стали чаще всего качественные. Однако, если сталь имеет повышенное качество, то в конце марки ставится буква А. У8 – инструментальная углеродистая со средним содержанием углерода 0,8% (имеет точно такой же химический состав, что и Сталь 80, но отличается структурой и свойствами). У12А – углеродистая инструментальная сталь, 1,2% углерода, высококачественная.

#### *Задание.*

Расшифровать марки углеродистых сталей (таблица 3.1) в соответствии с вариантом.

#### Ст5кп

Ст – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества;

Впереди марки нет буквы - группа поставки А (поставляются с гарантированными механическими свойствами, химический состав не регламентируется);

5 - номер марки;

кп - степень раскисления (кипящая, дегазированная).

#### БСт0

Ст – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества;

Б - группа поставки, поставляется с гарантированным механическим составом, механические свойства не гарантируются;

0 - номер марки;

В конце марки не указана степень раскисления, следовательно сп : спокойная (раскисленная).

#### ВСт4сп

Ст – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества;

В - группа поставки, поставляется с гарантированным механическим составом и механическими свойствами;

4 - номер марки;

сп - степень раскисления: спокойная (раскисленная).

### 10кп

Сталь конструкционная углеродистая качественная;

10 - среднее содержание углерода в сотых долях процента, т.е. 0,1%;

кп- степень раскисления: кипящая (нераскисленная).

### 50

Сталь конструкционная углеродистая качественная;

50 - среднее содержание углерода в сотых долях процента, т.е. 0,5%;

В конце марки не указана степень раскисления, следовательно сп :  
спокойная (раскисленная).

### 60Г

Сталь конструкционная углеродистая качественная;

60 - среднее содержание углерода в сотых долях процента, т.е. 0,6%;

В конце марки не указана степень раскисления, следовательно сп :  
спокойная (раскисленная).

### У12

У - инструментальная углеродистая сталь, качественная;

12 - содержание углерода в десятых долях процента т.е. 1,2%.

### У8А

У - инструментальная углеродистая сталь;

8 - содержание углерода в десятых долях процента т.е. 0,8%.

А – высококачественная (пониженное содержание серы и фосфора)..

Для каждой марки выписать свойства и применение, занести в таблицу

Таблица 3.1

Марка	Свойства	Применение
Ст5кп ГОСТ 380- 2005	Предел прочности при растяжении бв =490 Мпа, относит. удлинение $\delta$ =17%	малонагруженные элементы сварных и незванных конструкций и деталей, работающих при температуре от -40 до 400 град, фасонные профили для вагонов, арматура класса А-I
БСт0 ГОСТ 380- 2005	Миним. предел прочности при растяжении бв =300 Мпа, относит. удлинение $\delta$ =15%	для второстепенных элементов конструкций и неответственных деталей: настилы, подкладка, шайбы, перила, кожухи, обшивки и другие.
ВСт4сп	Миним. предел прочности	балки двутавровые, швеллеры, угловая

ГОСТ 380-2005	при растяжении бв =410 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =20%	сталь
10кп ГОСТ 1050-88	Миним. предел прочности при растяжении бв =270 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =32%	детали, работающие при температуре до 450 °С, к которым предъявляются требования высокой пластичности, а также втулки, ушки, шайбы, винты и другие детали после ХТО, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.
50 ГОСТ 1050-88	Миним. предел прочности при растяжении бв =580 Мпа, относит. удлинение $\delta$ =17%	зубчатые колеса, прокатные валки, штоки, тяжелоагрессивные валы, оси, бандажи, малонагруженные пружины и рессоры, лемехи, пальцы звеньев гусениц, муфты сцепления коробок передач, корпуса форсунок и другие детали, работающие на трение
60Г ГОСТ 14959-79	Миним. предел прочности при растяжении бв =640 Мпа, относит. удлинение $\delta$ =10%	плоские и круглые пружины, рессоры, пружинные кольца и другие детали пружинного типа, от которых требуются высокие упругие свойства и износостойкость; бандажи, тормозные барабаны и ленты, скобы, втулки
У12 ГОСТ 1435-99	Миним. предел прочности при растяжении бв =590 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =28%	режущие инструменты, работающие в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: метчики ручные, метчики машинные мелкогабаритные, плашки для крупнов, развертки мелкогабаритные, надфили, измерительный инструмент простой формы: гладкие калибры, скобы
У8А ГОСТ 1435-99	Миним. предел прочности при растяжении бв =640 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =10%	для инструмента, работающего в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: фрез, зенковок, топоров, стамесок, долот, пил продольных и дисковых, накатных роликов, кернеров, отверток, комбинированных плоскогубцев, боковых кусачек.

## Практическая работа №4. Определение основных свойств легированных сталей по их маркам

*Цели работы.* Научиться определять химический состав, свойства и применение углеродистых сталей по их маркам.

*Краткие теоретические сведения.*

Сочетания букв и цифр дают характеристику легированной стали. Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Одна цифра впереди марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%.

Цифры, стоящие за буквами, указывают среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%). Буква А в конце марки обозначает высококачественную сталь, т.е. сталь, содержащую меньше серы и фосфора. Указанная система маркировки охватывает большинство существующих легированных сталей.

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

Е – магнитные, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

Пример расшифровки марки стали 40ХНЗМФА – конструкционная легированная высококачественная сталь со средним содержанием углерода 0,4%, ~1% хрома, ~3% никеля, ~1% молибдена, ~1% ванадия.

18ХГТ – конструкционная легированная качественная сталь с содержанием углерода 0,18% и по 1% (приблизительно) хрома, марганца и титана.

ХВГ – инструментальная легированная сталь, углерода более 1%, приблизительно около 1% хрома, вольфрама, марганца. 7ХГ2 – инструментальная легированная сталь, углерода 0,7%, приблизительно около

1% хрома, марганца 2%. P18 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, 18% вольфрама P6M5K4 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, содержание вольфрама 6%, молибдена 5%, 4% кобальта.

*Задание.*

Расшифровать марки легированных сталей в соответствии с вариантом.  
Для каждой марки выписать свойства и применение, занести в таблицу

40X

Сталь конструкционная легированная;

40 - - среднее содержание углерода в сотых долях процента, т.е. 0,4%;

X – легированная хромом, т.к. за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%).

50XФА

Сталь конструкционная легированная;

50 - - среднее содержание углерода в сотых долях процента, т.е. 0,5%;

X, Ф, – легированная хромом и ванадием, т.к. за буквами отсутствует цифра – значит содержание данных элементов около 1% (не более 1,5%).

A – высококачественная.

20XГ2Ц

Сталь конструкционная легированная;

20 - - среднее содержание углерода в сотых долях процента, т.е. 0,2%;

X, Г2, Ц – легированная хромом ~1%, марганцем ~2%, т.к. за буквами отсутствует цифра – значит содержание данных элементов около 1% (не более 1,5%), микролегированная цирконием (0.05 - 0.14 % по ГОСТ).

## ХГС

Сталь инструментальная легированная;

Т.к. впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%;

Х, Г, С - среднее содержание данного элемента в процентах, т.к. за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%)

## Р10К5Ф5

Р - сталь инструментальная быстрорежущая%

10 - 10% вольфрама;

К5 - 5% кобальта;

Ф5 - 5% ванадия.

Таблица 4.1

Марка	Свойства	Применение
40Х ГОСТ 4543- 71	Миним. предел прочности при растяжении бв =980 Мпа, Относит. удлинение $\delta = 10\%$	Оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, губчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали
50ХФА	Миним. предел прочности при растяжении бв =1270 Мпа, Относит. удлинение $\delta = 8\%$	тяжелонагруженные ответственные детали с высокой усталостной прочностью, пружины, работающие при температуре до 300°C
20ХГ2Ц ГОСТ 5781- 82	Миним. предел прочности при растяжении бв =883 Мпа, Относит. удлинение $\delta = 6\%$	для изготовления арматуры периодического профиля класса А-IV (А600) диаметром от 10 до 32 мм
ХГС	Миним. предел прочности при растяжении бв =1080 Мпа, Относит. удлинение $\delta = 10\%$	улучшаемые детали: валы, оси, зубчатые колеса, тормозные ленты моторов, фланцы, корпуса обшивки, лопадки компрессорных машин, рычаги, толкатели, ответственные сварные конструкции,
Р10К5Ф 5	Твердость после отжига НВ = 2850 Мпа;Твердость после	для изготовления получистовых и черновых инструментов для

ГОСТ 19265-73	закалки 63-65 HRC	труднообрабатываемых материалов
------------------	-------------------	---------------------------------

## Практическая работа №5. Применение методов термической обработки материалов

*Цели работы.* Ознакомиться с видами термической обработки, их характеристиками и применением; научиться назначать режимы термической обработки.

*Термической обработкой* называют технологические процессы теплового воздействия, которые проводят с целью изменения внутреннего строения, структуры и свойств. Термическая обработка используется в качестве предварительной или промежуточной операции для улучшения обрабатываемости резанием, давлением и др. и как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень физикомеханических свойств детали.

Любой процесс термической обработки характеризуется температурой и скоростью нагрева, временем выдержки при заданной температуре и определенной скоростью охлаждения. Режим термообработки можно представить графиком в координатах температура – время ( $t - \tau$ ). Пример такого графика представлен на рисунке 5.1. Скорость нагрева и охлаждения характеризуется углом наклона линий на графике.

В основе теории термической обработки лежат фазовые и структурные превращения, протекающие при нагреве и охлаждении металлов и сплавов. Эти превращения характеризуются определенными критическими точками. Регулируя температуру нагрева, время выдержки и скорость охлаждения, можно в очень широких пределах изменять свойства материала, подвергаемого термообработке.  $t, ^\circ\text{C}$   $t_2$   $t_1$   $\tau, \text{с}$  Основными видами термической обработки являются отжиг, нормализация, закалка, отпуск и старение.

### Задание

По приведенному на рисунке 1 режиму нагрева, выдержки и охлаждения металла определить вид термообработки.

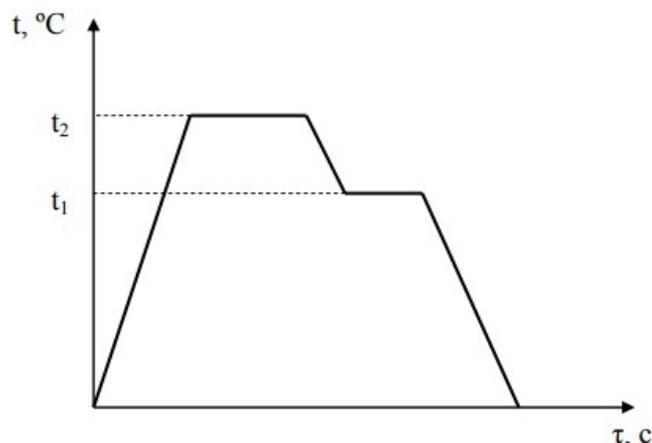


Рисунок 5.1 – Режим термообработки металлического сплава

doklad-diploma.ru

В данном случае в зависимости от параметров температуры и времени  $t_1$  и времени выдержки при этой температуре возможно 2 вида закалки:

- 1) Ступенчатая закалка, проходит в два этапа. На первом изделие помещается в среду с температурой, превышающей на несколько десятков градусов точку начала возникновения мартенсита. После того, как температура выравнивается по всему объему металла, деталь медленно охлаждается, в результате чего в нем равномерно формируется мартенситная структура.

Изотермическая закалка. При изотермическом закаливании изделие также выдерживается в закалочной ванне при температуре, превышающей точку мартенсита, но несколько дольше. В результате этого аустенит трансформируется в бейнит — одну из разновидностей троостита. Такая сталь сочетает в себе повышенную прочность с пластичностью и вязкостью. Кроме того, после изотермической закалки в изделии снижаются остаточные напряжения.

## Практическая работа №6. Определение основных свойств сплавов цветных металлов их маркам

*Цели работы:* Научиться определять химический состав, свойства и применение сплавов цветных металлов по их маркам.

*Краткие теоретические сведения.*

Различают три группы медных сплавов:

- латуни;
- бронзы;
- сплавы меди с никелем.

*Латунями* называют двойные (томпак, где 90% и более - меди и 10% цинка и полутомпак, где меди 79-86% остальное цинк) или многокомпонентные сплавы на основе меди, в которых основным легирующим элементом является цинк. При введении других элементов (кроме цинка) латуни называют *специальными* по наименованию элементов, например, железомарганцевая латунь и т.д.

По сравнению с медью латуни обладают большей прочностью, коррозионной стойкостью. Механическая прочность латуней выше, чем меди, и они лучше обрабатываются (резанием, литьем, давлением). Большим их преимуществом является более низкая стоимость, так как входящий в состав латуней цинк значительно дешевле меди. Латуни нашли широкое применение в приборостроении, в общем и химическом машиностроении.

Латуни обозначают начальной буквой Л, затем ставят цифру, указывающую средний процент меди в этом сплаве. Л96 – латунь, меди 96%, цинка 4% (томпак). Латуни более сложного состава в обозначении имеют после буквы Л другую букву, а цифры, размещенные после цифры, указывающей процент меди, указывают процент добавок в марке латуни.

Все добавляемые к латуни элементы обозначают русскими буквами: Ц – цинк; А – алюминий; О – олово; Н – никель; К – кремний; С – свинец; Мц – марганец; Ж – железо; Ф – фосфор; Б – бериллий. Цифры, помещенные за

буквами, указывают среднее процентное содержание элементов. ЛАЖМц66-6-3-2 – алюминиевожелезомарганцовистая латунь, содержащая 66% меди, 6% алюминия, 3% железа и 2% марганца, остальное составляет цинк. ЛЦ40Мц3Ж – латунь, содержащая 40% цинка, 3% марганца, около 1% железа, остальное – медь. Бронзы (медь, олово) – сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом, бериллием. В зависимости от введенного элемента бронзы бывают: оловянные, алюминиевые, кремнистые, марганцовистые, свинцовистые, бериллиевые.

Бронзы обладают высокой стойкостью против коррозии, хорошими литейными и высокими антифрикционными свойствами и обрабатываемостью резанием. Благодаря хорошим литейным качествам из бронз отливают пушки, колокола и статуи. Также бронзы используются при изготовлении арматуры газовых и водопроводных линий и в химическом машиностроении, где важна также высокая коррозионная стойкость бронз.

Малый коэффициент трения и устойчивость к износу делает бронзы незаменимыми при изготовлении вкладышей подшипников, червяков и червячных колес, шестерен и других деталей ответственных и точных приборов. Бронзы легируют для повышения механических характеристик и придания особых свойств. Введение марганца способствует повышению коррозионной стойкости, никеля – пластичности, железа – прочности, цинка – улучшению литейных свойств, свинца – улучшению обрабатываемости. Бронзы маркируют русскими буквами Бр. Справа ставят обозначение элементов, входящих в состав бронзы: О – олово; Ц – цинк; С – свинец; А – алюминий; Ж – железо; Мц – марганец. Далее идут цифры, обозначающие среднее содержание дополнительных элементов в бронзе в процентах (цифры, обозначающие процентное содержание меди в бронзе, не ставят). БрОЦС5-5-5 – бронза содержит по 5% олова, свинца, цинка, остальное – медь (85%). БрА9Мц2Л – бронза литейная, содержит 9% алюминия, 2% марганца, остальное – медь.

Алюминиевые сплавы делят на деформируемые и литейные. Деформируемые алюминиевые сплавы применяют для получения листов, ленты, проволоки и различных деталей методами обработки давлением: штамповкой, прессованием, ковкой. Деформируемые алюминиевые сплавы можно подразделить на две подгруппы: не упрочняемые термообработкой и упрочняемые термообработкой

Первые характеризуются невысокой прочностью, но хорошей пластичностью. К ним относятся сплавы алюминия с марганцем и магнием, содержащие его до 6%. Эти сплавы почти всегда однофазные. Они хорошо свариваются, устойчивы против коррозии и применяются для малонагруженных деталей, изготавливаемых холодной штамповкой с глубокой вытяжкой, и для свариваемых конструкций. Упрочнение этих сплавов возможно только путем холодной деформации, так как упрочнение термической обработкой не удастся. АМц - сплав алюминия деформируемый не упрочняемый термообработкой, содержит 1% марганца

Из группы деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термообработкой наиболее распространены дуралюмины (или дюралюмины) - сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем (для повышения коррозионной стойкости сплава). Также распространены сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем и цинком (сплавы высокой прочности). Дуралюмины маркируют буквой Д, после которой стоит цифра, обозначающая условный номер сплава. Дуралюмины выпускают в виде листов, прессованных и катаных профилей, прутков, труб. Особенно широко применяют дуралюмины в авиационной промышленности и строительстве. Д1 – деформируемый алюминиевый сплав, упрочняемый термообработкой (дуралюмин), содержит 4% меди, примерно по 0,5% магния, марганца, кремния. Литейные алюминиевые сплавы содержат почти те же легирующие компоненты, что и деформируемые сплавы, но в значительно большем количестве (до 9-13% по отдельным компонентам).

Литейные сплавы предназначены для изготовления фасонных отливок.

Эти сплавы маркируются буквами АЛ с последующим порядковым номером: АЛ2, АЛ9 и т.п. По химическому составу их можно разделить на несколько групп, например, алюминий с кремнием или алюминий с магнием. Иногда их маркируют по химическому составу, например АК7М2. Буква М означает медь.

Сплавы на основе алюминия и кремния называют силуминами. Силумин обладает высокими механическими и литейными свойствами: высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой, достаточно высокой прочностью, удовлетворительной пластичностью.

Титановые сплавы применяются в авиационной (самолетостроении, ракетостроении, при производстве реактивных двигателей) и химической промышленности. Также титан широко применяют в судостроении благодаря его устойчивости против воздействия морской воды. Из сплавов на основе титана изготавливаются лопасти паровых и газовых турбин, выпускных клапанов дизельных двигателей, лопаток и дисков компрессоров, поршневых пальцев, шатунов и других деталей. Титан и его сплавы маркируют буквами ВТ и порядковым номером, например ВТ8.

Магниевые сплавы широко применяют в транспортном машиностроении, особенно в авиации и ракетостроении. В зависимости от способа получения магниевые сплавы подразделяют на: литейные – сплавы используют в виде отливок, маркируются буквами МЛ и порядковым номером; деформируемые – сплавы используют в виде проката (листов, ленты, труб) и поковок, маркируются буквами МА и порядковым номером.

#### *Задание.*

Расшифровать марки сплавов цветных металлов в соответствии с вариантом. Для каждой марки выписать свойства и применение, занести в таблицу 6.1.

Л80 - латунь, обрабатываемая давлением  
80 - меди 80%, цинка 20%.

### АЛ4 (АК9ч)

АЛ – алюминиевый литейный сплав;

4 – номер сплава.

К9 – около 9% кремния;

ч – повышенной чистоты.

### МЛ3

МЛ - магниевый литейный сплав;

3 – номер сплава.

### БН

Баббит свинцовый.

### БрС30

Бронза безоловянная литейная свинцовистая

С30 – содержание кремния около 30%.

### ВТ5

Титановый деформируемый сплав.

5 – порядковый номер сплава.

### БрОЦ4-3

Бронза оловянная, обрабатываемая давлением;

ОЦ4-3 – содержание олова около 4%, цинка около 3%.

### ЛАЖ60-1-1

Латунь, обрабатываемая давлением;

60 - указывает содержание меди в латуни примерно 60%,

1 - указывает содержание алюминия около 1%,

Следующая 1 - указывает содержание железа около 1%, остальное – цинк.

Таблица 6.1

Марка	Свойства	Применение
Л80 ГОСТ 15527- 2004	Миним. предел прочности при растяжении бв =290 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =25	Полуфабрикаты (ленты, листы, полосы, проволока); художественные изделия, манометрические трубки, гибкие шланги, музыкальные инструменты
АЛ4 (АК9ч)	Миним. предел прочности при растяжении бв =235 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =3% (после старения)	для изготовления деталей средней и большой нагруженности; сплав отличается высокой герметичностью.
МЛЗ ГОСТ 2856- 7	Миним. предел прочности при растяжении бв =169 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =6%	детали с высокой герметичностью; предельная рабочая температура: 150°C
БН ГОСТ 1320- 74	Миним. предел прочности при растяжении бв =125 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =70%	для изготовления баббитов в чушках, применяемых для заливки подшипников и других деталей; температура заливки 480-500°C ; температура начала расплавления 240°C. Подшипники, работающие при средних скоростях и средних нагрузках; характеристика нагрузки - спокойная ударная
БрС30 ГОСТ 493- 79	Миним. предел прочности при растяжении бв =59 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =4%	антифрикционные детали
ВТ5 ГОСТ 19807- 91	Миним. предел прочности при растяжении бв =685 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =6%	сварные детали, работающие при температуре от -253 до 400°C ;коррозионная стойкость хорошая
БрОЦ4-3	Миним. предел прочности при растяжении бв =270 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =35% (пруток прессован.)	Ленты, полосы, прутки, применяемые в электротехнике, машиностроении; проволока для пружин, контактов штепсельных разъемов, деталей химической аппаратуры; проволока для ручной сварки в защитных газах меди, механизированной сварки под флюсом меди и латуни
ЛАЖ60- 1-1 ГОСТ 15527- 2004	Миним. предел прочности при растяжении бв =440 Мпа, Относит. удлинение $\delta$ =18% (пруток прессован.)	Трубы, прутки для подшипников скольжения, судостроения и приборостроения

## Практическая работа №7. Расчет твердости

*Цель работы:* Научиться определять свойства металлов и сплавов по результатам испытаний.

*Краткие теоретические сведения.*

Выбор материала для какой-либо определенной цели делают на основе его механикотехнологических, физических и химических свойств. Контролировать эти свойства необходимо как в процессе изготовления, так и в ходе эксплуатации для выявления недопустимых изменений, а в случае повреждения изделия – определять его причину.

Механические и технологические методы испытаний используются для исследования прочности, деформируемости, пластичности, вязкости и характера разрушения изделия. К этой же группе относят определение свойств поверхности, например, твердости и сопротивления износу.

Статические испытания на растяжение. Из всех способов механических испытаний наибольшее распространение имеют испытания на растяжение. Качественное сравнение материалов производят по диаграммам напряжение – относительное удлинение. По ним видно различие материалов по характеристикам прочности и пластичности.

Характеристики прочности играют существенную роль при определении геометрических размеров статически нагруженных элементов несущих конструкций. Модуль упругости определяет жесткость строительных сооружений и геометрическую устойчивость деталей механизмов и машин, а также находит применение при выборе коэффициента запаса. Характеристика пластичности используется в качестве показателя, определяющего в какой-то мере вероятность хрупкого разрушения, а также для оценки обрабатываемости материалов.

Определение твердости. В технике наиболее часто понятие «твердость» определяют как сопротивление, оказываемое телом при внедрении в него

другого, более твердого тела.

Методы измерения твердости отличаются друг от друга формой индентора (шарик, пирамида, конус), его материалом (закаленная сталь, твердый сплав, алмаз) и величиной приложенной нагрузки (измерение при больших нагрузках – макротвердости, твердости при малых нагрузках – микротвердости), а также способом выражения характеристик твердости.

К испытаниям макротвердости относят способы определения твердости по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу. Получившийся большой отпечаток выбирают в качестве параметра макротвердости, характерного для структуры в целом.

*Задание :*

1. Изобразить схему испытания на приборе Бринелля и схему измерения диаметра отпечатка (рисунок 7.1).

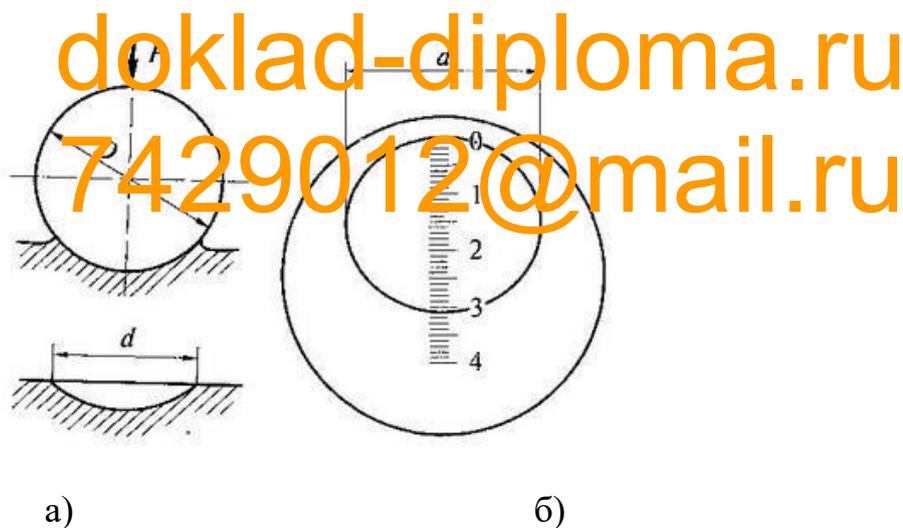


Рисунок 7.1 – Схема испытания на приборе Бринелля (а) и схему измерения диаметра отпечатка(б)

2. Используя таблицу 7.1 «Результаты измерений твердости на приборе Бринелля» внести результаты испытаний, приведенные для вашего варианта, в таблицу 7.1 «Результаты измерений и расчетов» .

- 3.

3. Произвести расчет твердости

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

$$HB = 2 \cdot 30 / (3,14 \cdot 1 \cdot (1 - (1^2 - 0,36^2)^{1/2})) = 285 \text{ ед.}$$

С. 7 ГОСТ 9012—59

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
Обязательное

Таблицы величин твердости по Бринеллю  
При диаметре шарика  $D = 10$  мм, испытательной нагрузке  $F = 29430$  Н (3000 кгс) и  $K = 30$

Т а б л и ц а 1

$d$ , мм	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,40	653	648	643	637	632	627	621	616	611	606
2,50	601	597	592	587	582	578	573	569	564	560
2,60	555	551	547	543	538	534	530	526	522	518
2,70	514	510	507	503	499	495	492	488	485	481
2,80	477	474	471	467	464	461	457	454	451	448
2,90	444	441	438	435	432	429	426	423	420	417
3,00	415	412	409	406	404	401	398	395	393	390
3,10	388	385	383	380	378	375	373	370	368	366
3,20	363	361	359	356	354	352	350	347	345	343
3,30	341	339	337	335	333	331	329	326	325	323
3,40	321	319	317	315	313	311	309	307	306	304
3,50	302	300	298	297	295	293	292	290	288	286
3,60	285	283	282	280	278	277	275	274	272	271
3,70	269	268	266	265	263	262	260	259	257	256
3,80	255	253	252	250	249	248	246	245	244	242
3,90	241	240	239	237	236	235	234	232	231	230
4,00	229	228	226	225	224	223	222	221	219	218
4,10	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208
4,20	207	205	204	203	202	201	200	199	198	198
4,30	197	196	195	194	193	192	191	190	189	188
4,40	187	186	185	185	184	183	182	181	180	179
4,50	179	178	177	176	175	174	174	173	172	171
4,60	170	170	169	168	167	167	166	165	164	164
4,70	163	162	161	161	160	159	158	158	157	156
4,80	156	155	154	154	153	152	152	151	150	150
4,90	149	148	148	147	146	146	145	144	144	143
5,00	143	142	141	141	140	140	139	138	138	137
5,10	137	136	135	135	134	134	133	133	132	132
5,20	131	130	130	129	129	128	128	127	127	126
5,30	126	125	125	124	124	123	123	122	122	121
5,40	121	120	120	119	119	118	118	117	117	116
5,50	116	115	115	114	114	114	113	113	112	112
5,60	111	111	110	110	110	109	109	108	108	107
5,70	107	107	106	106	105	105	105	104	104	103
5,80	103	103	102	102	101	101	101	100	99,9	99,5
5,90	99,2	98,8	98,4	98,0	97,7	97,3	96,9	96,6	96,2	95,9
6,00	95,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(Измененная редакция, Изм. № 4, Поправка, ИУС 4—2001).

Таблица 7.1 – Результаты измерений и расчетов

№ варианта	Диаметр шарика D, см	Нагрузка P, Н (кгс)	Измерения диаметра отпечатка d, см	Среднее значение диаметра отпечатка d, мм	Число твердости НВ	
					По таблице	По расчету
6	1	300	0,363 0,357 0,360	0,36	285	285

4. Изобразить образец для испытаний на разрывной машине до и после испытания.

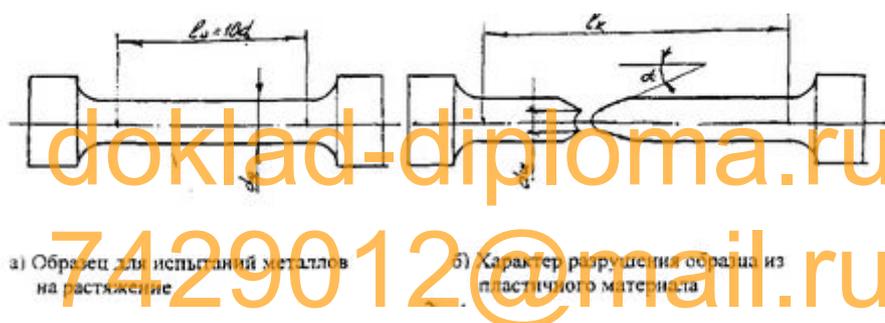


Рисунок 7.1. - Образец для испытаний на разрывной машине до и после испытания

5. Внести результаты испытаний, полученные по диаграмме растяжения (рисунок 7.2) в таблицу 7.2.

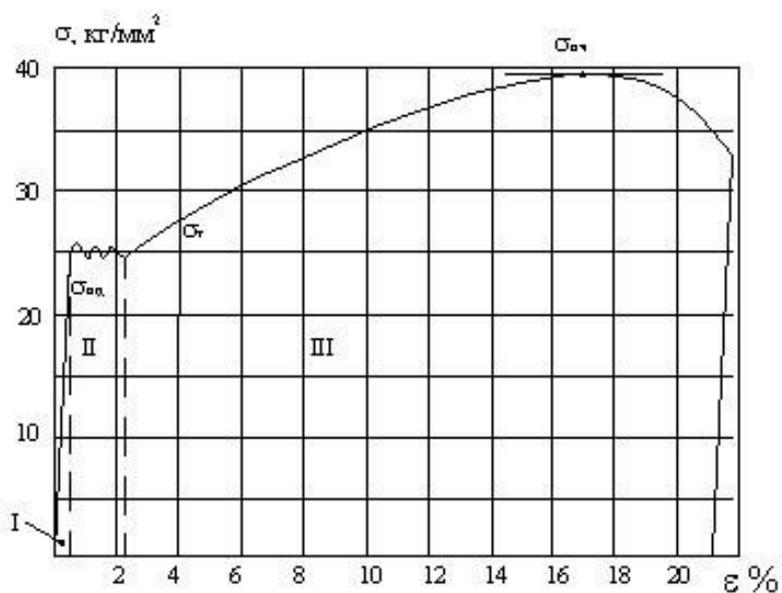


Рисунок 7.2 – Диаграмма растяжения

6. Произвести расчет относительного удлинения по формуле

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

$$\delta = (120 - 100) / 100 \cdot 100\% = 20\%$$

Таблица 7.2. – Результаты измерений и вычислений

Длина образца до испытания 10, мм	Длина образца после разрыва 1, мм	Относительно е удлинение δ, %	Предел текучести бт МПа	Предел прочности бв МПа
100	120	20%	250	390

*Вывод.*

Расчетная величина твердости по Бринелю и величина, определенная по таблице совпадают и составляют 285 ед. или 2850 Мпа.

По результатам испытания на растяжение относительное удлинение δ составляет 20%, предел текучести бт составляет 250 Мпа, предел прочности бв составляет 390 Мпа.