

## Раздел I. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

### Тема 1.4. Углеродистые стали и чугуны

#### Занятие №2.

##### Учебные вопросы:

3. Классификация, марки и расшифровка маркировки чугунов
4. Применение углеродистых сталей и чугунов

#### 3. Классификация, марки и расшифровка маркировки чугунов

**Чугун** — это сплав железа с углеродом, в котором содержание углерода больше 2,14%.

Кроме углерода и железа, в сплаве присутствуют примеси: кремний, марганец, фосфор, сера и др. Эти примеси оказывают существенное влияние на формирование структуры сплава, а следовательно, и на механические, физические и другие свойства чугуна.

По химическому составу чугуны делятся на **нелегированные** и **легированные**.

**Нелегированными** считаются чугуны, в которых количество марганца не превосходит 2% и кремния 4%. При наличии этих элементов в больших количествах или при содержании специальных примесей чугуны считаются **легированными**.

По степени графитизации, формам графита и условиям их образования различают следующие типы чугунов:

- а) белый;
- б) половинчатый;
- в) серый;
- г) высокопрочный;
- д) ковкий.

**Графит** (рис. 1.1) (от др.-греч. γράφω — записывать, писать) — минерал из класса самородных элементов, одно из аллотропных состояний углерода.

**Аллотропия** (от др.-греч. ἄλλος — «другой», τρέπος — «поворот, свойство») — существование двух и более простых веществ одного и того же химического элемента, различных по строению и свойствам — так называемых аллотропных (или аллотропических) модификаций или форм.

**Белыми** называют чугуны, в которых углерод находится преимущественно в связанном состоянии в виде цементита  $Fe_3C$  (очень небольшое количество углерода находится в составе твердого раствора). Эти чугуны, фазовые превращения которых протекают согласно диаграмме Fe C, подразделяют на доэвтектические, эвтектический и заэвтектические. Из-за большого количества цементита белые чугуны имеют высокую твердость 450...550 НВ.

**Цементит** — карбид железа, химическое соединение с формулой  $Fe_3C$ . Концентрация углерода в цементите — 6,67% по массе — предельная для железоуглеродистых сплавов.



Рис. 1.1. Графит

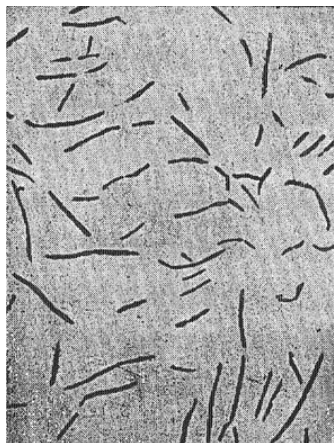
Белым чугуном называется потому, что вид излома у него светло-кристаллический, лучистый.

Белые чугуны хрупкие и практически не поддаются обработке резанием, поэтому в качестве конструкционных материалов практически не применяются.

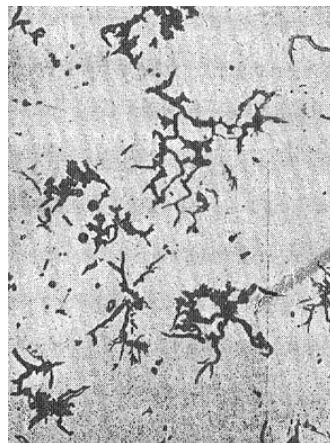
Белые чугуны являются, как правило, передельными и из них получают серый и ковкий чугун.

**Серыми** называют чугуны, в которых углерод находится преимущественно в свободном состоянии в виде пластинок графита.

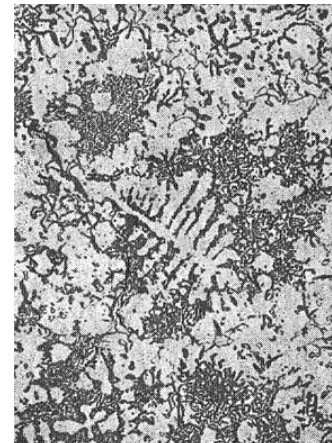
Пластинчатый графит различают по степени изолированности, характеру расположения, форме и размерам пластинок (рис. 1.2, 1.3, 1.4).



**Рис. 1.2.** Пластинчатый графит (прямолинейный)  $\times 100$



**Рис. 1.3.** Пластинчатый графит (колониями большой степени изолированности)  $\times 100$



**Рис. 1.4.** Пластинчатый графит (колониями малой степени изолированности)  $\times 100$

Механические свойства чугуна обусловлены его структурой, главным образом графитной составляющей, его количеством, формой и размерами включений. Графит имеет низкую прочность, и его можно рассматривать как внутренние надрезы, нарушения сплошности металлической основы. С увеличением содержания углерода больше выделений графита и меньше механическая прочность чугуна. Серый чугун плохо сопротивляется растяжению, хрупкий, но обладает хорошей жидкотекучестью, малой усадкой при кристаллизации, легко обрабатывается резанием, хорошими антифрикционными свойствами (графит выполняет роль смазки), поглощает вибрацию, малочувствителен к концентраторам напряжений (надрезам, выточкам).

Вид излома серого чугуна в значительной степени зависит от количества графита — чем больше графита, тем темнее излом.

Серый чугун маркируется буквами СЧ, после которых ставится число, показывающее гарантируемый предел прочности на растяжение в  $\text{кгс/мм}^2$  ( $10^{-1}$  МПа).

#### Пример.

СЧ 25 — серый чугун, гарантируемый предел прочности на растяжение 250 МПа

**Ковкими** называют чугуны, в которых углерод находится в свободном состоянии в форме хлопьев (рис. 1.5). Такая форма графита и является основной причиной высоких прочностных и пластических характеристик ковкого чугуна. Термин «ковкий чугун» является условным, поскольку изделия из него, так же, как и из любого другого чугуна, изготавливают не ковкой, а путем литья, и указывает на повышенную пластичность по сравнению с серым чугуном.

Состав ковкого чугуна выдерживается в довольно узких пределах:

2,4...2,9% С; 1,6...1,6% Si;

0,2...1,0% Mn; до 0,18% P и до 0,2% S.

Невысокое содержание углерода в ковком чугуне необходимо по двум причинам. Во-первых, для получения высоких прочностных характеристик следует уменьшить количество графитовых включений. Во-вторых, необходимо избегать выделения пластинчатого графита при охлаждении отливок в форме (с этой же целью толщина стенки отливки не должна превышать 50 мм).

Ковкий чугун по механическим свойствам занимает промежуточное положение между серым чугуном и сталью. Детали, изготовленные из такого чугуна, хорошо работают в среде влажного воздуха, поточных газов и воды.

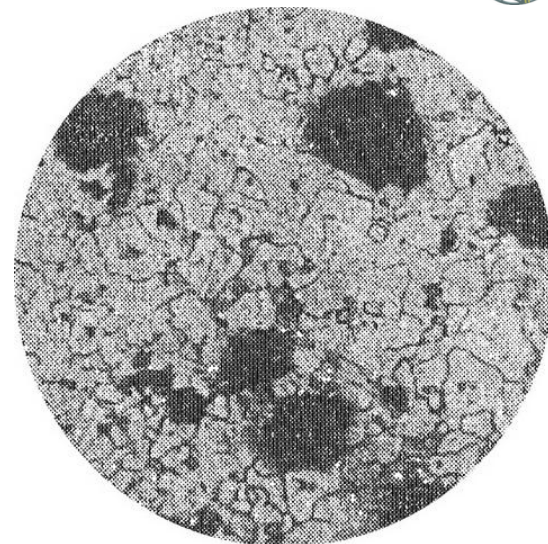


Рис. 1.5. Хлопьевидный графит

Ковкий чугун маркируют буквами КЧ, после которых ставят числа, показывающие гарантируемые предел прочности на растяжение в кгс/мм<sup>2</sup> (10<sup>-1</sup> МПа) и относительное удлинение в процентах. Марки ковкого чугуна:

КЧ 30-6; КЧ 35-10; КЧ 37-12 — ферритные;

КЧ 45-7; КЧ 60-3; КЧ 80-1,5 — перлитные.

**Удлинение относительное**—отношение абсолютного удлинения или уменьшения, т. е. приращения длины линейного элемента или образца или части их при растяжении, к их первоначальной длине. Измеряют в долях (в процентах).

#### Пример.

КЧ 30-6 — ковкий чугун, гарантируемые предел прочности на растяжение 300 МПа, относительное удлинение 6%

**Высокопрочными** называют чугуны, в которых углерод находится в свободном состоянии в виде шаровидного графита. Их получают модифицированием магнием, который вводят в жидкий чугун в количестве 0,02...0,08%. Ввиду того что модифицирование чистым магнием сопровождается значительным пироэффектом, применяют сплав магния с никелем.

Чугун после модифицирования имеет следующий химический состав:

3,0...3,6% С; 1,1...1,9% Si;

0,3...0,7% Mn; до 0,02% S и до 0,1% P.

**Шаровидный графит** (рис. 1.6, 1.7, 1.8) — менее сильный концентратор напряжений, чем пластинчатый или хлопьевидный графит, и поэтому меньше снижает механические свойства металлической основы. Чугуны обладают высокой прочностью и некоторой пластичностью, сохраняют свою прочность до 500°C (обычный чугун до 400°C).

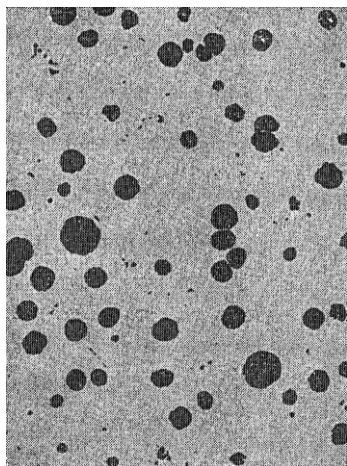
Высокопрочные чугуны маркируются буквами ВЧ, после которых ставится число, показывающее гарантируемый предел прочности на растяжение в кгс/мм<sup>2</sup> (10<sup>-1</sup> МПа). Марки высокопрочного чугуна:

ВЧ 38; ВЧ 42; ВЧ 50 — ферритные;

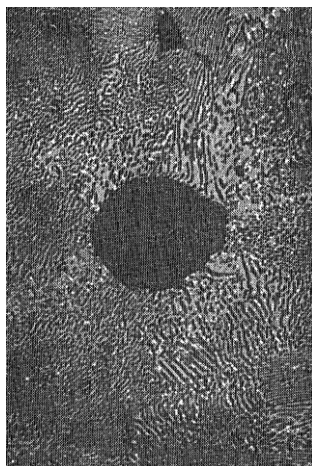
ВЧ 60, ВЧ 80; ВЧ 120 — перлитные.

#### Пример.

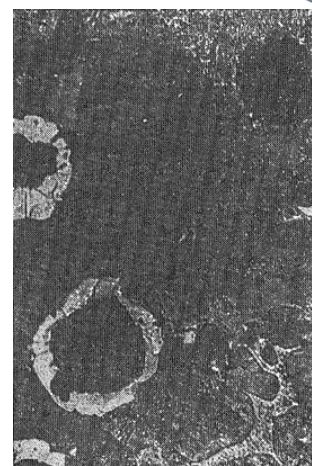
ВЧ 38 — высокопрочный чугун, гарантируемый предел прочности на растяжение 380 МПа



**Рис. 1.6.** Шаровидный графит  $\times 400$



**Рис. 1.7.** Перлитный высокопрочный  $\times 400$



**Рис. 1.8.** Перлитно-ферритный высокопрочный чугун  $\times 100$

### Легированный чугун

Кроме обычных элементов, легированный чугун содержит специальные добавки для повышения механических или специальных свойств: износостойкости, жаропрочности, коррозионной стойкости и др. Все легирующие элементы изменяют процесс графитизации, и образуются мелкий графит и более дисперсная основа.

В ГОСТ приняты следующие буквенные обозначения легирующих элементов:

|              |              |
|--------------|--------------|
| А — азот     | М — молибден |
| Ю — алюминий | Н — никель   |
| Р — бор      | Б — ниобий   |
| Ф — ванадий  | Е — селен    |
| В — вольфрам | Т — титан    |
| К — кобальт  | У — углерод  |
| С — кремний  | П — фосфор   |
| Г — марганец | Х — хром     |
| Д — медь     | Ц — цирконий |

### Износостойкие (антифрикционные) чугуны

Обозначают сочетанием букв АЧС, АЧК, АЧВ. Буквы С, К, В обозначают вид чугуна: серый, ковкий, высокопрочный. Цифра обозначает номер чугуна.

#### Пример.

АЧВ – 2 — антифрикционный высокопрочный чугун, номер 2.

### Жаростойкие и жаропрочные чугуны

Обозначают набором заглавных букв русского алфавита и следующими за ними букв. Буква «Ч» — чугун. Буква «Ш», стоящая в конце марки означает шаровидную форму графита. Остальные буквы означают легирующие элементы, а числа, следующие за ними, соответствуют их процентному содержанию в чугуне.

#### Пример.

ЧН20Д2ХШ — жаропрочный чугун, содержащий никеля 20%, 2% меди, 1% хрома, форма графита — шаровидная



### **Коррозионностойкие чугуны**

Коррозионностойкие чугуны обладают высокой стойкостью в газовой, воздушной и щелочных средах. Их применяют для изготовления деталей узлов трения, работающих при повышенных температурах.

#### **Пример.**

ЧС17 — коррозионностойкий чугун, содержащий 17% кремния.

## **4. Применение углеродистых сталей и чугунов**

### **Белые чугуны**

Их можно применять для деталей, от которых требуется высокая износостойкость поверхности. Например, изготавливают шары шаровой мельницы для размола руды и минералов.

### **Серые чугуны**

**Ферритные чугуны** марок СЧ10, СЧ15, СЧ18 применяются для малоответственных деталей, испытывающих небольшие нагрузки. Например, фундаментные плиты, крышки, фланцы, рамы двигателей, компрессоров, шиберы и заслонки печей, корпуса фильтров и масленок, маховики, корпуса редукторов, насосов, тормозные барабаны, диски сцепления и др.

**Феррито-перлитные чугуны** марок СЧ20, СЧ21, СЧ25 применяются для деталей, работающих при повышенных статических и динамических нагрузках. Например, головки цилиндров, поршни, втулки для поршневых колец паровых цилиндров, колеса центробежных насосов, станины станков, зубчатые колеса, диафрагмы, цилиндры низкого давления и выхлопные патрубки турбин.

**Перлитные чугуны** марок СЧ30, СЧ35, СЧ40, СЧ45 применяют для деталей, работающих при высоких нагрузках или в тяжелых условиях износа: зубчатые колеса, гильзы блоков цилиндров, распределительные ваты и др. Мелкие разобщенные графитовые включения меньше снижают прочность чугунов. Измельчение графитовых включений достигается путем модифицирования жидкого чугуна ферросилицием, алюминием или феррокальцием (0,3...0,6% от массы шихты). Отливки из серого чугуна подвергают термической обработке: для снятия внутренних напряжений — отжиг I рода (560°C); для повышения механических свойств и износостойкости — нормализация или закалка с отпуском. Для повышения износостойкости гильз цилиндров, распределительных валов и других изделий перлитные чугуны подвергают азотированию.

### **Ковкие чугуны**

Из этих чугунов изготавливают детали высокой прочности, работающие в тяжелых условиях износа, способные воспринимать ударные и знакопеременные нагрузки. Большая плотность отливок ковкого чугуна позволяет изготавливать детали водо- и газопроводных установок, корпуса вентиля, кранов, задвижек.

### **Высокопрочные чугуны**

Высокопрочные чугуны применяют в различных отраслях техники, эффективно заменяя сталь во многих изделиях и конструкциях. Например, корпуса паровых турбин, насосов, вентиля, лопатки направляющего аппарата, коленчатые валы, поршни и другие ответственные детали, работающие при высоких циклических нагрузках и в условиях изнашивания.