

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЧУГУНОВ

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Материаловедение», «Основы материаловедения»
для обучающихся технических направлений и специальностей
подготовки всех форм обучения

Составитель: С.В. Ляцинина

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 5 от 30.03.2022
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления 15.03.05
Протокол № 4 от 06.04.2022

Электронная копия находится
в библиотеке ГУ КузГТУ

Кемерово 2022

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение микроструктуры белых, серых, высокопрочных и ковких чугунов. Установление зависимости между структурой и механическими свойствами чугунов. Ознакомление с маркировкой и применением серых, высокопрочных и ковких чугунов.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Чугунами называют нековкие сплавы железа с углеродом, содержащие свыше 2,14 % С.

Повышенное количество углерода в составе чугунов приводит либо к образованию в структуре сплава твердой и хрупкой эвтектики в соответствии с диаграммой Fe-Fe₃C, либо к появлению свободного углерода в виде графита в результате процесса графитизации (табл. 1).

Образование кристаллов графита (графитизация чугуна) зависит в основном *от двух условий*: скорости охлаждения и наличия в чугуне «графитизирующих» примесей Si, Ni, Al и др. Препятствуют графитизации быстрое охлаждение и наличие карбидообразующих примесей Mn, Cr и др., а также серы. Для расчета шихты при выплавке чугуна пользуются структурными диаграммами, простейшие из которых представлены на рис. 1 а, б.

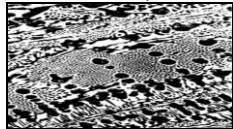
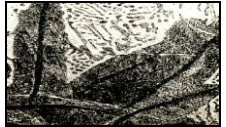
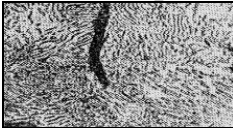

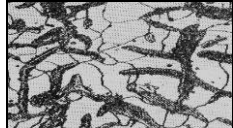
3. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЧУГУНОВ, КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА

Механизм формирования структуры в зависимости от степени графитизации проиллюстрирован в табл. 1. Основное отличие серых чугунов от белых заключается в отсутствии в их структуре первичного цементита, входящего в состав карбидной эвтектики.

Из диаграммы (рис. 1) следует, что в зависимости от скорости охлаждения и содержания углерода и кремния можно получить чугуны разных структурных классов.

Таблица 1

Механизм кристаллизации чугунов

| Наименование чугуна | | I кристаллизация | II кристаллизация | Структура |
|---------------------|--------------------------------------|--|---|--|
| 1 | Белые чугуны (БЧ) | $\text{Ж} \rightarrow \text{А}$ $\text{Ж}_{4,3} \xrightarrow{1147} \text{Л}(\text{А} + \text{Ц}_I)$ | $\text{А}_{2,14-0,8} \xrightarrow{1147-727} \text{Ц}_{II}$ $\text{А}_{0,8} \xrightarrow{727} \text{П}(\Phi + \text{Ц})$ | $\text{П} + \text{Ц}_{II} + \text{Л}(\text{П} + \text{Ц})$  |
| 2 | Половинчатые | $\text{Ж}_{4,3} \xrightarrow{1153} \text{А} + \text{Гр} \rightarrow \text{СЧ}$ $\text{Ж}_{4,3} \xrightarrow{1147} \text{Л}(\text{А} + \text{Ц}_I) \rightarrow \text{БЧ}$ | $\text{А}_{2,14-0,8} \xrightarrow{1147-727} \text{Ц}_{II}$ $\text{А}_{0,8} \xrightarrow{727} \text{П}(\Phi + \text{Ц})$ | $\text{П} + \text{Ц}_{II} + \text{Л} + \text{Гр}$  |
| 3 | Серый чугун на перлитной основе (СЧ) | $\text{Ж}_{4,3} \xrightarrow{1153} \text{А} + \text{Гр}$ | $\text{А}_{2,14-0,8} \xrightarrow{1147-727} \text{Ц}_{II}$ $\text{А}_{0,8} \xrightarrow{727} \text{П}(\Phi + \text{Ц})$ | $\text{П} + \text{Гр}$  |
| 4 | СЧ на феррито-перлитной основе | $\text{Ж}_{4,3} \xrightarrow{1153} \text{А} + \text{Гр}$ | $\text{А}_{2,14-0,8} \xrightarrow{1147-727} \text{Ц}_{II}$ $\text{А}_{0,8} \xrightarrow{738} \Phi + \text{Гр}$ $\text{А}_{0,8} \xrightarrow{727} \text{П}(\Phi + \text{Ц})$ | $(\Phi + \text{П}) + \text{Гр}$  |
| 5 | СЧ на ферритной основе | $\text{Ж}_{4,3} \xrightarrow{1153} \text{А} + \text{Гр}$ | $\text{А}_{2,14-0,8} \xrightarrow{1147-727} \text{Гр}$ $\text{А}_{0,8} \xrightarrow{738} \Phi + \text{Гр}$ | $\Phi + \text{Гр}$  |

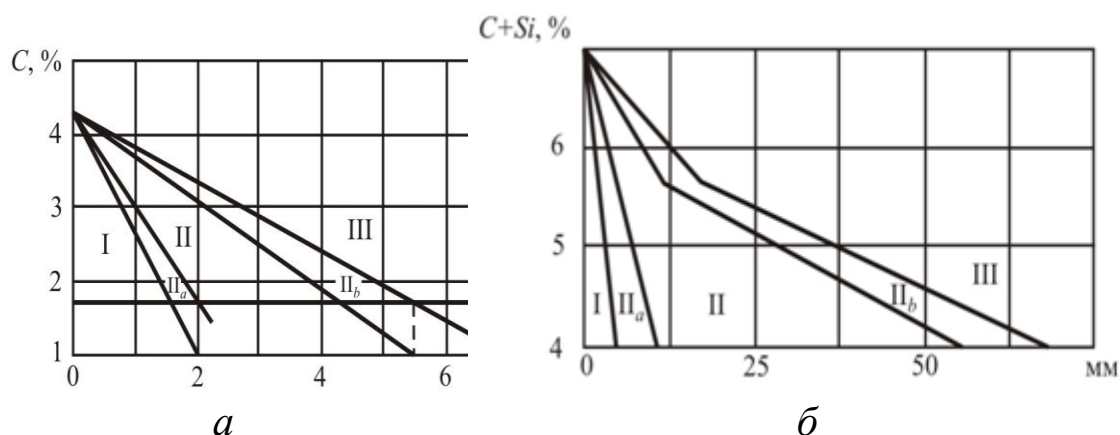


Рис.1. Структурная диаграмма чугунов:

а – в зависимости от соотношения углерода и кремния;

б – в зависимости от суммарного содержания C + Si и от толщины стенки детали

I – белые чугуны, структура П + Л;

II_a – половинчатые чугуны, структура П + Г + Л;

II – серые перлитные чугуны, структура П + Г;

II_b – серые феррито-перлитные чугуны, структура Ф + П + Г;

III – серые ферритные чугуны, структура Ф + Г

3.1. Белые чугуны

Белыми называют чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии – в виде цементита. В зависимости от содержания углерода и структуры в соответствии с диаграммой Fe-Fe₃C белые чугуны подразделяются, как указано в табл. 2, на доэвтектические, эвтектические и заэвтектические.

Таблица 2

| Чугун | Содержание углерода, % | Структурный состав |
|------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| <i>Доэвтектический</i> | 2,14 – 4,3 | Перлит+цементит вторичный+ледебурит |
| <i>Эвтектический</i> | 4,3 | Ледебурит |
| <i>Заэвтектический</i> | >4,3 – 6,67 | Цементит первичный+ледебурит |

Белые чугуны так же содержат 0,6 – 0,9 % Si; 0,3 – 0,4 % Mn; 0,1 – 0,2 % P; 0,06 – 0,1 % S.

Большое количество цементита в структуре определяет их механические свойства, они обладают высокой твердостью (НВ 450...550 в доэвтектических чугунах и до НВ 700 в

заэвтектических) и хрупкостью, очень трудно обрабатываются резанием. Поэтому нашли ограниченное применение как конструкционные материалы только доэвтектические белые чугуны, в том числе легированные, для деталей, работающих в условиях абразивного трения (шары и бронеплиты шаровых мельниц, рабочие колеса центробежных насосов для перекачки водоугольных суспензий, тормозные колодки, валки листовых прокатных станков, вагонные колеса и др.). Эвтектические и заэвтектические белые чугуны нашли применение как передельные чугуны в производстве стали. Структуры белых чугунов представлены на рис. 2.

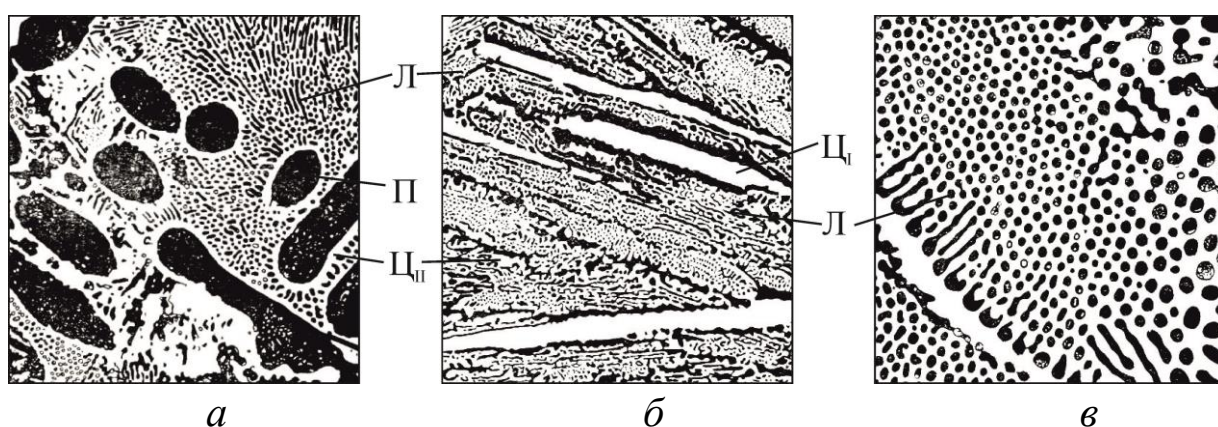


Рис. 2. Структуры белых чугунов: *а* – доэвтектического; *б* – заэвтектического; *в* – эвтектического (П – перлит; Ц – цементит; Л – ледебурит)




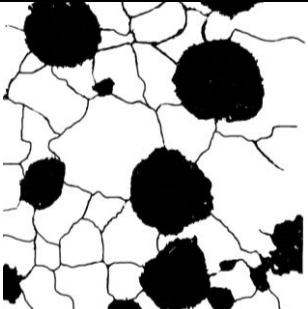

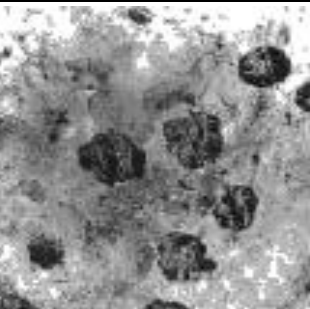
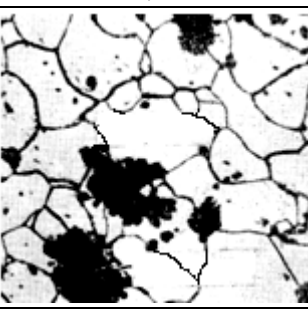
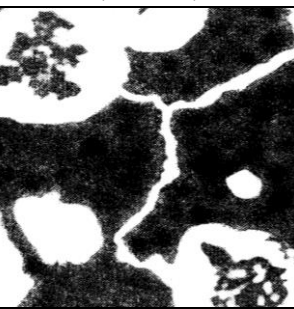
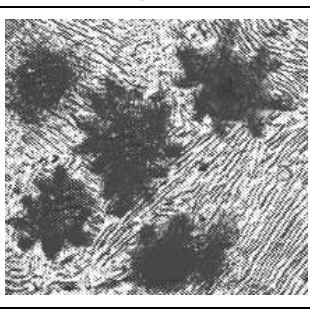
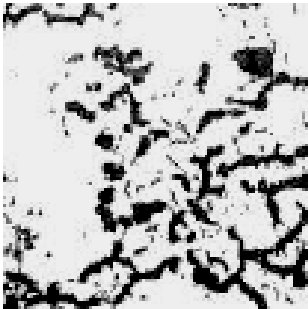

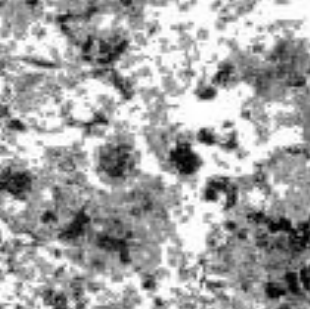
3.2. Серые чугуны

Серыми называют чугуны, в которых часть углерода находится в виде цементита ($C_{\text{связ}} \leq 0,8\%$), остальной углерод образует кристаллы графита. Структуры таких чугунов соответствуют областям II, II_б, III диаграмм (рис. 1 и в табл. 1). В зависимости от степени графитизации меняется структура металлической основы и, соответственно, количество и размеры кристаллов графита. Подбором хим. состава (C + Si) % и скоростью охлаждения можно обеспечить получение различной структуры металлической основы. Однако этот путь ограничен получением предела прочности при растяжении не более 250-280 МПа в перлитном сером чугуне. Повышение прочностных характеристик чугуна возможно с применением

технологических приемов (модифицирование, термообработка чугуна), обеспечивающих изменение формы, размеров и распределение графитовых включений. В табл. 3 представлены марки серого чугуна в зависимости от формы графита и структуры металлической основы.

Таблица 3

Структура серых чугунов

| Название, группа, марка | Структурный класс чугуна | | |
|---|---|--|---|
| | Ферритный (Ф+Г) | Феррито-перлитный (Ф+П+Г) | Перлитный (П+Г) |
| Серый чугун с пластинчатым графитом ГОСТ 1412 |  |  |  |
| Марка | СЧ15 | СЧ25 | СЧ30; СЧ35 |
| Высокопрочный чугун с шаровидным графитом ГОСТ 7293 |  |  |  |
| Марка | ВЧ35; ВЧ40 | ВЧ45; ВЧ50; ВЧ60 | ВЧ80; ВЧ100 |
| Ковкий чугун с хлопьевидным графитом ГОСТ 1215 |  |  |  |
| Марка | КЧ30-6 | КЧ33-8; КЧ35-10; КЧ37-12 | КЧ45-7; КЧ65-3; КЧ80-1,5 |
| Чугун с вермикулярным графитом ГОСТ 28394 |  |  |  |
| Марка | ЧВГ30; ЧВГ35 | ЧВГ40 | ЧВГ45 |

Чем больше графита, чем он крупнее, чем неравномернее он расположен в металлической основе – тем ниже прочность чугуна. При одинаковой форме графита, прочность тем выше, чем больше в структуре металлической основы перлита. Наибольшей прочностью и твердостью обладают перлитные серые чугуны.

3.2.1. Модифицированный кремнием серый чугун

Цель – получение перлитного серого чугуна с мелким «завихренным» равномерно распределенным пластинчатым графитом. Достигается это путем обработки жидкого чугуна при выпуске из плавильной печи небольшими добавками (0,3-0,5 %) ферросилиция или силикокальция. Под струю металла в литейный ковш засыпается порция свежеразмолотого ферросилиция, который растворяется и размешивается в чугуне. Жидкий чугун должен быть перегрет до 1 400 °С, иметь хим. состав, который после затвердевания дал бы структуру половинчатого чугуна (см. табл. 1). Добавление кремния в жидкий металл переводит по химсоставу чугун из области II_a в область II, т. е. обеспечивает получение перлитного серого чугуна (см. рис. 1). Часть кремния расходуется на связывание растворенного в чугуне кислорода, при этом образуются мелкие твердые частицы SiO_2 ($T_{пл} \sim 1\,710$ °С), которые служат дополнительными зародышами кристаллов графита. Таким образом, графит измельчается, более равномерно распределяется, временное сопротивление может быть повышено до 350-400 МПа.

3.2.2. Модифицированный магнием высокопрочный чугун

Это разновидность серого чугуна, получившая другое название из-за существенного различия механических характеристик. Цель модифицирования магнием – получить шаровидный графит, который по сравнению с пластинчатым является значительно меньшим концентратором напряжений, меньше «ослабляет» металлическую основу, тем самым повышая прочность чугуна. Для этого жидкий перегретый до 1 400-1 500 °С чугун обрабатывается добавками в ковш 0,3-0,5 % по массе магния, который должен раствориться в чугуне, и при

кристаллизации, будучи поверхностно-активным веществом относительно растущих кристаллов графита, обеспечить одинаковую скорость роста во всех направлениях и получение шаровидной формы графита. Чтобы магний не расходовался на реакции с кислородом и серой, перед обработкой магнием в ковше дают 0,3 % ферросилиция, а выплавленный чугун должен быть очень чистым по сере ($\leq 0,01-0,02\%$ S). Введение магния в жидкий чугун сопряжено с рядом трудностей: магний – легкий металл ($\rho \sim 1,7 \text{ г/см}^3$), его температура кипения ниже температуры жидкого чугуна. Один из вариантов современной технологии – введение магния «под колоколом» в ковш с жидким чугуном, помещенный в герметичную камеру – автоклав, где предварительно повышается давление до 10 атм.

Структуры высокопрочного чугуна приведены в табл. 3. Прочность при растяжении в таком чугуне достигает 800 МПа, а после термообработки – 1000 МПа.

3.2.3. Получение ковкого чугуна с хлопьевидным графитом

Хлопьевидный графит (углерод отжига) меньше, чем пластинчатый, ослабляет металлическую основу, поэтому чугун с таким графитом более прочен, чем серый чугун. Получают чугун с такой формой графита и перлитной или ферритной основой высокотемпературным отжигом белого доэвтектического чугуна (рис. 3, табл.1. п.п. 3, 4, 5).

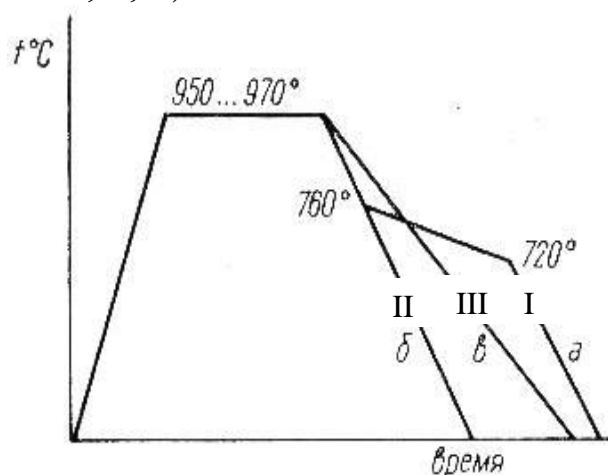


Рис. 3. Схемы режимов отжига отливок на ковкий чугун:
 I – отжиг на ферритный чугун; II – отжиг на перлитный чугун;
 III – отжиг на феррито-перлитный чугун

Для этого используется белый чугун (область I, рис. 1). Он разливается в формы и после затвердевания имеет структуру $P + C_{II} + L$. Последующий отжиг при температуре 950-1 000 °С с длительной выдержкой вызывает распад первичного цементита и диффузию атомов углерода, собирающихся в компактные включения графита хлопьевидной формы (см. табл. 3). Различная степень графитизации регулируется разными режимами охлаждения и получается ферритный (режим I, рис. 3), перлитный (режим II, рис. 3) либо феррито-перлитный ковкий чугун (режим III, рис. 3). Общая продолжительность отжига достигает 70-80 ч., что сильно удорожает процесс. Возможность гарантированного получения структуры белого чугуна только в тонком сечении (область I, рис. 1) ограничивает применение этого чугуна только для мелких тонкостенных деталей.

Структуры ковкого чугуна представлены в табл. 3. Прочность при растяжении у ковких чугунов может быть до 800 МПа.

3.2.4. Получение чугуна с вермикулярным графитом

Чугун с вермикулярным графитом – это относительно новый материал, производство и потребление которого развивается очень интенсивно благодаря уникальным свойствам сплава. Частицы графита ориентированы беспорядочно и имеют продолговатую форму, как в серых чугунах, но они короче, толще и имеют закругленные углы.

Известны следующие способы получения чугуна с вермикулярным графитом: обработка жидкого чугуна РЗМ (Се, Y и др.); глубокая десульфурация чугуна в сочетании с быстрой скоростью охлаждения или затвердевания (в качестве десульфуратов используют порошкообразную известь, соду, карбид кальция, гранулированный магний или смеси нескольких реагентов); модифицирование церием; целенаправленная недоработка жидкого чугуна или передержка обработанного магнием расплава; обработка высокосернистого чугуна магнием и РЗМ; обработка расплава чугуна определенного состава азотом.

Вермикулярная форма графита подавляет зарождение и распространение разрушения. Создает условия для повышенных механических свойств и в тоже время обеспечивает хорошую теплопроводность.

Структуры чугуна с вермикулярным графитом представлены в табл. 3. Временное сопротивление разрыву при растяжении достигает 300-440 МПа.

3.3. Маркировка чугунов

Серые чугуны с пластинчатым графитом по ГОСТ 1412-85. маркируются буквами СЧ и цифровое обозначение величины минимального временного сопротивления разрыву при растяжении в МПа·10⁻¹. Например, СЧ25 имеет σ_B не менее 250 МПа (25 кгс/мм²).

Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом по ГОСТ 7293-85 маркируются буквами ВЧ и цифровое обозначение минимального значения временного сопротивления при растяжении в МПа·10⁻¹. Например, ВЧ60 имеет $\sigma_B \geq 600$ МПа (60 кгс/мм²).

Ковкие чугуны с хлопьевидным графитом по ГОСТ 1215-79 маркируются буквами КЧ и двумя группами цифр. Первая группа цифр показывает временное сопротивление растяжению, вторая группа цифр обозначает относительное удлинение. Например, КЧ37–12 имеет $\sigma_B \geq 370$ МПа (37 кгс/мм²) и $\delta \geq 12\%$.

Чугуны с вермикулярным графитом по ГОСТ 28394-89 маркируют буквами ЧВГ и далее следует цифра, обозначающая величину минимального временного сопротивления при растяжении (кгс/мм²), например, ЧВГ 30 имеет $\sigma_B \geq 300$ МПа (30 кгс/мм²).

Серые чугуны – широко применяемые конструкционные материалы, обладающие хорошими технологическими свойствами, хорошо работают на сжатие, изгиб, обладают антифрикционными свойствами, гасят вибрации. Примеры применения чугунов различных марок даны в прил. 1, а их свойства – в прил. 2.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить микроструктуру белых и серых чугунов при

просмотре коллекции микрошлифов на металлографическом микроскопе.

2. Зарисовать микроструктуры в таблице отчета (табл. 4) и расшифровать их, обозначив структурные составляющие.

3. Сравнить зарисованные структуры с классификатором структур (табл. 3), назвать чугун каждого образца, его марку и примерное назначение по прил. 1.

Таблица 4

Форма отчета

| № шлифа | Микроструктура | | Название чугуна, марка, ГОСТ | Хим. состав, % | | | | | Мех. свойства | | | Примерное назначение |
|---------|----------------|----------|------------------------------|----------------|----|----|---|---|---------------|------------|----------|----------------------|
| | рисунок | название | | C | Si | Mn | P | S | НВ | σ_B | δ | |
| | | | | | | | | | | | | |

4. Пользуясь таблицами химического состава и механических свойств ГОСТ 1412-85, ГОСТ 7293-85, ГОСТ 1215-79 (прил. 2), заполнить соответствующие графы таблицы отчета.

5. Проанализировать информацию, содержащуюся в таблице отчета и сделать выводы:

– о влиянии структуры металлической основы при одинаковой форме графита на σ_B ; НВ; δ ;

– влиянии формы графитовых включений при одинаковой структуре металлической основы на НВ; σ_B ; δ .

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие железоуглеродистые сплавы называют «белые чугуны»?

2. Какое содержание углерода в доэвтектическом белом чугуне? Заэвтектическом? Эвтектическом?

3. Дать название железоуглеродистым сплавам имеющим структуру:

а) П + Л + Ц

г) П + $\Gamma_{ХЛ}$

б) Ф + П + $\Gamma_{ПЛ}$

д) Ф + $\Gamma_{Ш}$

в) Л + Ц

е) П + $\Gamma_{ПЛ}$

4. Серые чугуны имеют структуру:

а) Ф+Г;

б) П+Г;

в) Ф+П+Г.

Какой из них наиболее прочен?

5. По какому признаку можно определить, является чугун серым, высокопрочным или ковким?

6. Чугун со структурой П+Г лучше работает на растяжение? На сжатие?

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материаловедение : учебник для студентов вузов, обучающихся по машиностроительным направлениям / В. Б. Арзамасов, А. А. Черепяхин. – Москва : Академия, 2013. – 176 с.

2. Гуляев, А. П. Металловедение: учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. – Москва : Альянс, 2011. – 644 с.

3. Лахтин, Ю. М. Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – Москва : Альянс, 2009. – 528 с.

4. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – Введ. 1987-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.

5. ГОСТ 7293-85. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки. – Введ. 1987-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 3 с.

6. ГОСТ 1215-79. Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия. – Введ. 1987-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1979. – 5 с.

7. ГОСТ 28394-89. Чугун с вермикулярным графитом для отливок. Марки. – Введ. 1991-01-01. – Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 4 с.

Приложение 1
Область применения серых чугунов

| Марка чугуна | Примерное применение |
|---------------------|--|
| | <u>Серые чугуны [1]</u> |
| СЧ 10 | Грузы, противовесы, ширпотреб (печное литье) |
| СЧ 15 | Слабонагруженные корпусные детали станков, пилорам – станины, стойки, кронштейны |
| СЧ 20 СЧ 25 | Нагруженные корпусные детали: станины крупных станков, корпуса редукторов, шкивы, маховики, блоки цилиндров, гильзы автотракторных двигателей и т. д. |
| СЧ 30 СЧ 35 | Тяжелонагруженные детали электродвигателей (станины, щиты подшипниковые), дизельных двигателей (блоки цилиндров, гильзы, диски сцепления), зубчатые колеса, муфты и другие детали станков |
| | <u>Высокопрочные чугуны [2]</u> |
| ВЧ 40 ВЧ 45 | Балки рольгангов, траверса, рама реверсивного прокатного стана, блок цилиндров экскаватора, вал эксцентрика, детали гидро- и паровых турбин. |
| ВЧ 50 | Коленчатые валы крупных двигателей 600, 900, 1200, 2000 л.с, детали горнорудного и размольного оборудования, корпус, траверса, кронштейн рабочей клетки прокатного стана, ковочного пресса и др. |
| ВЧ 60 ВЧ 70 | Коленчатые валы легковых автомобилей, тракторов, комбайнов, цилиндрические конические шестерни, венец барабана канатного подъемника, шестерня углеробилки и др. |
| | <u>Ковкие чугуны [2]</u> |
| КЧ 30-6 | Детали отливок, работающих при низких статических и динамических нагрузках; детали трубопроводной арматуры и приводных устройств к ней; сантехническое и строительное оборудование |
| КЧ 33-8 КЧ 35-10 | Для сельхозмашин: детали шасси, корпусные, кронштейны, втулки, фитинги, пробки, барашки |
| КЧ 37-12 КЧ 45-6 | Для автомобилей: корпусные детали шасси, подвески, картеры мостов, коробки передач, дифференциала, втулки, рычаги, кронштейны и др. |

Приложение 2
Химический состав и механические свойства чугунов

Химический состав отливок из серого чугуна ГОСТ 1412-85

| Марка чугуна | Массовая доля элементов, % | | |
|--------------|----------------------------|---------|----------|
| | Углерод | Кремний | Марганец |
| СЧ 10 | 3,5–3,7 | 2,2–2,6 | 0,5–0,8 |
| СЧ 15 | 3,5–3,7 | 2,0–2,4 | 0,5–0,8 |
| СЧ 20 | 3,3–3,5 | 1,4–2,4 | 0,7–1,0 |
| СЧ 25 | 3,2–3,4 | 1,4–2,2 | 0,7–1,0 |
| СЧ 30 | 3,0–3,2 | 1,3–1,9 | 0,7–1,0 |
| СЧ 35 | 2,9–3,0 | 1,2–1,5 | 0,7–1,1 |

Примечание: 1) $P \leq 0,3-0,2$; 2) $S \leq 0,15-0,12$

Механические свойства отливок из серого чугуна
ГОСТ 1412-85

| Марка чугуна | Временное сопротивление при растяжении σ_b , МПа (кгс/мм ²), не менее | Твердость НВ, не менее |
|--------------|--|------------------------|
| СЧ 10 | 100 (10) | 156 |
| СЧ 15 | 150 (15) | 163 |
| СЧ 20 | 200 (20) | 170 |
| СЧ 25 | 250 (25) | 187 |
| СЧ 30 | 300 (30) | 197 |
| СЧ 35 | 350 (35) | 229 |

Примечание: 1. Для отливки толщиной стенки 15 мм
2. Относительное удлинение 0 %

Химический состав высокопрочного чугуна ГОСТ 7293-85

| Марка чугуна | Массовая доля элементов, % | | |
|--------------|----------------------------|---------|----------|
| | Углерод | Кремний | Марганец |
| ВЧ 35 | 3,3–3,5 | 1,9–2,9 | 0,2–0,6 |
| ВЧ 40 | 3,3–3,6 | 1,9–2,9 | 0,2–0,6 |
| ВЧ 45 | 3,3–3,6 | 1,9–2,9 | 0,3–0,7 |
| ВЧ 50 | 3,3–3,6 | 1,9–2,9 | 0,3–0,7 |
| ВЧ 60 | 3,3–3,6 | 2,4–2,6 | 0,4–0,7 |
| ВЧ 70 | 3,3–3,6 | 2,6–2,9 | 0,4–0,7 |
| ВЧ 80 | 3,3–3,6 | 2,6–2,9 | 0,4–0,7 |
| ВЧ 100 | 3,3–3,6 | 3,0–3,8 | 0,4–0,7 |

Примечание: 1) $P \leq 0,1$, $S \leq 0,01-0,02$; 2) $Mg \leq 0,005$

Механические свойства высокопрочного чугуна ГОСТ 7293-85

| Марка чугуна | Временное сопротивление при растяжении σ_b , МПа(кгс/мм ²) не менее | Относительное удлинение δ %, не менее | Твердость по Бринеллю, НВ |
|--------------|--|--|---------------------------|
| ВЧ 35 | 350 (35) | 22 | 140–170 |
| ВЧ 40 | 400 (40) | 15 | 140–200 |
| ВЧ 45 | 450 (45) | 10 | 160–220 |
| ВЧ 50 | 500 (50) | 7 | 170–240 |
| ВЧ 60 | 600 (60) | 3 | 190–280 |
| ВЧ 70 | 700 (70) | 2 | 240–300 |
| ВЧ 80 | 800 (80) | 2 | 250–330 |
| ВЧ 100 | 1000 (100) | 2 | 270–360 |

Химический состав ковких чугунов ГОСТ 1215-79

| Марка чугуна | Химический состав, % | | | | | |
|--|----------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| | Углерод | Кремний | Марганец | Фосфор | Сера | Хром |
| Чугун ферритного класса | | | | | | |
| КЧ 30-6 КЧ 33-8 | 2,6–2,2 | 1,0–1,6 | 0,4–0,6 | 0,18 | 0,20 | 0,08 |
| КЧ 35-10 КЧ 37-12 | 2,5–2,8 2,4–2,7 | 1,1–1,3 1,2–1,4 | 0,3–0,6 0,2–0,4 | 0,12 0,12 | 0,20 0,06 | 0,06 0,06 |
| Чугун перлитного класса | | | | | | |
| КЧ 45-7 КЧ 50-5 КЧ 55-4 | 2,5–2,8 | 1,2–1,4 | 0,3–1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,08 |
| КЧ 60-3 КЧ 65-3 КЧ 70-3 КЧ 80-1,5 | 2,4–2,7 | 1,2–1,4 | 0,3–1,0 | 0,1 | 0,06 | 0,08 |

Механические свойства ковких чугунов ГОСТ 1215-79

| Марка чугуна | Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа(кгс/мм ²), не менее | Относительное удлинение δ %, не менее | Твердость, НВ |
|--------------|--|--|---------------|
| КЧ 30-6 | 294 (30) | 6 | 100–163 |
| КЧ 33-8 | 323 (33) | 8 | 100–163 |
| КЧ 35-10 | 333 (35) | 10 | 100–163 |
| КЧ 37-12 | 362 (37) | 12 | 110–163 |
| КЧ 45-7 | 441 (45) | 7 | 150–207 |
| КЧ 50-5 | 490 (50) | 5 | 170–230 |
| КЧ 55-4 | 539 (55) | 4 | 192–241 |
| КЧ 60-3 | 588 (60) | 3 | 200–269 |
| КЧ 65-3 | 637 (60) | 3 | 212–269 |
| КЧ 70-3 | 686 (70) | 2 | 241–285 |
| КЧ 80-1,5 | 784 (80) | 1,5 | 270–326 |

Составитель
Лацинина Светлана Викторовна

МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЧУГУНОВ

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Материаловедение», «Основы материаловедения»
для обучающихся технических направлений и специальностей
подготовки всех форм обучения

Рецензент Л. П. Короткова

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 16.05.2022 Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 0,9. Тираж экз. Заказ .

«Кузбасский государственный технический университет им.

Т. Ф. Горбачева». 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр «Кузбасского государственного технического
университета им. Т. Ф. Горбачева». 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.