

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального 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» для студентов технических направлений
всех форм обучения

Составитель С. В. Лащнина

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 3 от 22.09.2015
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления 15.03.05
Протокол № 2 от 30.09.2015
Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2015

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

Серые чугуны – это сплавы железа-углерода-кремния, в которых часть углерода находится в виде цементита ($C_{\text{связ}} \leq 0,8 \%$), остальной углерод образует кристаллы графита. В структуре серых чугунов отсутствует первичный цементит.

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.

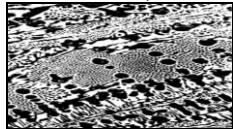

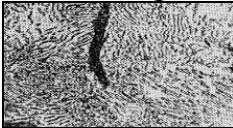

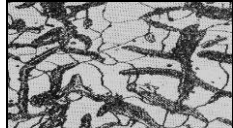
3. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЧУГУНОВ, КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА

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	$\text{Ж}_{4,3} \xrightarrow{1153} \text{А} + \text{Гр}$	$\text{А}_{2,14-0,8} \xrightarrow{1147-727} \text{Гр}$ $\text{А}_{0,8} \xrightarrow{738} \Phi + \text{Гр}$	$\Phi + \text{Гр}$ 

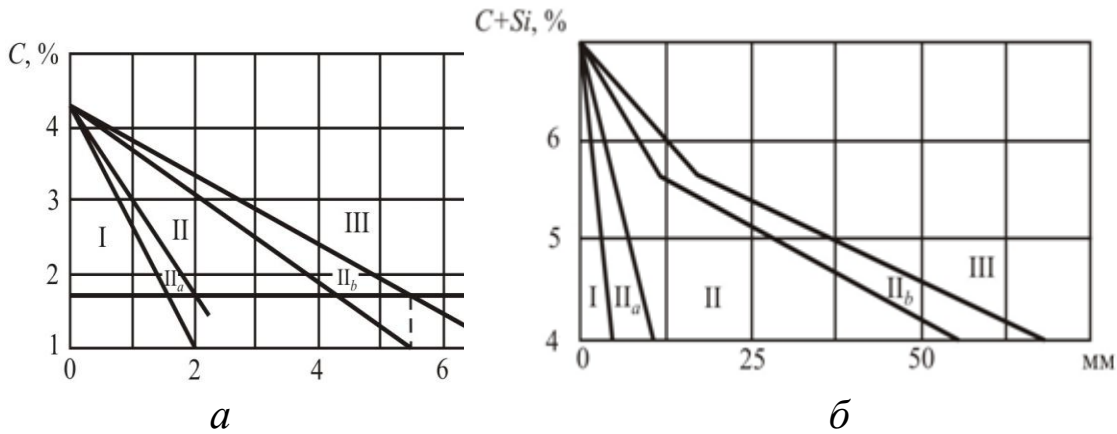


Рис.1. Структурная диаграмма чугунов:

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_б – 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. Структуры таких чугунов соответствуют структурам диаграммы Fe-Fe₃C при содержании углерода более 2,14 %. По структуре различают *доэвтектические* (<4,3 % C), *эвтектический* (4,3 % C) и *заэвтектические* (>4,3 % C) белые чугуны. 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 станов, вагонные колеса и др.). Эвтектические и заэвтектические белые чугуны нашли применение как переделные чугуны в производстве стали. Повышение содержания углерода приближает сплав к эвтектическому составу, уменьшает температуру плавления и температурный интервал кристаллизации, что положительно отражается на литейных свойствах сплавов.

Структуры белых чугунов представлены на рис. 2.

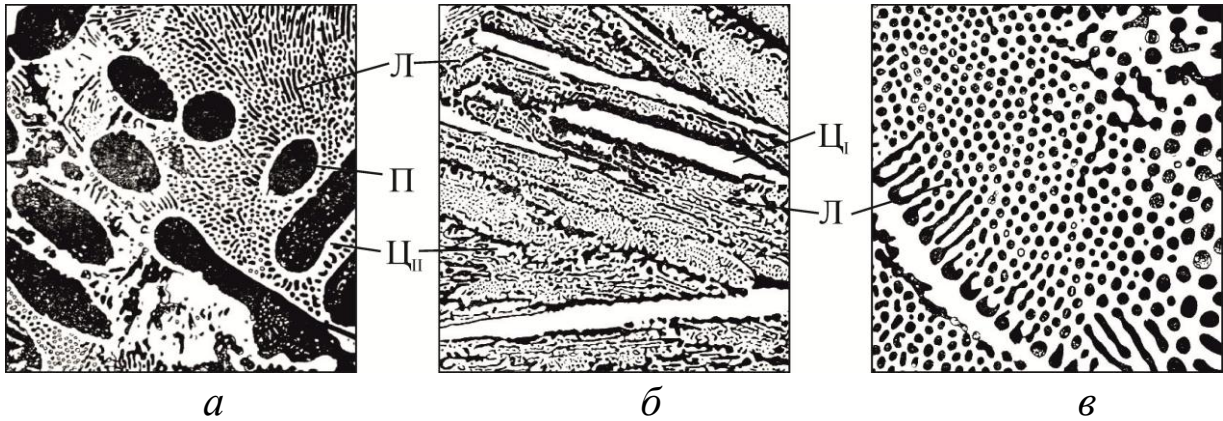


Рис. 2. Структуры белых чугунов: *a* – доэвтектического; *б* – заэвтектического; *в* – эвтектического (П – перлит; Ц – цементит; Л – ледебурит)



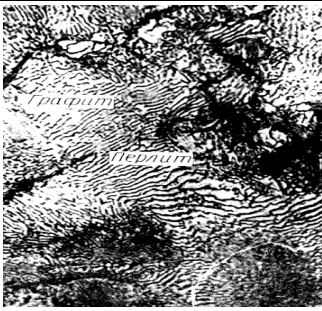
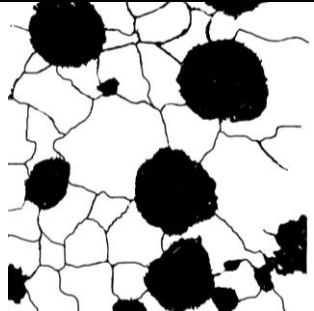

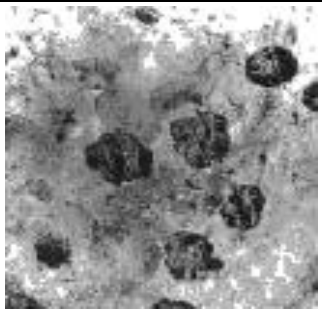
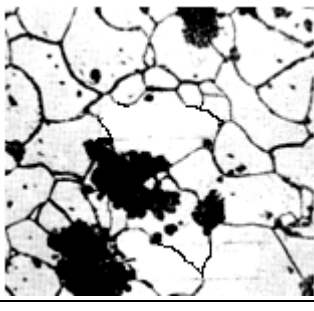
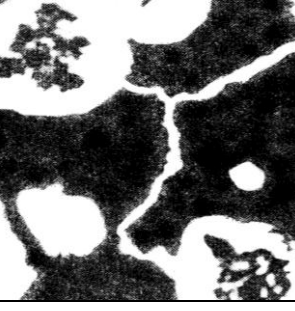
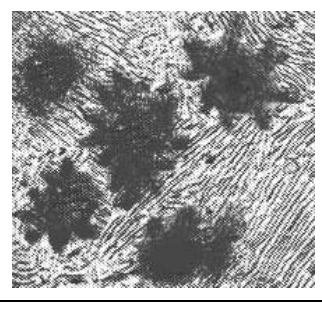
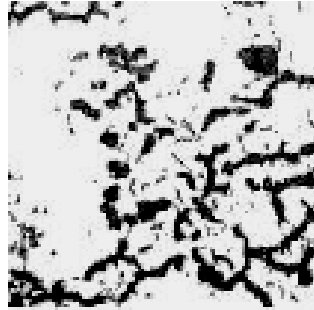
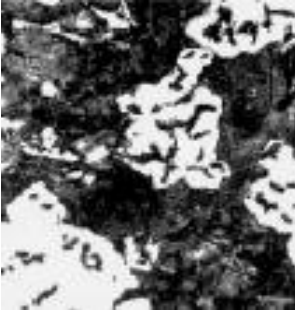
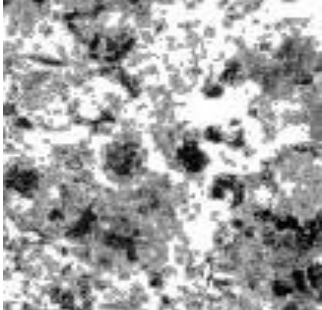
3.2. Серые чугуны

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_b, III диаграмм рис. 1 и приведены в табл. 1. В зависимости от степени графитизации меняется структура металлической основы и, соответственно, количество и размеры кристаллов графита. Подбором химсостава (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, обеспечивающих изменение формы, размеров и распределение графитовых включений. К таким приемам относятся модифицирование,

термообработка чугуна. Примеры структур серого чугуна в зависимости от формы графита и структуры основы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Структура серых чугунов

Название, группа, марка	Структурный класс чугуна		
	ферритный	феррито- перлитный	перлитный
Серый чугун ГОСТ 1412			
Марка	СЧ15	СЧ25	СЧ30; СЧ35
Высокопрочный чугун ГОСТ 7293			
Марка	ВЧ35; ВЧ40	ВЧ45; ВЧ50; ВЧ60	ВЧ80; ВЧ100
Ковкий чугун 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 1400 °С, иметь химсостав, который после затвердевания дал бы структуру половинчатого чугуна (см. табл. 1). Добавление кремния в жидкий металл переводит по химсоставу чугун из области Π_a в область Π , 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 ($T_{\text{пл}} \sim 1710$ °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 1400–1500 °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 ковш 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 ($\rho \sim 1,7$ г/см³), 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. 2. 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, пп. 3, 4, 5).

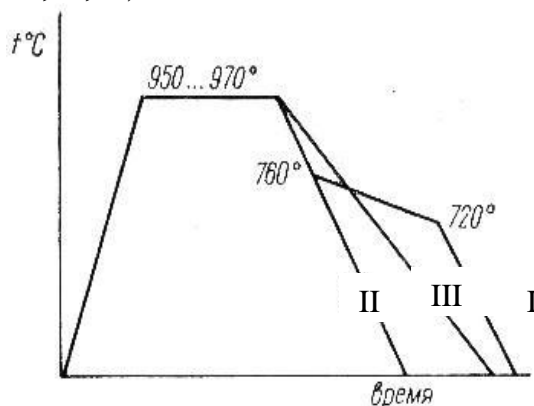


Рис. 3. Схемы режимов отжига отливок на ковкий чугун: I – отжиг на ферритный чугун; II – отжиг на перлитный чугун; III – отжиг на феррито-перлитный чугун

Для этого используется белый чугун (область I, рис. 1). Он разливается в формы и после затвердевания имеет структуру $\text{П} + \text{Ц}_{\text{II}} + \text{Л}$. Последующий отжиг при температуре 950–1000 °С с длительной выдержкой вызывает распад первичного цементита и диффузию атомов углерода, собирающихся в компактные вклю-

чения графита хлопьевидной формы (см. табл. 2). 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. 2. 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 (Ce, 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. 2. Временное сопротивление разрыву при растяжении достигает 300–440 МПа.

3.3. Маркировка чугунов

Серые чугуны с пластинчатым графитом регламентируются ГОСТ 1412. Они маркируются буквами СЧ и цифрами, например СЧ25. Цифры указывают, что временное сопротивление разрыву при растяжении этого чугуна не менее 250 МПа (25 кгс/мм²).

Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом по ГОСТ 7293 маркируются буквами ВЧ и цифрами, значение цифр то же, что и у серого чугуна. Например, ВЧ60 имеет $\sigma_b \geq 600$ МПа (60 кгс/мм²).

Ковкие чугуны с хлопьевидным графитом по ГОСТ 1215 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 маркируются буквами ЧВГ и далее следует цифра, обозначающая величину минимального временного сопротивления при растяжении (кгс/мм²), например, ЧВГ 30 имеет ≥ 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. 3) и расшифровать их, обозначив структурные составляющие.

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

Таблица 3

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. Железоуглеродистые сплавы имеют структуру:

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| а) П + Л + Ц | г) П + $\Gamma_{ХЛ}$ |
| б) Ф + П + $\Gamma_{ПЛ}$ | д) Ф + $\Gamma_{Ш}$ |
| в) Л + Ц | е) П + $\Gamma_{ПЛ}$ |

Назовите их.

4. Серые чугуны имеют структуру:

- Ф+Г;
- П+Г;
- 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. Лахтин, Ю. М. *Материаловедение* / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М.: Альянс, 2009. – 528 с.
2. *Материаловедение: учебник для студентов вузов* / под ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 648 с.
3. Гуляев, А. П. *Металловедение: учебник для вузов* / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. – Москва: Альянс, 2011. – 644 с.
4. ГОСТ 1412–85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – Введ. 1987–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 5с.
5. ГОСТ 7293–85. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки. – Введ. 1987–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 3 с.
6. ГОСТ 1215–79. Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия. – Введ. 1987–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 5 с.

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 угледробилки и др.
	<u>Ковкие чугуны [2]</u>
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.

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

Продолжение прил. 2

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
Ляцинина Светлана Викторовна

МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЧУГУНОВ

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине
«Материаловедение» для студентов технических направлений
всех форм обучения

Рецензент Л. П. Короткова

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 09.11.2015. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 0,8. Тираж 50 экз. Заказ

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.