

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Набережночелнинский институт (филиал)

МИКРОСТРУКТУРА ЧУГУНОВ

*Методические указания
к выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Материаловедение»*

Набережные Челны
2019

УДК 669.14.018 (075.8)

Микроструктура чугунов: Методические указания по дисциплине «Материаловедение» / Составители: **Г.Ф. Мухаметзянова, В.И. Астащенко, Е.В. Пуртова** – Набережные Челны: НЧИ (ф) КФУ, 2019. – 28 с.

В данной работе рассматриваются структуры чугунов. Дается классификация чугунов по диаграмме “железо - углерод”, рассмотрены структурно - фазовые превращения, протекающие в чугунах, а также области их применения. Сформулированы цель работы, задание и контрольные вопросы. Для самоконтроля знаний приводятся задания для самостоятельной работы студентов. Работа предназначена для студентов машиностроительных, автомеханических специальностей и технических направлений бакалавриата очной, заочной и дистанционной форм обучения.

Рецензент: д. т. н. **М. С. Колесников.**

Печатается в соответствии с решением научно-методического совета Набережночелнинского института (филиала) Казанского Федерального Университета

© НЧИ (ф) КФУ
2019 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА МИКРОСТРУКТУРА ЧУГУНОВ

Цель работы: изучение микроструктур белых и графитных чугунов и установление связи между их строением и свойствами.

Приборы, инструменты и материалы: металлографический микроскоп, набор микрошлифов белых и графитных чугунов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ЧУГУН – сплав железа с углеродом, содержащий более 2,14% углерода (до 6,67% С). Однако, строго говоря, чугун является многокомпонентным сплавом: в промышленных марках чугуна содержится *Si* (1,0-3,0 %), *Mn* (0,2-1,1 %), *P* (0,02-0,3 %), *S* (0,02-0,15 %). В небольших количествах может присутствовать *Cr*, *Ni*, *Cu*, которые попадают из руды.

Чугун является одним из основных литейных сплавов, применяемых в металлургии и машиностроении. Широкое распространение отливок из чугуна объясняется экономической целесообразностью получения заготовок сложной формы литьем.

Чугун, по сравнению со сталью, имеет как преимущества, так и недостатки. Положительными свойствами этого материала являются хорошие литейные свойства (более низкая, чем у стали температура плавления, меньшая усадка, хорошая жидкотекучесть), хорошая обрабатываемость резанием (кроме одной разновидности – белого чугуна), достаточно высокая работоспособность в условиях трения, способность гасить вибрации, небольшая стоимость. Недостатком чугуна являются его низкие пластические свойства и ударная вязкость, что препятствует использованию чугуна для изготовления деталей, работающих при значительных динамических, ударных нагрузках, и делает невозможным в большинстве случаев использование обработки давлением (ковки, штамповки, прокатки и т. д.) для изготовления чугунных изделий).

Классификация чугунов по состоянию углерода и форме графита

Состояние углерода в чугуне и форма графитовых включений играют решающую роль в достижении наиболее высоких показателей механических свойств.

По состоянию углерода в чугунах различают:

- **белый чугун** – углерод находится в связанном состоянии (в виде цементита, Fe_3C),
- **графитный чугун** – углерод находится в свободном состоянии (в виде графита).

Решающее влияние на состояние углерода в чугунах оказывают:

условия кристаллизации (главным образом, скорость охлаждения в зоне первичной кристаллизации),

химический состав чугунов.

При малых скоростях кристаллизации (*до 10 К/мин*) углерод из жидкой фазы выделяется в свободном состоянии (*графит*), при больших скоростях процесс протекает с выделением углерода в связанном состоянии (цементит). Перегрев чугуна, способствуя растворению твердых частичек (тугоплавкие примеси), являющихся обычно зародышами кристаллизации графита, приводит к образованию метастабильной структуры (Fe_3C). Повышение содержания углерода в чугунах увеличивает вероятность и повышает скорость образования графита. Однако снижение содержания углерода отрицательно сказывается на жидкотекучести.

Стимулируют процесс *графитизации* такие элементы, как *Si, Ni, Cu* (особенно *Si*).

Отбеливающими элементами, препятствующими процессу графитизации, являются *S, Mn, Cr* и др.

Поэтому на практике степень графитизации чугуна регулируется изменением количественного соотношения кремния и марганца. Введение в чугун малых добавок *Mg, Ca, Al* и других элементов, образующих тугоплавкие окислы, на поверхности которых легко адсорбируются атомы углерода, облегчает образование графита. Такие добавки, мало

изменяющие химический состав чугуна, но влияющие на процессы кристаллизации, называются *МОДИФИКАТОРАМИ*.

По форме графита чугуны делятся на:

- **серый чугун** – углерод в основном находится в свободном состоянии в виде графита *пластинчатой формы*,
- **ковкий чугун** – углерод в основном находится в свободном состоянии в виде графита *хлопьевидной формы*,
- **высокопрочный чугун** – углерод в основном находится в свободном состоянии в виде графита *шаровидной формы*.

БЕЛЫЕ ЧУГУНЫ

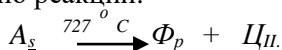
Белые чугуны, фазовые превращения которых протекают согласно диаграмме состояния Fe-Fe₃C (*рис. 1*), в зависимости от количества углерода подразделяются по микроструктуре на:

- эвтектические (содержащие 4,3 % C (углерода)),
- доэвтектические (с содержанием углерода от 2,14 до 4,3 %C)
- заэвтектические (с содержанием углерода более 4,3 %C).

Чугуны эвтектического состава также называются ледебуритными и представляют собой в момент образования в метастабильной системе механическую смесь аустенита состава точки «E» и цементита. Образование эвтектики происходит при температуре 1147⁰C по реакции:



При дальнейшем охлаждении, вплоть до температуры эвтектоидного превращения (линия «PSK» на *рис. 1*), состав аустенита изменяется по линии «SE» с одновременным выделением цементита вторичного (Ц_{II}). При температуре 727⁰C происходит эвтектоидное превращение аустенита состава точки «S» в перлит (механическая смесь феррита состава точки «P» и цементита) по реакции:



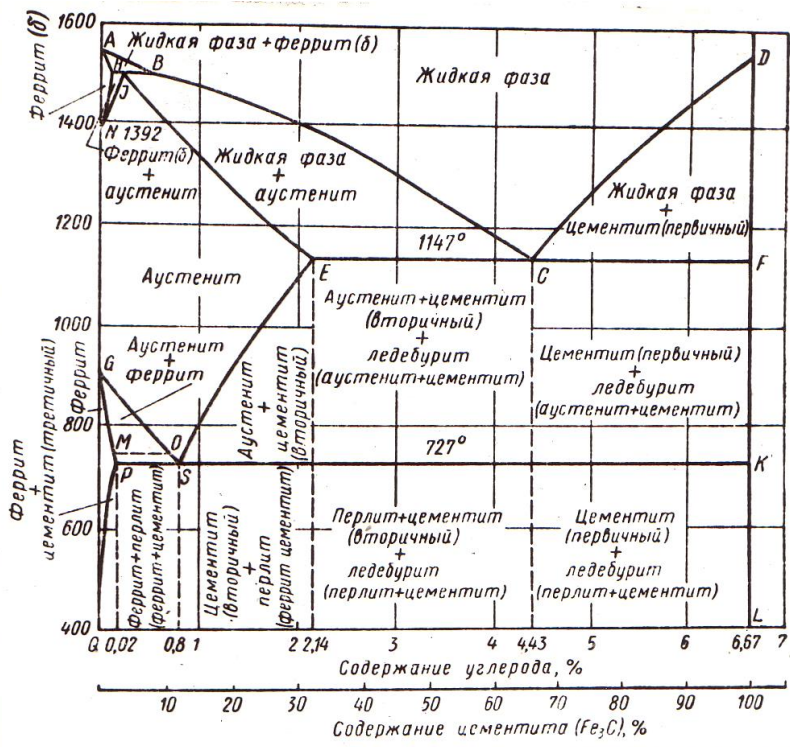


Рис. 1 Диаграмма “железо - цементит”.

В процессе охлаждения до комнатной температуры состав феррита изменяется по линии, PQ с выделением третичного цементита (Ц_{III}). При комнатной температуре эвтектика (ледебурит) состоит из механической смеси феррита состава точки «Q» и цементита.

Структура эвтектического чугуна представлена на рис. 2б. Она состоит из одного ледебурита.

Структура доэвтектического чугуна при комнатной температуре состоит из ледебурита, перлита, цементита вторичного и третичного. Однако, в оптическом микроскопе наблюдаются две структурные составляющие: перлит в виде крупных темных зерен и ледебурит - темные вкрапления перлита на светлой це-

ментитной основе (рис. 2а) .

Структура белого заэвтектического чугуна состоит из цемента первичного (крупные светлые пластины) и ледебурита (рис.2в). Присутствие в белых чугунах цемента обуславливает его высокую твердость и хрупкость.

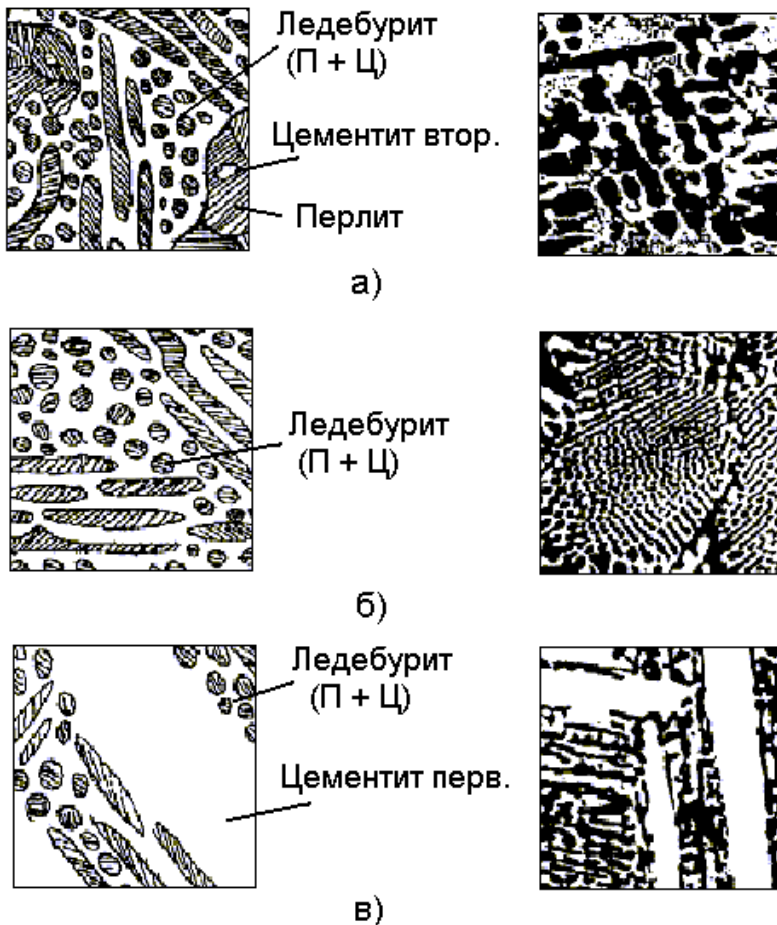


Рис. 2. Микроструктура белых чугунов (слева схематическое изображение): а) доэвтектический; б) эвтектический; в) заэвтектический.

Применение белых чугунов для изготовления деталей машин ограничено. В отдельных случаях белый доэвтектический чугун используют в качестве литейного материала для изготовления *деталей, работающих на износ* (прокатные валки, тормозные колодки, лемехи плугов, дробь для очистки литых заготовок в дробеструйных аппаратах и т.п.). Чаще всего литые детали из белого доэвтектического чугуна подвергаются специальному длительному графитизирующему отжигу, в процессе которого *белый чугун превращается в ковкий*. Белый заэвтектический чугун относится к числу *передельных* и используется *при производстве стали*.

ГРАФИТНЫЕ ЧУГУНЫ

В графитных чугунах, в отличие от белых, весь углерод или часть его находится в свободном состоянии. В зависимости от формы графитных включений они делятся на серые (с пластинчатой формой графита, *рис. 3а*) высокопрочные (с глобулярной формой графита; *рис. 3б*) и ковкие (с хлопьевидными графитными включениями, *рис. 3в*). Темные графитные включения наблюдаются на светлом фоне нетравленных шлифов.

Структура металлической основы в графитных чугунах может быть различной, а именно: ферритной, перлито-ферритной и перлитной (*рис. 6*). Металлическую основу чугунов изучают после травления микрошлифов обычными реактивами (3-4 %-ный раствор HNO_3 в метиловом спирте).

СЕРЫЕ ЧУГУНЫ

По химическому составу серые чугуны разделяют на: обычные (нелегированные) и легированные. Обычные чугуны содержат следующие элементы: 2,2-3,7% С; 1-3,0% Si; 0,2-1,1% Mn; 0,02-0,3% P; 0,02-0,15% S. Степень графитизации и структуры металлической основы серого чугуна, главным образом, зависят от количества С, Si и скорости охлаждения.

Форма и распределение графитных включений оказывают существенное влияние на механические свойства чугуна. С уменьшением размеров графитных включений и увеличением степени изолированности их друг от друга повышается прочность чугуна. Серый чугун характеризуется низкими значения-

ми пластичности и ударной вязкости, так как пластинки графита нарушают сплошность металлической основы и тем самым ухудшают механические свойства чугуна.

Понижая механические свойства, графит в то же время придает чугуну ряд ценных свойств. Например, графит измельчает стружку при обработке резанием, оказывает смазывающее действие и, следовательно, повышает износостойкость чугуна, а также придает ему демпфирующую способность.

Характер металлической основы является вторым структурным фактором, оказывающим существенное влияние на свойства графитных чугунов. На *рис. 4* представлена структурная диаграмма, показывающая какой должна быть структура в отливке с толщиной стенки 50мм. Влияние толщины стенки и состава чугуна характеризует диаграмма, приведенная на *рис. 5*. Такие показатели, как твердость и предел прочности на сжатие, зависят в основном от структуры металлической основы, которая может быть ферритной, перлитно-ферритной и перлитной (*рис. б а, б, в*). Перлитный чугун обычно имеет большую прочность и меньшую пластичность в сравнении с ферритным.

Серый чугун применяется для изготовления деталей в несколько граммов (например, поршневые кольца двигателей) до отливок в несколько десятков тонн (станины станков). Выбор марки чугунов для конкретных условий работы определяется совокупностью механических и технологических свойств.

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ ЧУГУНЫ

Высокопрочный чугун получается при введении в жидкий расплав в качестве модификатора магния (реже церия).

Шаровидный графит – меньший концентратор напряжений, чем пластинчатый графит, и поэтому меньше понижает механические свойства чугуна. Высокопрочные чугуны обладают более высокой прочностью и некоторой пластичностью.

КОВКИЕ ЧУГУНЫ

По механическим свойствам ковкий чугун занимает промежуточное положение между серым и высокопрочным, причем, чем меньше размеры хлопьевидных графитных включений, тем выше качество чугуна.

Ковкий чугун получается из белого доэвтектического чугуна путем длительного графитизирующего отжига (томления).

Сущность процессов графитизации белого чугуна заключается в разложении метастабильного цементита (Fe_3C) в графит.

Режим отжига белого чугуна на ковкий представлен на *рис. 7*. В процессе выдержки при $950-1000^{\circ}C$ происходит графитизация цементита эвтектики (ледебурита). Вторая выдержка, которая устанавливается на $20-30^{\circ}C$ ниже критической точки A_1 предназначена для графитизации избыточного вторичного цементита и цементита эвтектоида (перлита). При таком режиме отжига практически весь углерод выделяется в свободном состоянии и структура чугуна будет состоять из ферритной основы с включениями хлопьевидного графита. Если охлаждение после первой выдержки при $950-1000^{\circ}C$ было ускоренным, то процесс графитизации не затрагивает цементита перлита и цементита вторичного. В этом случае чугун приобретает перлитную основу и называется перлитным ковким чугуном. Ковкий чугун с перлитно-ферритной основой формируется при неполной графитизации цементита, входящего в перлит, вследствие малой выдержки ниже критической точки A_1 .

АНТИФРИКЦИОННЫЕ ЧУГУНЫ

Антифрикционные чугуны с перлитной или феррито-перлитной структурой (серые, высокопрочные, ковкие) используют для изготовления деталей, работающих в подшипниках и других узлах трения.

При низких и умеренных удельных давлениях применяют отливки из серого чугуна, а при повышенных и высоких – отливки из высокопрочных и ковких чугунов.

Для работы в паре с термически обработанным валом применяют антифрикционный серый чугун (АСЧ) марок АСЧ-1 и АСЧ-2 (3,2 - 3,8% С; около 2,0% Si; 0,2 - 0,4% Ni; 0,2 - 0,4% Mn и 0,3 - 0,5% Cu), а также перлитный антифрикционный ковкий чугун АКЧ-2 (2,6 - 3,0% С, 0,8 - 1,3% Si, 0,3 - 0,6% Mn) и антифрикционный высокопрочный чугун АВЧ-1 (2,8 - 3,5%, С, 1,8 - 2,5% Si, 0,5 - 1,2% Mn и 0,03% Mg).

Для работы в паре с термически не обработанным валом чаще применяют феррито-перлитный чугун АСЧ - 3, легирован-

ный титаном (до 0,1%) и медью (0,3 - 0,5%); высокопрочный чугун АВЧ - 2 (более 50% перлита) и ковкий чугун АКЧ-2 (от 35 до 80% перлита).

Разновидностью антифрикционных чугунов являются чугуны для поршневых колец двигателей внутреннего сгорания, компрессоров и паровых машин. Эти чугуны должны быть антифрикционными и достаточно упругими. Для поршневых колец применяют нелегированные перлитные серые фосфористые чугуны.

Так, например, в автотракторостроении для поршневых колец индивидуальной отливки используют чугун следующего состава: 3,7 - 3,9% С; 2,4 - 2,6% Si; 0,5 - 0,75% Mn и 0,3 - 0,5% P, а для отливки в обечайки: 3,0 - 3,3% С; 1,6 - 2,1% Si; 0,8 - 1,4% Mn.

Чугун для индивидуальной отливки по сравнению с отливкой в обечайки содержит больше углерода и кремния и меньше марганца. Высокая износоустойчивость колец обеспечивается металлической основой, состоящей из мелкопластинчатого перлита и равномерно распределенной фосфидной эвтектики при наличии изолированных выделений пластинчатого графита.

ЛЕГИРОВАННЫЕ ЧУГУНЫ

Для многих деталей машин, требующих повышенных механических свойств, большого сопротивления износу, коррозии, окислению, применяют легированный чугун (ГОСТ 7769 – 82).

Такие легирующие элементы, как никель, хром, молибден, медь, титан и алюминий, ванадий и др., повышают механические свойства чугуна, воздействуя на строение металлической основы, форму и распределение выделений графита, а также раскисляя его. Износостойкость повышают никель, медь, марганец, хром, а коррозионную стойкость в агрессивных средах и жаростойкость - хром, никель, молибден, алюминий, кремний.

В зависимости от степени легированности различают низко- (до 3,0% легирующих элементов), средне- (от 3 до 10%) и высоколегированные (более 10%) чугуны. Металлическая основа легированных чугунов может быть перлитной (сорбитной),

бейнитной, ферритной и аустенитной при пластинчатой или шаровидной форме графита. Низколегированные серые чугуны применяют для изготовления ответственных отливок высокой прочности (коленчатые валы компрессоров, гильзы, поршневые кольца, толкатели клапанов, тормозные барабаны, станины станков и т.д.).

Так, например, для изготовления блоков двигателей применяют хромоникелевый чугун, содержащий 0,3% Cr и 0,75% Ni. Для станин металлообрабатывающих станков используют чугун, легированный 1,25 - 1,75% Ni, иногда с небольшими добавками хрома и молибдена.

Крупные тормозные барабаны для грузовых автомобилей изготавливают из чугуна состава: 3,8% C, 1,35% Mn, 2,0% Ni, 0,25 - 0,35% Cr, 0,4 - 0,5% Mo. Предел прочности при растяжении этого чугуна 280 МПа (28 кгс/мм²).

Средне- и высоколегированные чугуны применяют для отливок с особыми свойствами.

В зависимости от характера легирующих элементов и их количества образуется различная металлическая основа, а, следовательно, и различные механические и физические свойства. Так, например, в качестве жаростойких применяют перлитные (хромистые), ферритные и аустенитные чугуны.

МАРКИРОВКА ГРАФИТНЫХ ЧУГУНОВ.

Маркировка чугунов осуществляется следующим образом: буквы указывают вид чугуна: СЧ – серый чугун, ВЧ – высокопрочный чугун, КЧ – ковкий чугун. Цифры для серого и высокопрочного чугунов означают предел прочности при растяжении в кгс/мм², а для ковкого чугуна первые цифры - предел прочности (кгс/мм²), а вторые – относительное удлинение при растяжении (%).

Основные марки, свойства и назначение графитных чугунов приводятся в таблицах 1, 2, 3.

Специальные чугуны, предназначенные для работы в особых условиях эксплуатации, удовлетворяют повышенным требованиям по жаростойкости, износостойкости и коррозионной стойкости. Как правило, такие чугуны легируются хромом, кремнием, никелем и др. элементами.

Ниже приведены примеры условного обозначения некоторых специальных чугунов:

АЧС – антифрикционный серый чугун по ГОСТ 1585-85;

ЖЧХ – жаростойкий и коррозионностойкий хромовый чугун по ГОСТ 7769-82;

ЖЧС5 – жаростойкий кремнистый чугун по ГОСТ 7769-82;

ЧН2Х – износостойкий и коррозионностойкий никелевый чугун по ГОСТ 7769-82.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить под оптическим микроскопом микроструктуру *белого* чугуна. По структуре определить вид белого чугуна (эвтектический, доэвтектический, заэвтектический). Сделать схематическую зарисовку структуры белого чугуна в квадрате 40х40мм или в круге диаметром 40мм. Построить для него кривую охлаждения, проверить правильность построения кривой охлаждения с помощью правила фаз, описать превращения, протекающие в чугуне при охлаждении его из жидкого состояния до комнатной температуры.

2. Изучить под микроскопом на нетравленных шлифах форму *графитных* включений (трех образцов). По форме графитных включений установить тип чугуна (серый, ковкий, высокопрочный).

3. Изучить микроструктуру (трех образцов) графитных чугунов просмотром протравленных микрошлифов. Установить по форме включений тип чугунов. Определить структуру металлической основы (ферритная, перлито-ферритная или перлитная). По соотношению площадей, занимаемых ферритом и перлитом, определить количество углерода в чугунах, находящегося в связанном состоянии (Fe_3C).

4. Кратко описать условия получения и структурные особенности белых, серых и высокопрочных чугунов.

5. Привести режим отжига белого чугуна на ковкий и описать превращения, происходящие на различных стадиях графитизации.

6. Привести для каждого типа маркировку чугунов, указать их основные механические свойства и область применения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для выполнения работы студенту предоставляется комплект образцов-микрошлифов:

а) три непотравленных образца графитных чугунов для изучения характера графитных включений;

б) три протравленных - для изучения структуры металлической основы;

в) три протравленных образца белого чугуна.

Работа выполняется на металлографических микроскопах.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем различие между сталями и чугунами?

2. Особенности структурных превращений при кристаллизации и последующем охлаждении до комнатной температуры белых чугунов.

3. Строение и свойства белых, серых, высокопрочных и ковких чугунов.

4. Сущность и назначение модифицирования чугунов.

5. Каковы необходимые условия для графитизации?

6. Как получается ковкий чугун?

7. Какой чугун получают модифицированием?

8. Как форма графитовых включений влияет на пластичность графитных чугунов?

9. Расшифруйте маркировку СЧ 25, ВЧ 42, КЧ 45-7.

10. Классификация и область применения чугунов.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Что называется чугуном?

Ответ:

- 1) сплав железа с углеродом и другими легирующими элементами;
- 2) сплав железа с углеродом в количестве более 2,14%;
- 3) сплав железа с углеродом в количестве более 0,8%;
- 4) сплав железа с углеродом и марганцем в количестве более 2,14%.

2. Какова основная *структурная* составляющая чугунов?

Ответ:

- 1) феррит;
- 2) цементит;
- 3) перлит;
- 4) ледебурит.

3. Какая технология применяется для получения изделий из ковкого чугуна?

Ответ:

- 1) горячая пластическая деформация;
- 2) литьё;
- 3) литьё с применением модифицирования;
- 4) длительный отжиг отливок из белого чугуна.

4. Перечислите все типовые структуры металлической основы графитных чугунов.

Ответ:

- 1) феррит, феррит + перлит, аустенит;
- 2) цементит, феррит + перлит, ледебурит;
- 3) ледебурит + цементит первичный;
- 4) феррит, феррит + перлит, перлит.

5. Какова цель модифицирования высокопрочных чугунов:

Ответ:

- 1) измельчение пластинок графита;
- 2) получение перлитной структуры металлической основы;
- 3) придание графитным включениям шаровидной формы;
- 4) уменьшение количества цементита в структуре.

6. Какому типу диаграммы состояния соответствует наличие углерода в чугунах в виде графита?

Ответ:

- 1) эвтектическому с полиморфным превращением;
- 2) эвтектическому;
- 3) стабильному;
- 4) метастабильному.

7. Какому типу диаграммы состояния соответствует наличие углерода в чугунах в виде химического соединения?

Ответ:

- 1) стабильному;
- 2) эвтектическому;
- 3) эвтектическому с полиморфным превращением;
- 4) метастабильному.

8. При каких скоростях охлаждения чугунов углерод выделяется из жидкой фазы в виде графита?

Ответ:

- 1) более 100 К/мин;
- 2) менее 50 К/мин;
- 3) менее 10 К/мин;
- 4) более 50 К/мин.

9. Какие факторы способствуют образованию белых чугунов?

Ответ:

- 1) легирование кремнием, никелем и медью;
- 2) незначительный перегрев выше ликвидуса;
- 3) скорости охлаждения менее 10 К/мин;
- 4) сильный перегрев, высокие скорости охлаждения.

10. Какие легирующие элементы способствуют графитизации чугунов при кристаллизации?

Ответ:

- 1) кремний, никель и медь;
- 2) сера, марганец, медь;
- 3) кремний, сера, вольфрам;
- 4) никель, хром, медь.

11. Какие легирующие элементы способствуют отбеливанию чугунов при кристаллизации?

Ответ:

- 1) кремний, никель и медь;
- 2) сера, марганец, хром;
- 3) хром, магний, вольфрам;
- 4) никель, хром, медь.

12. Какие из перечисленных элементов являются модификаторами?

Ответ:

- 1) алюминий, вольфрам, марганец;
- 2) кальций, магний, алюминий;
- 3) хром, магний, вольфрам;
- 4) марганец, хром, никель.

13. Сколько углерода содержат эвтектические белые чугуны?

Ответ:

- 1) $> 4,3\%$;
- 2) $4,3\%$;
- 3) $\leq 4,3\%$;
- 4) $> 2,14$.

14. Сколько углерода содержат доэвтектические белые чугуны?

Ответ:

- 1) $4,3 - 6,67\%$;
- 2) $4,3\%$;
- 3) $2,14 - 4,3\%$;
- 4) $2,14$.

15. Сколько углерода содержат заэвтектические белые чугуны?

Ответ:

- 1) $4,3 - 6,67\%$;
- 2) $4,3\%$;
- 3) $6,67\%$;
- 4) $2,14 - 4,3\%$.

16. Какой фазовый состав ледебуритного чугуна?

Ответ:

- 1) цементит первичный, ледебурит;
- 2) феррит, цементит первичный, вторичный, третичный;
- 3) феррит, цементит;
- 4) ледебурит, цементит вторичный.

17. Какая фазовая составляющая белых чугунов обеспечивает их высокую твердость?

Ответ:

- 1) перлит;
- 2) феррит;
- 3) цементит;
- 4) ледебурит.

18. Что изготавливают из белых доэвтектических чугунов?

Ответ:

- 1) режущий инструмент;
- 2) лопатки турбин, сопла камер сгорания;
- 3) прокатные валки, тормозные колодки;
- 4) шестерни, валы цапфы.

19. Для каких целей используют белый заэвтектический чугун?

Ответ:

- 1) для изготовления деталей, работающих в условиях повышенного износа;
- 2) для передела в сталь;
- 3) для изготовления крупногабаритных отливок;
- 4) для получения ковкого чугуна.

20. Какую форму имеют графитовые включения в сером чугуне?

Ответ:

- 1) встречаются графитовые включения различных форм;
- 2) глобулярную, шаровидную;
- 3) хлопьевидную;
- 4) форму лепестков или пластин.

21. Какую форму имеют графитовые включения в ковком чугуне?

Ответ:

- 1) встречаются графитовые включения различных форм;
- 2) глобулярную, шаровидную;
- 3) хлопьевидную;
- 4) форму лепестков или пластин.

22. Какую форму имеют графитовые включения в высокопрочном чугуне?

Ответ:

- 1) встречаются графитовые включения различных форм;
- 2) глобулярную, шаровидную;
- 3) хлопьевидную;
- 4) форму лепестков или пластин.

23. Как получают ковкий чугун?

Ответ:

- 1) путем длительного графитизирующего отжига белого доэвтектического чугуна;
- 2) путем медленного охлаждения расплава;
- 3) путем томления белого чугуна;
- 4) путем модифицирования расплава магнием и церием.

24. Как получают высокопрочный чугун?

Ответ:

- 1) путем медленного охлаждения расплава;
- 2) путем модифицирования расплава магнием и церием;
- 3) путем томления белого чугуна;
- 4) путем длительного графитизирующего отжига белого доэвтектического чугуна.

25. Какова структура доэвтектического белого чугуна при комнатной температуре?

Ответ:

- 1) феррит + цементит;
- 2) перлит + ледебурит;
- 3) перлит + цементит + ледебурит;
- 4) аустенит + цементит + ледебурит.

26. Какова структура эвтектического белого чугуна при комнатной температуре?

Ответ:

- 1) ледебурит + перлит;
- 2) ледебурит;
- 3) феррит + цементит;
- 4) аустенит + цементит.

27. Какова структура заэвтектического белого чугуна при комнатной температуре?

Ответ:

- 1) цементит + перлит;
- 2) феррит + цементит;
- 3) ледебурит;
- 4) цементит + ледебурит.

28. Чем определяется предел прочности чугунов при растяжении в отожжённом состоянии?

Ответ:

- 1) модифицирующими присадками;
- 2) содержанием углерода в чугуне;
- 3) степенью графитизации;
- 4) формой графитовых включений.

29. Укажите чугун с наибольшей твердостью?

Ответ:

- 1) СЧ 45 - 60;
- 2) ВЧ 45 - 3;
- 3) КЧ 35 - 10;
- 4) ВЧ 60.

30. Как расшифровать марку сплава КЧ 80-1,5?

Ответ:

- 1) ковкий чугун с $\sigma_B = 80 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_{изг} = 1,5 \text{ кг/мм}^2$;
- 2) ковкий чугун с $\sigma_B = 80 \text{ кг/мм}^2$, $\delta = 1,5\%$;
- 3) высокопрочный чугун с $\sigma_B = 80 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_{изг} = 1,5 \text{ кг/мм}^2$;
- 4) серый чугун с $\sigma_B = 80 \text{ кг/мм}^2$, $\delta = 1,5\%$.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Тарасенко Л. В. Материаловедение: учебное пособие для вузов / Л. В. Тарасенко, С. А. Пахомова и др.; под ред. Л. В. Тарасенко. - Москва: НИЦ Инфра-М, 2012. - 475 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-004868-0. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=257400>.

2. Материаловедение и технология материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. - Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 288 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - В пер. - ISBN 978-5-16-004821-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=397679>.

3. Токмин А. М. Выбор материалов и технологий в машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Токмин, В. И. Темных, Л. А. Свечникова. - Москва: НИЦ ИНФРА-М; Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. - 235 с. - В пер.- ISBN 978-5-16-006377-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=374609>.

Дополнительная:

4. Стуканов В. А. Материаловедение: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. А. Стуканов. - Москва: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 368 с.: ил. - В пер. - ISBN 978-5-8199-0352-0. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=430337>.

5. Горохов В. А. Материалы и их технологии: В 2 ч.: учебник [Электронный ресурс] / В. А. Горохов, Н. В. Беляков, А. Г. Схиртладзе; под ред. В. А. Горохова. - Москва: НИЦ ИНФРА-М; Минск: Новое знание, 2014. Ч. 1. - 589 с.- (Высшее образование). - В пер.- ISBN 978-5-16-009531-8. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=446097>.

6. Тимофеев В. Л. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Л. Тимофеев, В. П. Глухов и др.; под общ. ред. В. Л. Тимофеева. - 3-е изд., испр. И доп. - Москва: ИНФРА-М, 2011. - 272 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-004749-2. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=220150>.

Таблица 1 – Серый чугун (ГОСТ 1412-85).

Марка чугунов	Предел прочности σ_B , МПа	Твердость НВ	Структура металлической основы	Назначение
СЧ 10 СЧ 15	100 150	143 - 229 163 - 229	феррит	Малоответственные детали, испытывающие небольшие нагрузки: крышки, фланцы, маховики, строительные колонны, корпуса редукторов, подшипников, насосов и т.д.
СЧ 20 СЧ 21 СЧ 25	200 210 250	170 - 241 170 - 241 180 - 250	феррит перлит	Детали, испытывающие повышенные статические и динамические нагрузки: блоки цилиндров, картеры двигателей, поршни цилиндров, барабаны сцепления, станины станков и т.д.
СЧ 35 СЧ 40	350 400	197 - 269 207 - 285	перлит	Детали, работающие при высоких динамических и статических нагрузках или в тяжелых условиях износа: зубчатые колеса, гильзы блоков цилиндров, шпиндели, распределительные валы и т.д.

Таблица 2 – Высокопрочный чугун (ГОСТ 7293-85).

Марка чугунов	Предел прочности σ_B , МПа	Относительное удлинение, δ , %, не менее	Твердость НВ	Структура металлической основы	Назначение
ВЧ 35 ВЧ 40 ВЧ 50	380 400 500	22 15 7	140 - 170 140 - 202 153 - 245	феррит с небольшим количеством перлита	Прокатные валки массой до 12т., траверсы, шабот ковочного молота, корпус паровой турбины, коленчатые валы, поршни и многие другие ответственные детали, работающие при высоких циклических нагрузках и в условиях изнашивания.
ВЧ 60 ВЧ 80 ВЧ 100	600 800 1000	2 2 2	192 - 277 248 - 351 270 - 360	перлит с небольшим количеством феррита	

Таблица 3 –Ковкий чугун (ГОСТ 1215-79).

Марка чугунов	Предел прочности σ_B , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Твердость НВ	Структура металлической основы	Назначение
КЧ 30-6	300	6	100 - 163	феррит	Детали, работающие в условиях низких статических и динамических нагрузок: головки, хомутики, гайки, глушители, клапаны, ниппели, тройники, фланцы, муфты и т.д.
КЧ 35-10 КЧ 37-12	350 370	10 12	100 -163 110 - 163	(10-3%) перлита + феррит	Детали, работающие при высоких статических и динамических нагрузках, материал которых по условиям работы должен обладать повышенной прочностью при высокой пластичности и вязкости: картеры редукторов, задний мост, пальцы, ступицы, крючки, хомутики, скобы и т.д.
КЧ 45-7 КЧ 60-3 КЧ 80-1,5	450 600 800	7 3 1,5	150 - 207 200 - 269 270 - 320	перлит (20-%) феррита	Детали, работающие при высоких и особо высоких динамических и статических нагрузках или в тяжелых условиях износа, материал которых должен обладать высокой прочностью и износостойкостью при возможно большей вязкости: муфты, звездочки и звенья приводных цепей буксы, тормозные колодки, рычаги, кронштейны, храповики, коленчатые валы, вилки карданных валов, втулки, лопасти центробежных дробебетных барабанов, звенья и ролики цепей конвейеров и т.д.

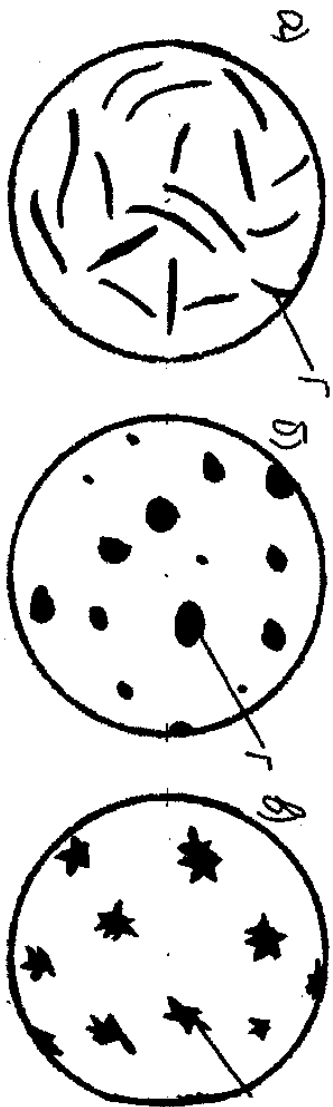


Рис. 3. Микроструктура графитных чугунов:

- а) серых,
- б) высокопрочных,
- в) ковких

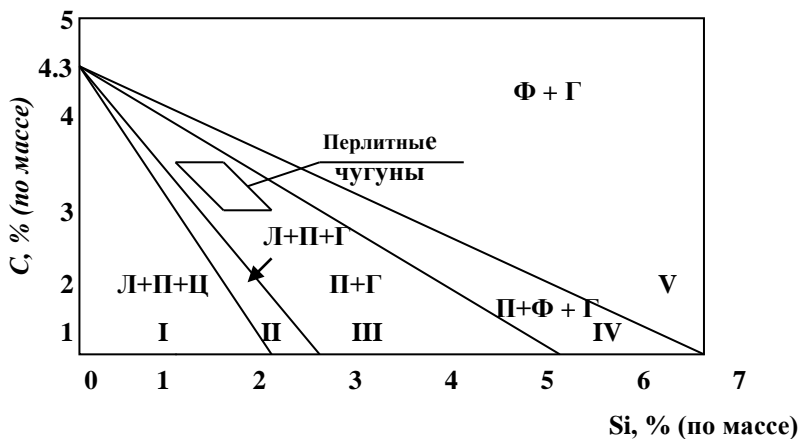


Рис.4. Влияние C и Si на структуру серого чугуна.

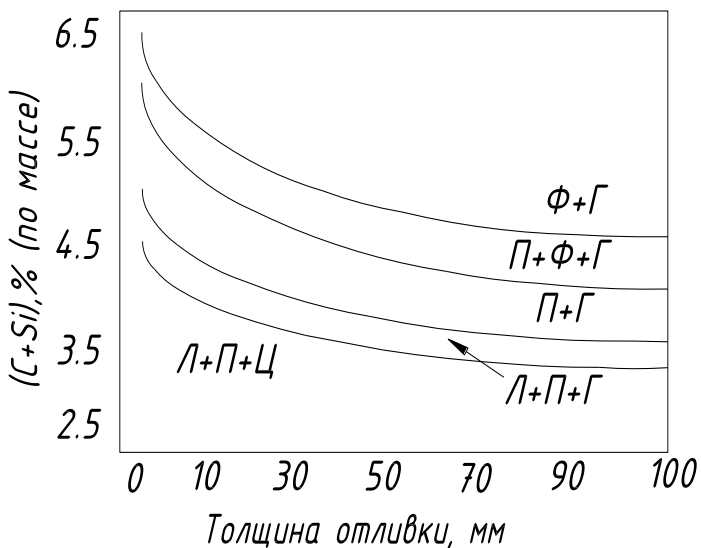


Рис. 5. Влияние скорости охлаждения и суммы C и Si на структуру серого чугуна



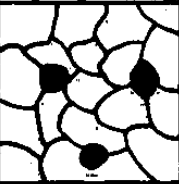









Металлическая основа	Форма графитных включений			
	Пластинчатая	Хлопьевидная	Шаровидная	Вермикулярная
Феррит				
Феррит + перлит				
Перлит				

Рис. 6. Микроструктура графитных чугунов:

- а) на ферритной,
- б) перлитно - ферритной,
- в) перлитной основах.

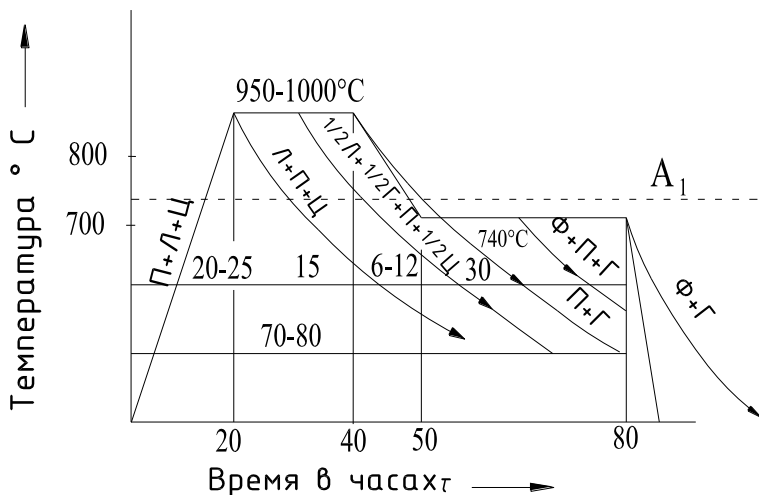


Рис. 7. График отжига для получения ковкого чугуна.

Подписано в печать

Формат 60x84/16 Бумага офсетная

Печать ризографическая

Уч.-изд.л. 1,0

Усл.-печ.л. 1,0

Тираж 50 экз.

Заказ

Издательско-полиграфический центр

Набережночелнинского института

Казанского (Приволжского) федерального университета

423810, г. Набережные Челны, Новый город,

проспект Мира, 68/19

тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: ic-nchi-kpfu@mail.ru