Чугуны

Курс лекций

для специалистов- техников по специальностям с машиностроительным уклоном

Богородский политехнический техникум

Преподаватель Кабатов В.М.

Железоуглеродистые сплавы с высокими литейными свойствами.

- Литейные свойства сплавов оценивают жидкотекучестью, усадкой, а так же склонностью к образованию пористости, ликвации, горячих и холодных трещин. Литейные свойства сплавов тем выше, чем меньше их температурный интервал кристаллизации. В связи с этим наиболее высокими литейными свойствами обладают сплавы, испытывающие эвтектическое превращение. Из сплавов на основе железа лучшие литейные свойства имеют чугуны.
- Сплав железа с углеродом (>2,14 % С) называют чугуном

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА

- *Литейные свойства*
  - *Жидкотекучесть*
  - *Ликвация*
  - *Усадка при кристаллизации*
  - склонностью к образованию горячих и холодных трещин
  - склонностью к образованию пористости

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА

- ***Жидкотекучесть*** — способность металла или сплава в расплавленном состоянии заполнять литейную форму.
- ***Усадкой*** называется уменьшение объема расплавленного металла или сплава при его затвердевании.
- *Ликвация* — неоднородность химического состава сплавов, возникающая при их кристаллизации.

Графитизация

- В результате превращения углерод может не только химически взаимодействовать с железом, но и выделяться в элементарном состоянии в форме графита. Графит – это полиморфная модификация углерода. При высоких температурах цементит разлагается с выделением графита. Процесс образования графита в сплавах железа с углеродом называется *графитизацией.*
- Графитизацию из жидкой фазы, а также от распада цементита первичного и цементита, входящего в состав эвтектики, называют *первичной стадией графитизации*.
- Выделение вторичного графита из аустенита называют *промежуточной стадией графитизации.*
- Образование эвтектоидного графита, а также графита, образовавшегося в результате цементита, входящего в состав перлита, называют *вторичной стадией графитизации.*
- Структура чугунов зависит от степени графитизации, т.е. от того, сколько углерода находится в связанном состоянии.

Влияние графита на механические свойства отливок

- Графитовые включения можно рассматривать как соответствующей формы пустоты в структуре чугуна. Около таких дефектов при нагружении концентрируются напряжения, значение которых тем больше, чем острее дефект. Отсюда следует, что графитовые включения пластинчатой формы в максимальной мере разупрочняют металл. Более благоприятна хлопьевидная форма, а оптимальной является шаровидная форма графита. Пластичность зависит от формы таким же образом. Относительное удлинение (δ) для серых чугунов составляет 0,5 %, для ковких – до 10 %, для высоко-прочных – до 15%.
- Наличие графита наиболее резко снижает сопротивление при жестких способах нагружения: удар; разрыв. Сопротивление сжатию снижается мало

Положительные стороны наличия графита

- графит улучшает обрабатываемость резанием, так как образуется ломкая стружка;
- чугун имеет лучшие антифрикционные свойства, по сравнению со сталью, так как наличие графита обеспечивает дополнительную смазку поверхностей трения;
- из-за микропустот, заполненных графитом, чугун хорошо гасит вибрации и имеет повышенную циклическую вязкость;
- детали из чугуна не чувствительны к внешним концентраторам напряжений (выточки, отверстия, переходы в сечениях);
- чугун значительно дешевле стали;
- производство изделий из чугуна литьем дешевле изготовления изделий из стальных заготовок обработкой резанием, а также литьем и обработкой давлением с последующей механической обработкой.

Классификация чугунов.

•Структура чугунов состоит из металической основы (металлическая основа похожа на структуру эвтектоидной или доэвтектоидной стали или технического железа) и графитовых включений, определяющих специальные свойства чугунов.

•Признаки классификации чугуна :

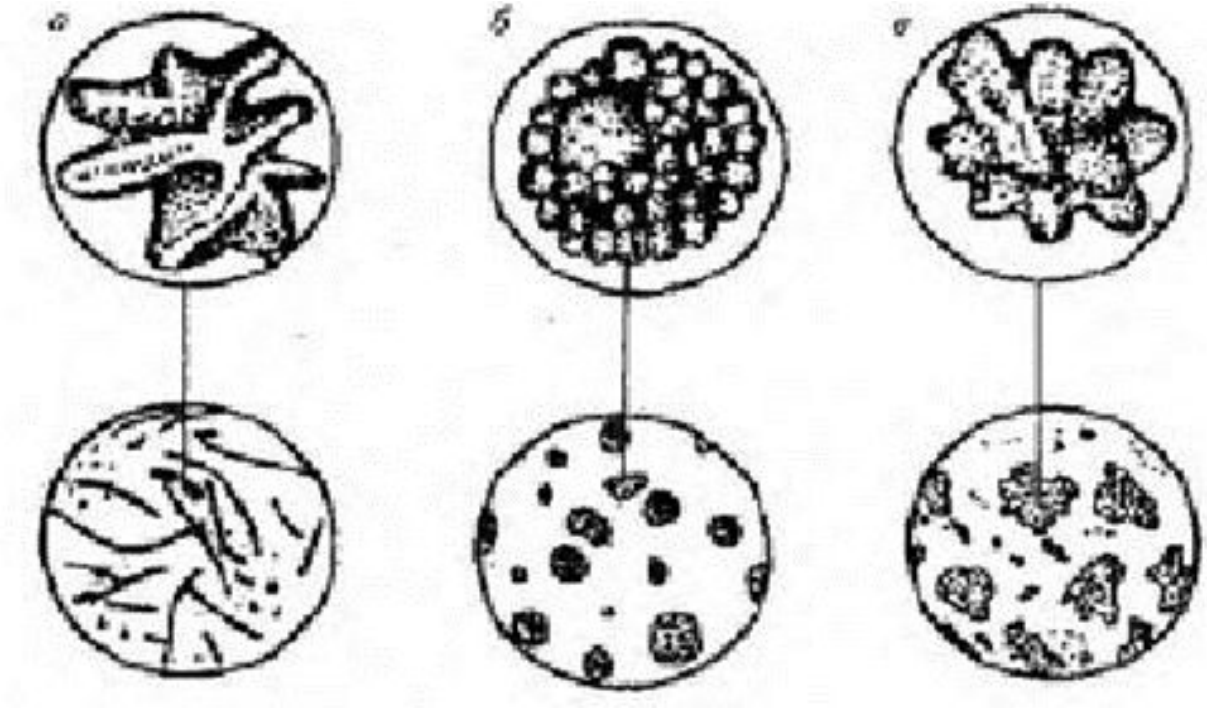
•— *по состоянию углерода* — свободный или связанный;

• — *по форме включений графита* — пластинчатый, шаровидный, хлопьевидный

•— *по типу структуры металлической основы (матрицы)* — ферритный, перлитный; со смешанной структурой: например феррито-перлитные;

•— *по химическому составу* — нелегированные чугуны (общего назначения) и легированные чугуны (специального назначения).

Структура чугуна с графитом различной формы:



а — пластинчатый графит в сером чугуне;
б — шаровидный графит в высокопрочном чугуне;
в — хлопьевидный графит в ковком чугуне

Классификация чугунов

В зависимости от формы выделения углерода в чугуне различают:
— *белый чугун, в котором весь углерод находится в* связанном состоянии в виде цементита Fe_3C;
— *половинчатый чугун, в котором основное количество* углерода (более 0,8 %) находится в виде цементита;
--*серый чугун, в котором весь углерод или его большая* часть находится в свободном состоянии в виде пластинчатого графита;
— *отбеленный чугун, в котором основная масса металла* имеет структуру серого чугуна, а поверхностный слой — белого;
— *высокопрочный чугун, в котором графит имеет шаровидную* форму;
— *ковкий чугун, получающийся из белого путем отжига,* при котором углерод переходит в свободное состояние в виде хлопьевидного графита

- чугун
  - Белый
  - серый
  - Высокопрочный
  - ковкий

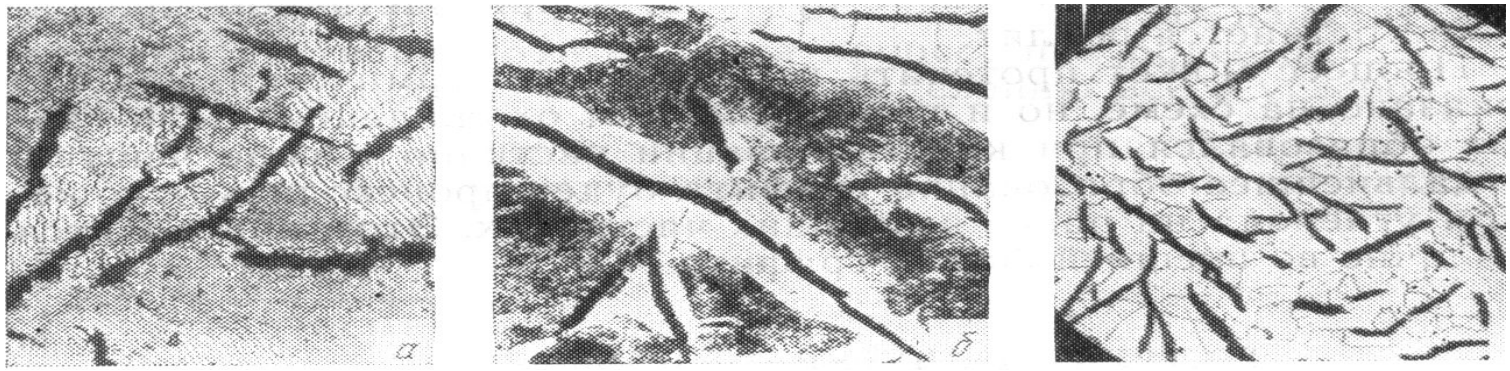
Серый чугун

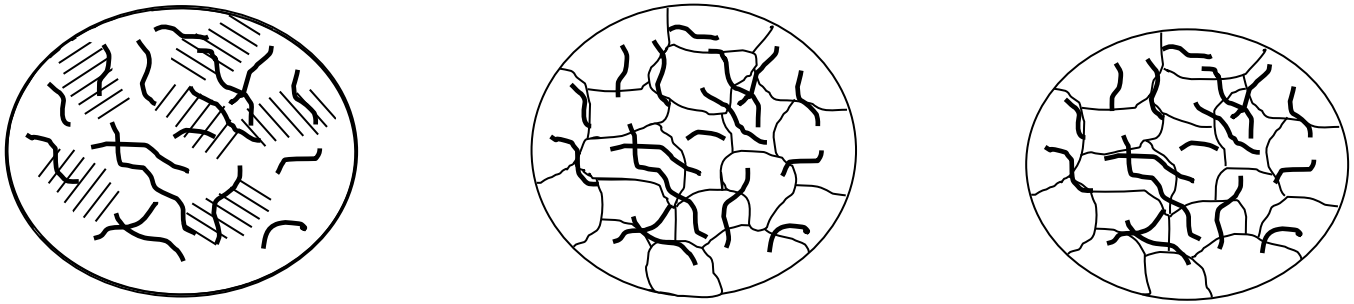
- **Структура не оказывает влияние на пластичность, она остается чрезвычайно низкой. Но оказывает влияние на твердость. Механическая прочность в основном определяется количеством, формой и размерами включений графита. Мелкие, завихренной формы чешуйки графита меньше снижают прочность. Такая форма достигается путем модифицирования. В качестве модификаторов применяют алюминий, силикокальций, ферросилиций.**
- **Серый чугун широко применяется в машиностроении, так как легко обрабатывается и обладает хорошими свойствами.**
- **В зависимости от прочности серый чугун подразделяют на 10 марок.**
- **Серые чугуны при малом сопротивлении растяжению имеют достаточно высокое сопротивление сжатию.**
- **Серые чугуны содержат углерода – 3,2…3,5 %; кремния – 1,9…2,5 %; марганца –0,5…0,8 %; фосфора – 0,1…0,3 %; серы – < 0,12 %.**

Серый чугун

- С увеличением содержания углерода и кремния увеличивается степень графитизации и склонность к образованию ферритной структуры металлической основы. Это ведет к разупрочнению чугуна без повышения пластичности. Лучшими прочностными свойствами и износостойкостью обладают перлитные серые чугуны.
- Учитывая малое сопротивление отливок из серого чугуна растягивающим и ударным нагрузкам, следует использовать этот материал для деталей, которые подвергаются сжимающим или изгибающим нагрузкам. Это – базовые, корпусные детали, кронштейны, зубчатые колеса, направляющие; в автостроении - блоки цилиндров, поршневые кольца, распределительные валы, диски сцепления. Отливки из серого чугуна также используются в электромашиностроении, для изготовления товаров народного потребления.
- Обозначаются индексом СЧ (серый чугун) и числом, которое показывает значение предела прочности, умноженное на 10 (СЧ 15- серый чугун предел прочности при растяжении-150 МПа (15кгс/мм^2).

Структура серых чугунов и схемы их зарисовки





а б в

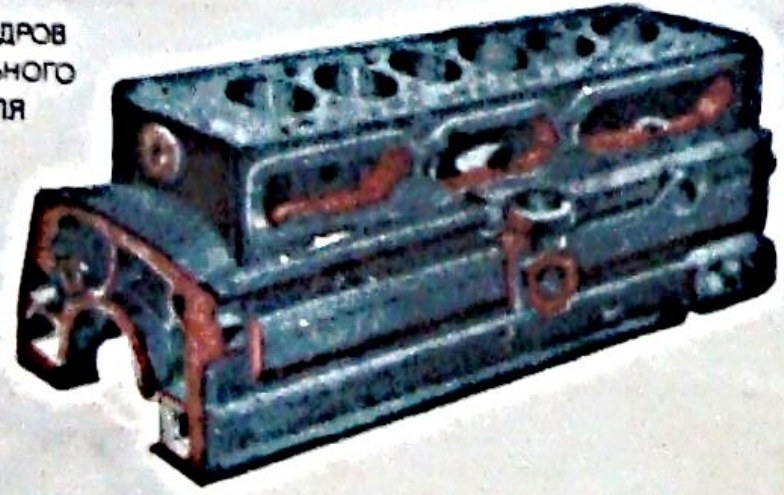
***а* – перлитный чугун, х 200; *б* – ферритно-перлитный чугун, х100, *в* – ферритный чугун, х100**

СЕРЫЙ ЧУГУН

ДО ТРАВЛЕНИЯ ×300

ПОСЛЕ ТРАВЛЕНИЯ ×1000

БЛОК ЦИЛИНДРОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ



УДЛИНЕНИЕ 0,2%

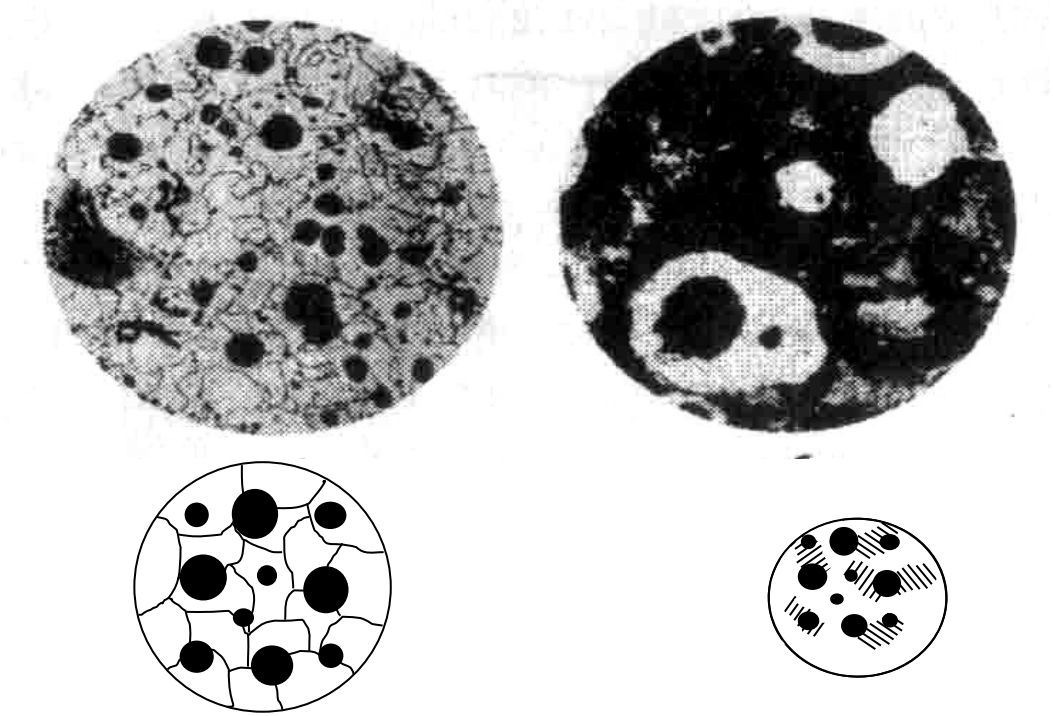
Высокопрочный чугун с шаровидным графитом.

- Высокопрочные чугуны (ГОСТ 7293) могут иметь ферритную (ВЧ 35), феррито-перлитную (ВЧ45) и перлитную (ВЧ 80) металлическую основу.
- **Получают из серых, в результате модифицирования магнием или церием (добавляется 0,03…0,07% от массы отливки). По сравнению с серыми чугунами, механические свойства повышаются, это вызвано отсутствием неравномерности в распределении напряжений из-за шаровидной формы графита**.
- Содержат: углерода – 3,2…3,8 %, кремния – 1,9…2,6 %, марганца – 0,6…0,8 %, фосфора – до 0,12 %, серы – до 0,3 %.
- Эти чугуны обладают высокой жидкотекучестью, линейная усадка – около 1%. Достаточно высокая обрабатываемость резанием. Обладают удовлетворительной свариваемостью.

Высокопрочный чугун

- **Из высокопрочного чугуна изготовляют тонкостенные отливки (поршневые кольца), шаботы ковочных молотов, станины и рамы прессов и прокатных станов, изложницы, резцедержатели, планшайбы.**
- Отливки коленчатых валов массой до 2..3 т, взамен кованых валов из стали, обладают более высокой циклической вязкостью, малочувствительны к внешним концентраторам напряжения, обладают лучшими антифрикционными свойствами и значительно дешевле.
- **Обозначение - ВЧ (высокопрочный чугун) и числами, которое показывают:**
- **1) значение предела прочности при растяжении, умноженное на 10;**
- **2)относительное удлинение.**
- **ВЧ 50-2 это высокопрочный чугун с пределом прочности при растяжении $б_в$= 500 Мпа (50кгс/мм^2)и относительным удлинением δ= 2%**

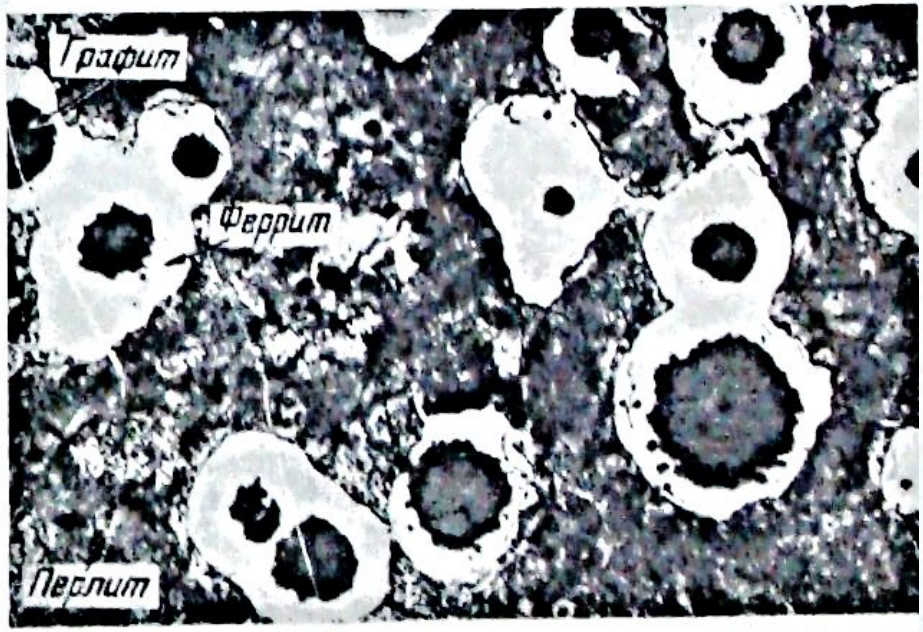
Структуры высокопрочных чугунов и схемы их зарисовки



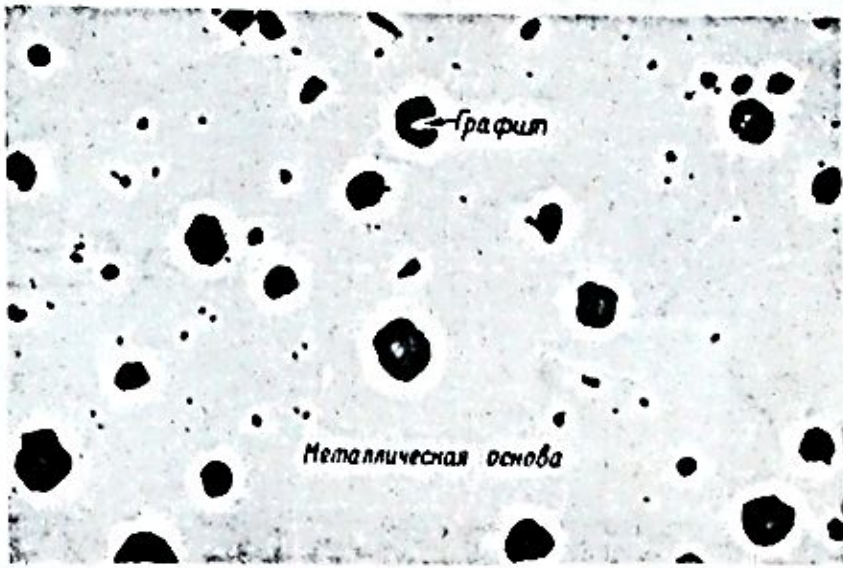
а б

***а* – высокопрочный чугун на ферритной основе;**
***б* – высокопрочный чугун на ферритно-перлитной основе**

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН

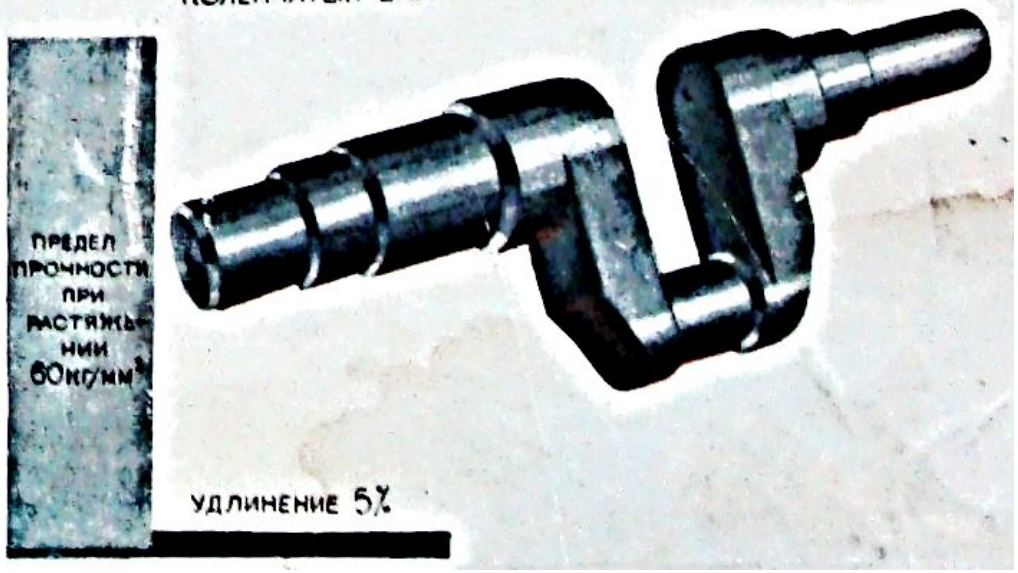


ПОСЛЕ ТРАВЛЕНИЯ ×300



ДО ТРАВЛЕНИЯ ×300

КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ



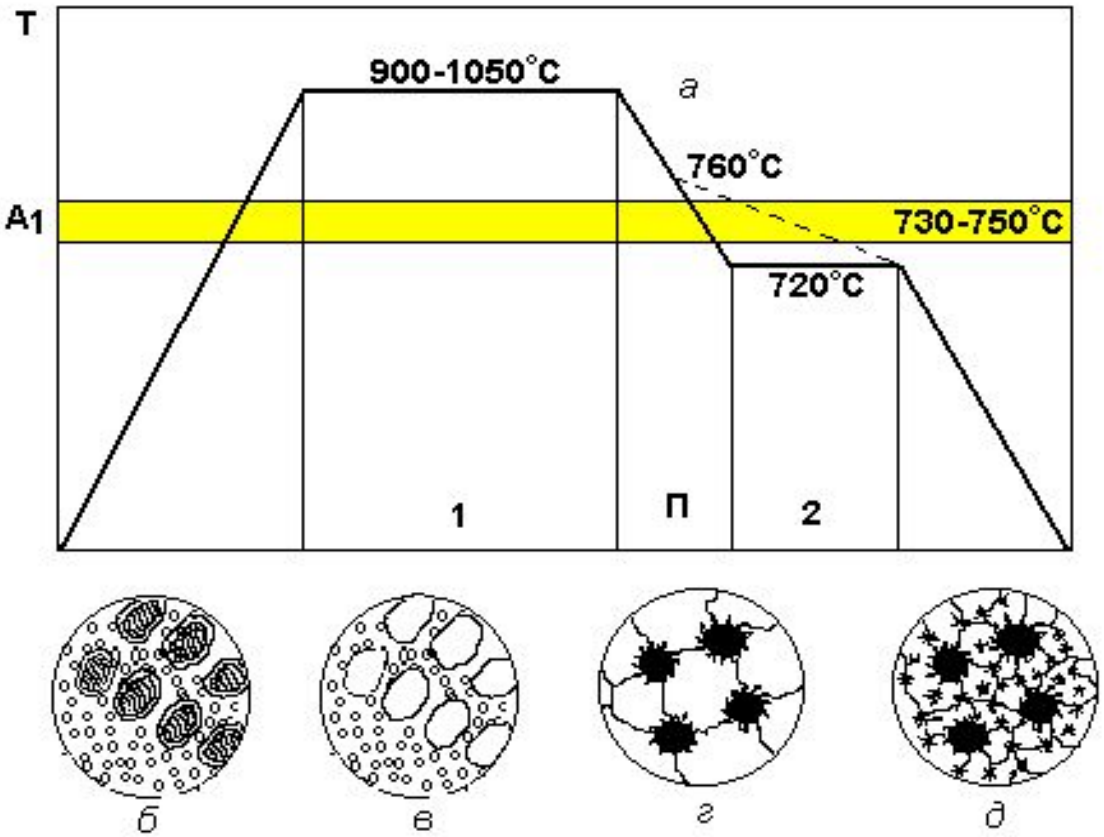
Ковкий чугун

- **Получают отжигом белого доэвтектического чугуна.**
- Хорошие свойства у отливок обеспечиваются, если в процессе кристаллизации и охлаждения отливок в форме не происходит процесс графитизации. Чтобы предотвратить графитизацию, чугуны должны иметь пониженное содержание углерода и кремния.
- Содержат: углерода – 2,4…3,0 %, кремния – 0,8…1,4 %, марганца – 0,3…1,0 %, фосфора – до 0,2 %, серы – до 0,1 %.
- Отливки из ковкого чугуна **применяют для деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках**.
- Из ферритных чугунов изготавливают **картеры редукторов, ступицы, крюки, скобы, хомутики, муфты, фланцы**..

Ковкий чугун

- Отливки выдерживаются в печи при температуре 950…1000°С в течении 15…20 часов. Происходит разложение цементита.
- Различают 7 марок ковкого чугуна: три с ферритной (КЧ 30 – 6) и четыре с перлитной (КЧ 65 – 3) основой (ГОСТ 1215). По механическим и технологическим свойствам ковкий чугун занимает промежуточное положение между серым чугуном и сталью. Недостатком ковкого чугуна по сравнению с высокопрочным является ограничение толщины стенок для отливки и необходимость отжига.
- Маркировка: КЧ 35-10 **Ковкий чугун**, предел прочности при растяжении **$б_в$= 350 Мпа (35кгс/мм^2)**и относительным удлинением **δ= 10%**

График режима отжига на ковкий чугун



б – исходная структура доэвтектического белого чугуна;

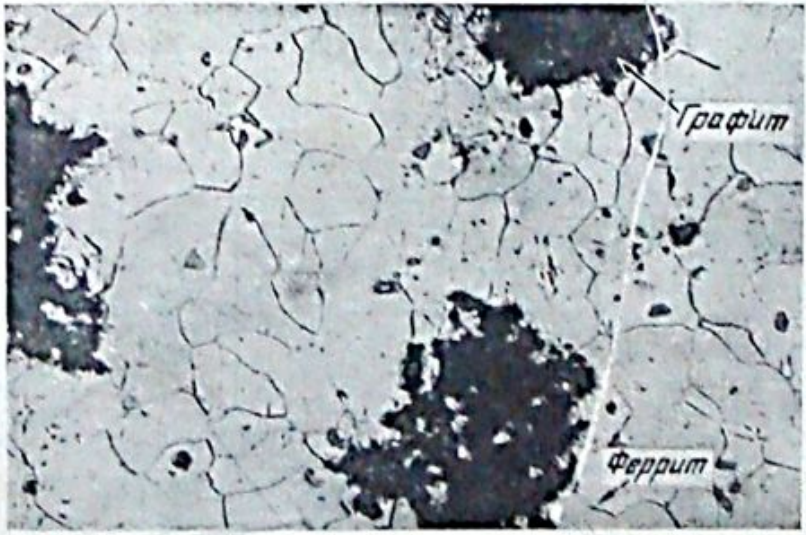
в – структура белого чугуна при высокой температуре (900–1050 ˚С) до начала процесс графитизации (в начальном этапе выдержки);

г – по окончании выдержки при температуре 900–1050 ˚С;

д – после окончания второй стадии графитизации (конечная структура)

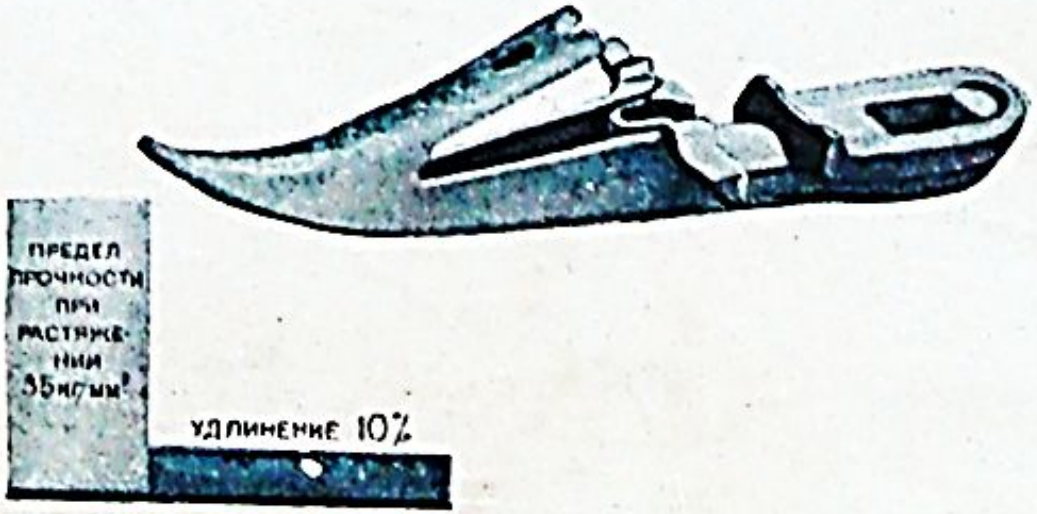
КОВКИЙ ЧУГУН

ДО ТРАВЛЕНИЯ ×300

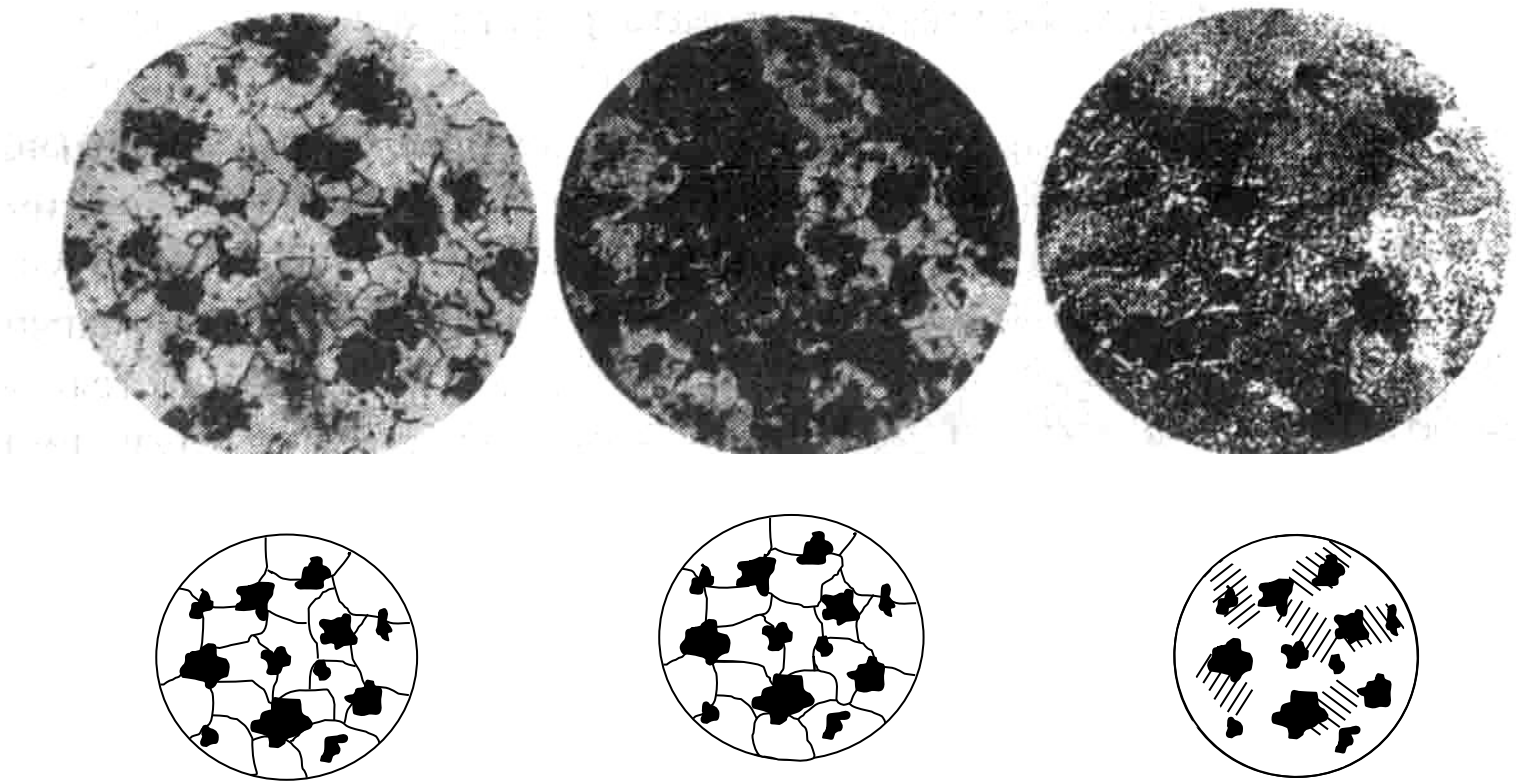


ПОСЛЕ ТРАВЛЕНИЯ ×300

ПАЛЕЦ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ



Структуры ковких чугунов и схемы их зарисовки



а **– ферритный ковкий чугун, ×200;**
б **– ферритно-перлитный ковкий чугун, ×200;**
в **– перлитный ковкий чугун, ×200**

Отбеленные и другие чугуны

- Отбеленные – отливки, поверхность которых состоит из белого чугуна, а внутри серый или высокопрочный чугун.
- В составе чугуна 2,8…3,6 % углерода, и пониженное содержание кремния –0,5…0,8 %.
- Имеют высокую поверхностную твердость (950…1000 НВ) и очень высокую износостойкость. Используются для изготовления прокатных валов, вагонных колес с отбеленным ободом, шаров для шаровых мельниц.
- Для изготовления деталей, работающих в условиях абразивного износа, используются белые чугуны, легированные хромом, хромом и марганцем, хромом и никелем. Отливки из такого чугуна отличаются высокой твердостью и износостойкостью.
- Для деталей, работающих в условиях износа при высоких температурах, используют высокохромистые и хромоникелевые чугуны. Жаростойкость достигается легированием чугунов кремнием (5…6 %) и алюминием (1…2 %). Коррозионная стойкость увеличивается легированием хромом, никелем, кремнием.
- Для чугунов можно применять термическую обработку

Маркировка чугунов

Серый чугун маркируют буквами «С» — серый и «Ч» — чугун. Число после буквенного обозначения показывает среднее значение предела прочности чугуна при растяжении. Например, СЧ 20 —чугун серый, предел прочности при растяжении 200 Мпа

Высокопрочный чугун маркируются буквами «В» — высокопрочный, «Ч» — чугун и числом, обозначающим среднее значение предела прочности чугуна при растяжении. Например, ВЧ 100- высокопрочный чугун, предел прочности при растяжении 1000 МПа (или 100

Ковкие чугуны маркируют буквами «К» — ковкий, «Ч» — чугун и цифрами. Первая группа цифр показывает предел прочности чугуна при растяжении, вторая — относительное его удлинение при разрыве. Например, КЧ 33-8 означает: ковкий чугун с пределом прочности при растяжении 33 кг/мм2 (330 МПа) и относительным удлинением при

Маркировка чугунов

Жаростойкие легированные чугуны ЧХ 2, ЧХ 3.
Жаропрочные легированные чугуны ЧНМШ, ЧНИГ7Х2Ш.

Коррозионно-стойкие легированные чугуны марок ЧХ 1, ЧНХТ, ЧНХМД, ЧН2Х (низколегированные).

- *Антифрикционные чугуны* (АЧС-1 — АЧС-6) (АЧВ-1, АЧВ-2)

чх3т

- **Ч**-чугун
- **Х3**-хрома 3%
- **Т**итан-1%

чюхш

- **Ч**-чугун
- **Ю**-алюминий 1%
- **Х**-хром 1%
- **Ш**-шаровидный графит

чх22с

- **Ч**-чугун
- **Х22**-хрома 22%
- **С**-кремния 1%

АЧС-5

- **АЧС**-антифрикционный чугун, серый
- **5**-порядковый номер

Характеристики серого и специального (легированного) чугуна

ЧУГУН	МАРКИ	ТВЁРДОСТЬ НВ	ПРИМЕНЕНИЕ
Малой прочности	СЧ10 СЧ20	170…229	Шкивы. Блоки цилиндров, кронштейны, головки блоков цилиндров, картеры сцепления, коробки передач, корпуса водяных и масляных насосов .
Повышенной прочности	СЧ20-СЧ45	170…241	Зубчатые колёса, маховики, поршни, тормозные барабаны, гильзы блоков цилиндров, тормозные цилиндры.
Ковкий	КЧ30-6 КЧ63-2	180…249	Кронштейны рессор, педали, крышки подшипников, корпуса коробок передач и.т.д.
Высокой прочности	ВЧ35-ВЧ100	180…260 (для ВЧ50)	Детали паровых турбин, детали автомобилей и тракторов(коленчатые валы, поршни) и.т.д.
Износостойкий	ЧХ3Т ЧХ16 ЧХ28Д2 ЧН4Х2	440…590 440…590 440…590 440…650	Детали находящиеся в контакте с абразивом, футеровки барабанов и крышек, черпаки питателей, загрузочные патрубки, шары и.т.д.
Жаростойкий	ЧЮХШ ЧЮ22Ш	180…356 235…356	Детали печного оборудования, газовых двигателей и компрессоров, колосники, горелки кокиле.
Коррозионно-стойкий	ЧХ22С ЧХ28 ЧХ32	215…340 215…270 245…370	Детали находящиеся в контакте с концентрированной азотной и фосфорной кислотами, печная арматура и.т.д.
жаропрочный		120…250 120…250	Детали турбокомпрессоров криогенной техники

Чугун антифрикционный	марки	Твёрдость НВ	Применение
	АЧС-1	180…240	ДЕТАЛИ РАБОТАЮЩИЕ В ПАРЕ С ДЕТАЛЯМИ ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ
	АЧС-6	100…120	
	АЧК-1	180…241	
	АЧК-2	180…241	
	АЧВ-1	180…241	
	АЧВ-2	180…241	

ПРИМЕЧАНИЕ. АЧК и АЧВ –соответственно ковкий и высокопрочный
Антифрикционные чугуны