**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

# ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧУГУНОВ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной и заочной формы обучения

**Энгельс 2025**

***Цель работы:*** изучить микроструктуру чугунов, выяснить влияние формы и размеров графитных включений, а также типа металлической основы на механические свойства.

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2,14% углерода, называются чугунами.

Чугун очень распространен в машиностроении, вследствие хороших литейных свойств и более низкой стоимости, чем сталь.

В зависимости от состояния углерода и его формы чугуны подразделяются на белый, серый, высокопрочный и ковкий. Кроме того, имеются легированные чугуны со специальными свойствами: жаростойкими, износостойкими, коррозионно-стойкими и др.

### 1. Белый чугун

Чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита, называется белым. Он имеет белый блестящий излом. Основой для изучения микроструктуры белого чугуна является диаграмма «железо – цементит».

Белые чугуны делят на доэвтектические (менее 4,3%С), эвтектические (4,3%С), заэвтектические (более 4,3%С). Белый чугун имеет в своей структуре большое количество цементита (в эвтектике-ледебурите 64% цементита), поэтому он тверд и хрупок, плохо обрабатывается режущим инструментом (твердость цементита 750 - 800 НВ).

Как конструкционный материал белый чугун имеет ограниченное применение, в основном для деталей, работающих в тяжелых условиях износа, у которых только поверхностный слой рабочих поверхностей отбелен в результате быстрого охлаждения (щеки дробилок, шары мельниц, катки бегунов и т. п.).

### 2. Серый чугун

Серый чугун представляет собой сплав Fe-C-Si с постоянными примесями Mn, P и S. В сером чугуне большая часть углерода или весь углерод находится в виде графита. В поле зрения микрошлифа графит имеет форму искривленных пластинок. Наиболее широкое применение получили чугуны, содержащие 3,0 - 3,7%С.

Чем выше содержание углерода, тем больше образуется графита и тем ниже механические свойства чугуна. Содержание кремния в чугуне от 1,0 до 2,6%. Кремний способствует процессу графитизации, действуя в том же направлении, что и замедления скорости охлаждения отливок.

Изменяя содержание в чугуне углерода и кремния, а также скорость охлаждения, можно получить различную структуру металлической основы чугуна: перлитную, ферритно-перлитную, ферритную. При большом содержании углерода и кремния и медленном охлаждении (т. е. при отливках большого сечения), весь углерод в структуре будет в виде графита, а металлическая основа ферритная.

Количество марганца в сером чугуне не превышает 0,5 - 1,1%. Марганец препятствует графитизации.

Сера ухудшает механические и технологические свойства чугуна, поэтому ее содержание ограничивают до 0,15%. В сером чугуне сера образует сульфиты FeS и MnS. Содержание фосфора в сером чугуне обычно 0,2%.

Механические свойства чугуна обусловлены его структурой. Чугун можно рассматривать как сталь, пронизанную графитом, который играет роль надрезов, ослабляющих металлическую основу структуры. Чем меньше графитных включений, чем они мельче и больше степень их изолированности, тем выше прочность чугуна.

Серый чугун – хрупкий. Относительное удлинение при растяжении независимо от структуры металлической основы не превышает 0,5%. Твердость чугуна 143 - 269 НВ определяется в основном свойствами металлической основы.

Серый чугун маркируется буквами СЧ (ГОСТ 1412 - 85) . После букв следуют цифры, указывающие минимальное значение временного сопротивления в кгс/мм$^2$.

Марки СЧ10, СЧ15 – ферритные чугуны с повышенным содержанием кремния (2,0-2,6%), СЧ18 – ферритно-перлитный, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35 – перлитные чугуны.

Чугуны марок СЧ25 и выше обычно перед разливкой модифицируют 75%-ным ферросилицием (FeSi). После этого в перлите наблюдается небольшое количество изолированных пластинок графита средней величины.

## 3. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом

Отливки из высокопрочного чугуна широко используют в различных отраслях машиностроения для корпусных деталей, для коленчатых валов вместо стальных и т. д.

Шаровидный графит меньше ослабляет металлическую основу, чем пластинчатый графит. Металлическую основу в высокопрочных чугунах можно получать со всеми известными структурами.

Для получения шаровидного графита чугун модифицируют, т. е. обрабатывают расплав сфероидизирующими металлами (Mg, Ca, Ce и др.) и их смесями с другими металлами. Чаще всего применяют магниевые лигатуры с никелем или ферросилицием.

Обычный состав чугуна при толщинах отливок до 50 мм: 3,2-3,8% C; 1,9-2,9% Si; 0,2-0,7% Mn; до 0,1% P; до 0,02% S. Для получения заданных свойств в отливках с большей толщиной стенки (до 100 мм и более) уменьшают содержание C и Si.

По ГОСТ 7293 - 85 высокопрочный чугун маркируется буквами ВЧ, затем следуют цифры, указывающие минимальную величину временного сопротивления в кгс/мм$^2$. ВЧ35, ВЧ40-ферритные чугуны с относительным удлинением не менее 22 и 15% соответственно. ВЧ 45, ВЧ 50 – перлитно-ферритные чугуны с относительным удлинением не менее 10 – 7%. ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80 – перлитные чугуны с относительным удлинением не менее 2 - 3%. ВЧ100 – бейнитный чугун.

Для получения чугуна высоких марок (ВЧ60 - ВЧ100) используют легирование небольшим количеством Ni и Cu (около 0,5% каждого) и упрочняющую термическую обработку. Твердость чугуна составляет от 140 - 170 НВ для ВЧ35, до 270 - 360 НВ для ВЧ 100.

## 4. Ковкий чугун

Отливки из ковкого чугуна получают путем длительного графитизирующего отжига отливок из белого чугуна. Они характеризуются повышенными значениями временного сопротивления и относительного удлинения вследствие образования при отжиге хлопьевидного графита, более компактного, чем в сером чугуне с пластинчатым графитом.

Металлическая основа у ковких чугунов может быть ферритной или, реже, перлитной в зависимости от химического состава и режима термической обработки. Отливки из ковкого чугуна имеют однородные свойства по сечению, в них практически отсутствуют внутренние напряжения.

Ковкий чугун применяется преимущественно для отливок с толщиной стенок от 3 до 50 мм, что связано со стремлением обеспечить безусловное получение структуры белого чугуна при литье по всему сечению.

Рекомендуемый состав ковкого чугуна: 2,4 - 2,9% C; 1,0 - 1,6% Si; 0,2 - 1,0% Mn; до 0,10 - 0,18% P; до 0,06 - 0,20% S.

По ГОСТ 1215-79 ковкий чугун маркируется буквами КЧ, затем следуют цифры, указывающие минимальные величины временного сопротивления в кгс/мм$^2$ и относительного удлинения в %. Марки КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10 и КЧ37-12 относятся к ферритному классу. Марки

перлитного класса от КЧ45-7 до КЧ80-1,5 (5 марок). В сравнении с ковким чугуном высокопрочный чугун обладает лучшими литейными и более высокими механическими свойствами, возможностью во многих случаях обходиться без термической обработки, а также возможностью применения для деталей любых массы и размеров. Поэтому отливки из ковкого чугуна в последние годы заметно вытесняются отливками из высокопрочного чугуна.

### 5. Антифрикционный чугун

Антифрикционные свойства для ряда чугунов весьма высокие и в некоторых условиях могут быть лучше, чем у бронз. Марки антифрикционных чугунов предусмотрены ГОСТ 1585 - 85 (10 марок).

В качестве антифрикционных может быть использована каждая из трех разновидностей чугуна: серый с пластинчатым графитом, высокопрочный с шаровидным графитом и ковкий. Для антифрикционных чугунов ГОСТ регламентирует не механические свойства, а химический состав по легирующим элементам и микроструктуру, а также условия применения различных марок, т. е. предельные режимы работы.

Примеры марок антифрикционного чугуна: АЧС-1, АЧВ-1, АЧК-1. Указанные марки чугунов имеют перлитную металлическую основу, но разную форму графита.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

Ответы на вопросы даются письменно и заносятся в отчет о лабораторной работе в качестве введения до проведения лабораторного занятия.

1. Почему белый чугун имеет ограниченное применение как конструкционный материал?
2. Какая роль кремния при формировании структуры серого чугуна?
3. От чего зависит микроструктура металлической основы серого чугуна?
4. Какие серые чугуны прочнее ферритные или перлитные и почему?
5. Химический состав серого и высокопрочного чугунов по углероду и кремнию может быть одинаковым. Почему же у них разная форма графита?
6. Приведите марки самых прочных ферритных и перлитных серых и высокопрочных чугунов. Сравните их.
7. Почему для толстостенных чугунных отливок из СЧ и ВЧ уменьшают в жидком чугуне содержание C и Si?
8. Почему ковкий чугун применяется для отливок с толщиной стенок не более 40 – 50 мм?

9. Почему в ковком чугуне меньше содержания углерода, чем в сером и высокопрочных чугунах?
10. Какая форма графита в чугунах марок АЧС-1, АЧВ-1, АЧК-1?

## МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Готовые комплекты микрошлифов чугунов, металломикроскопы, альбом фотографий микроструктур.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Рассмотреть в микроскоп микрошлифы чугунов, сравнить с фотографиями микроструктур.
2. Установить тип каждого чугуна.
3. Зарисовать микроструктуры всех образцов, отметив структурные составляющие, в том числе форму графитных включений. Написать примерную марку каждого чугуна.

## ВЫВОДЫ

Сформулировать одно, два обобщающих заключения о научном и практическом результате исследования структур чугунов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лахтин Ю.М. Материаловедение. / Ю.М. Лахтин Ю.М., В.П. Леонтьева. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
2. Конструкционные материалы: справочник / Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше и др.; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Машиностроение, 1990. 688 с.

**ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ**
**И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧУГУНОВ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Материаловедение»
для студентов механических специальностей

Составили: ЗЕМЧЕНКОВ Владимир Степанович
МАХУКОВ Николай Георгиевич

Рецензент А. М. Долгих

Редактор Н.Н. Крылова

Подписано в печать 10.09.02 Формат 60x84 1/16
Бум. тип Усл. - печ. л. 0,46(0,5) Уч.-изд. л. 0,4
Тираж 100 экз. Заказ 112 Бесплатно

Саратовский государственный технический университет
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Копи принтер СГТУ, 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77