Лабораторная работа 1.

**МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Цель работы:** Изучить свойства металлов, как наиболее распространенного конструкционного материала, применяемого в машиностроении.

Краткое описание строения и их свойства, структуры металлов позволяет восстановить магистрам необходимую информацию полученную на ранних курсах обучения в вузе. Чугун является наиболее распространенным материалам и на принципах изучения его микроструктуры, а также применения специальных чугунов и их сплавов раскрываются его механические характеристики и использование в машиностроении.

1.1. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА

Чугун отличается от стали более высоким содержанием углерода, лучшими литейными свойствами. Он не способен в обычных условиях обрабатываться давлением и дешевле стали. В чугунах имеются примеси кремния, марганца, фосфора и серы. Чугуны со специальными свойствами содержат легирующие элементы - никель, хром, медь, молибден и др. Примеси, находящиеся в чугуне, влияют на количество и строение выделяющегося графита [1,2].

[](http://osvarke.info/uploads/posts/2011-11/1320177795_23.jpg)

Рис. 1.1. Микроструктуры чугуна

Механические свойства отливок из чугуна зависят от его структуры. Чугуны имеют следующие структурные составляющие: графит, феррит, перлит, ледебурит и фосфидную эвтектику. По микроструктуре чугуны делят на белый чугун I (рис. 1.1.), содержащий ледебуритный цементит Ц и перлит П; серый перлитный чугун II, содержащий перлит П и графит Г; серый ферритный чугун III, содержащий феррит Ф и графит Г. В ферритном чугуне весь углерод находится в свободном состоянии в виде графита. Существуют чугуны с промежуточными микроструктурами: половинчатый Па, в котором имеются перлит, ледебуритный цементит и графит; перлитно-ферритный Пб, содержащий феррит, перлит и графит; высокопрочный IV - перлит и шаровидный графит.  
На образование той или иной микроструктуры чугуна большое влияние оказывают его химический состав и скорость охлаждения отливки.  
*Углерод* в обычных серых чугунах содержится в количестве от 2,7 до 3,7%. Выделение графита увеличивается с повышением содержания углерода в чугуне. Во всех случаях пределы содержания углерода принимают: нижние – для толстостенных, а верхние - для тонкостенных отливок.  
Совместное влияние *углерода и кремния* на структуру чугуна представлено на диаграмме (рис. 1.2, а). На диаграмме по линии абсцисс отложено содержание в чугуне кремния, а на оси ординат - содержание углерода. Диаграмма сплошными линиями делится на пять областей. Обозначение областей соответствует структурам чугуна, приведенным на рис. 1.2. Используя эту диаграмму, можно определить процентное содержание углерода и кремния для получения отливок с толщиной стенок 50 мм и необходимой микроструктурой.

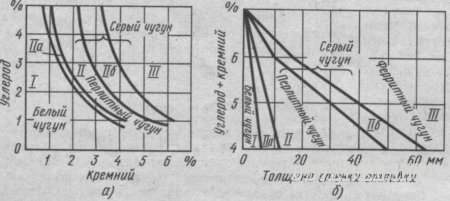
[](http://osvarke.info/uploads/posts/2011-11/1320177832_24.jpg)

Рис. 1.2. Структурные диаграммы чугуна в зависимости от:  
а – содержания углерода и кремния, б – скорости охлаждения

Существенное влияние на образование структуры чугуна оказывает скорость охлаждения отливки, которая становится тем меньше, чем больше толщина стенки отливки. С увеличением скорости охлаждения отливки количество цементита в структуре чугуна возрастает, а с уменьшением ее в структуре чугуна увеличивается содержание графита. Поэтому при одном и том же химическом составе чугуна отливка, ,имеющая разную толщину стенок, будет иметь разную микроструктуру, а следовательно, и механические свойства. На рис. 1.2, б показано совместное влияние углерода и кремния (ось ординат) и толщины стенки отливки (ось абсцисс) на структуру чугуна. Обозначение областей на этой диаграмме также соответствует структурам, приведенным на рис. 1.1. и областям рис. 1.2, а.  
 *Марганец* растворяется в чугуне, образуя твердые растворы с ферритом и цементитом. Марганец в некоторой степени препятствует графитизации чугуна. Марганец нейтрализует вредное влияние серы на чугун. Содержание марганца в сером чугуне составляет обычно 0,5-0,8%. Увеличение содержания марганца до 0,8-1,0% приводит к повышению механических свойств чугуна, особенно в отливках с тонкими стенками.  
 *Фосфор* не оказывает практического влияния на процесс графитизации чугуна. В количестве 0,1-0,3% фосфор находится в твердом чугуне в растворенном состоянии. Фосфор повышает хрупкость, так как в чугунах с содержанием фосфора около 0,5-0,7% образуется тройная фосфидная эвтектика (Fe+Fe3P+Fe3C) с температурой плавления 950°С, которая выделяется в виде хрупкой сплошной сети по границам зерен. Фосфор повышает жидкотекучесть и износостойкость, но ухудшает обрабатываемость чугуна. Для ответственных отливок содержание фосфора допускается до 0,2-0,3%. Отливки, предназначенные для работы на истирание, могут содержать до 0,7-0,8% фосфора, тонкостенные отливки и отливки художественного литья - около 1% фосфора.  
 *Сера* является вредной примесью, образует при затвердевании сернистое железо (FeS), ухудшает литейные свойства чугуна (снижает жидкотекучесть, увеличивает усадку и повышает склонность к образованию трещин). Сернистое железо образует с железом легкоплавкую эвтектику (Fe+FeS), которая плавится при температуре 988°С. Эвтектика затвердевает в последнюю очередь и располагается между зернами, приводя к хрупкости и понижению прочности чугуна при повышенных температурах, т. е. к красноломкости

*Легирующие элементы* (Сг, Ni, Mo, Ti, Мп, Си и др.) улучшают свойства чугуна. Хром и никель для легирования чугуна обычно применяют совместно. В результате легирования чугуна перлит размельчается или образуются другие, еще более тонкие структуры.  
 **Белый и серый чугун.** Серый и белый чугуны резко различаются но свойствам [].

*Белые чугуны* очень твердые и хрупкие, плохо обрабатываются режущим инструментом, идут на переплавку в сталь и называются передельными чугунами. Часть белого чугуна идет на получение ковкого чугуна.  
*Серые чугуны* - это литейный чугун. Серый чугун поступает в производство в виде отливок. Серый чугун является дешевым конструкционным материалом. Он обладает хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатывается резанием, сопротивляется износу, обладает способностью рассеивать колебания при вибрационных и переменных нагрузках. Свойство гасить вибрации называют демпфирующей способностью. Демпфирующая способность чугуна в 2-4 раза выше, чем стали. Высокая демпфирующая способность и износостойкость обусловили применение чугуна для изготовления станин различного оборудования, коленчатых и распределительных валов тракторных и автомобильных двигателей и др.

Механические свойства серых чугунов зависят от металлической основы, а также формы и размеров включений графита. Наиболее прочными являются серые чугуны на перлитной основе, а наиболее пластичными - серые чугуны на ферритной основе.

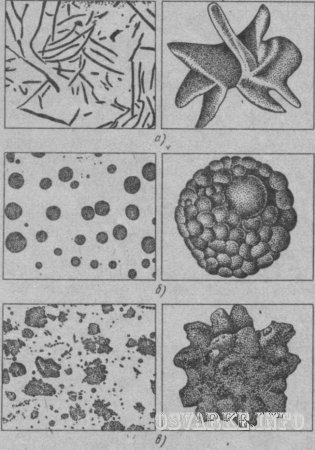
[](http://osvarke.info/uploads/posts/2011-11/1320179688_25.jpg)

Рис. 1.3. Микроструктура чугуна с различной формой графита:  
а - пластинчатый графит в сером чугуне, б - шаровидный графит в высокопрочном чугуне, в – хлопьевидный графит в ковком чугуне

. Поскольку графит имеет очень малую прочность и не имеет связи с (металлической основой чугуна, полости, занятые графитом, можно рассматривать как пустоты, надрезы или трещины в металлической основе чугуна, которые значительно снижают его прочность и пластичность. Наибольшее снижение прочностных свойств вызывают включения графита (рис. 1.3., а) в виде пластинок, наименьшее - включения точечной или шарообразной формы.

По физико-механическим характеристикам серые чугуны условно можно разделить па четыре группы: малой прочности, повышенной прочности, высокой прочности и со специальными свойствами.  
 *Серый чугун малой прочности* имеет в основе микроструктуру феррита или феррита и перлита с пластинчатым графитом (рис. 1. 3., а). Такой чугун обладает прочностью на растяжение 300 МПа и соответствует маркам до СЧ 30. В марке буквы сокращенно обозначают наименование чугуна, а следующая за ними двухзначная цифра - предел прочности на растяжение.  
 *Серый чугун повышенной прочности* имеет перлитную основу и более мелкое, завихренное строение графита. Он соответствует маркам от СЧ 35 до СЧ 40. Прочность этих чугунов обеспечивается легированием и модифицированием чугуна.  
 *Легированный серый чугун* имеет мелкозернистую структуру и лучшее строение графита за счет присадки небольших количеств никеля и хрома, молибдена, а иногда титана или меди.  
 *Модифицированный серый чугун* имеет однородное строение по сечению отливки и более мелкую завихренную форму графита. Химический состав шихты для изготовления модифицированного чугуна подбирают таким, чтобы обычный немодифицированный чугун затвердевал бы в отливке с отбелом (т. е. белым или половинчатым).

**Высокопрочный чугун.** Он имеет ферритную или перлитную структуру (см. рис. 1.1.), является разновидностью серого чугуна, модифицированного магнием. Одновременно с ним или несколько позже в жидкий чугун вводят ферросилиций. В результате получают мелкие включения графита шаровидной формы (см. рис. 1.3,б). Этот чугун обладает повышенной прочностью но сравнению с обычными серыми чугунами. Механические свойства высокопрочного чугуна позволяют применять его для изготовления деталей машин, работающих в тяжелых условиях, вместо поковок или отливок из стали. Из высокопрочного чугуна изготовляют детали прокатных станов, кузнечно-прессового оборудования, паровых турбин (лопатки направляющего аппарата), тракторов, автомобилей (коленчатые валы, поршни) и др.

**Ковкий чугун.** Ковкий чугун - условное название более пластичного чугуна по сравнению с серым. Ковкий чугун никогда не куют. Отливки из ковкого чугуна получают длительным отжигом отливок из белого чугуна с перлитно-цементитной структурой. Толщина стенок отливки не должна превышать 40-50 мм. При отжиге цементит белого чугуна распадается с образованием графита хлопьевидной формы (см. рис. 1. 3., в). У отливок с толщиной стенок более 50 мм при отжиге будет образовываться нежелательный пластинчатый графит.  
 В зависимости от структуры металлической основы различают ковкий ферритный чугун и ковкий перлитный чугун. Ферритные ковкие чугуны получают из белых чугунов, выплавленных дуплекс-процессом и содержащих 2,4-2,8% С; 0,8-1,4% Si; 0,3-0,4% Мп; 0,08-0,1% S, 0,2% Р. Для защиты от окисления при отжиге отливки из белого чугуна укладывают в специальные металлические ящики и засыпают песком, стальными стружками или шамотом. Отжиг белого чугуна состоит в медленном нагреве (20-25 ч) до температуры 950-1000°С и длительной выдержке (10-15 ч) при этой температуре. В процессе выдержки происходит первая стадия графитизации, заключающаяся в распаде эвтектического и избыточного вторичного цементита, который в небольшом количестве имеется при этой температуре. К концу выдержки заканчивается первая стадия графитизации и чугун состоит из аустенита и включений углерода отжига. Затем температуру снижают до 720-740°С и снова выдерживают чугун в течение 25-30 ч (рис. 4, режим 1).

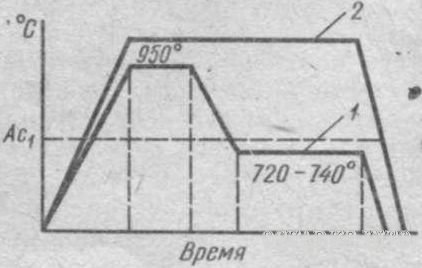


Рис. 1.4. Отжиг белого чугуна

В это время происходит вторая стадия графитизации, в процессе которой распадается цементит перлита. Ферритный ковкий чугун называют также черносердечным по виду излома, который из-за большого количества графитных включений в ферритной основе имеет темный матовый цвет.

Перлитные ковкие чугуны получают из белых чугунов, выплавленных преимущественно в вагранках. Белый чугун для этого должен иметь следующий химический состав: 2,8-3,4% С; 0,5-0,8% Si; 0,4-0,5% Мп; 0,2% Р и 0,12% S. Для уменьшения содержания углерода отжиг выполняют в окислительной среде. Для этого отливки засыпают окалиной или измельченной железной рудой. Режим отжига состоит в нагреве до температуры примерно 1000°С, длительной выдержке при этой температуре (первая стадия графитизации) и непрерывном медленном охлаждении до комнатной температуры (рис.1. 4., режим 2). При таком отжиге значительная часть углерода выгорает, а в поверхностном слое глубиной до 1,5-2,0 мм наблюдается полное обезуглероживание. Поэтому в изломе чугун получается светлым и его называют светлосердечным. Перлитные ковкие чугуны имеют меньшее применение, чем ферритные ковкие чугуны.  
В зависимости от предела прочности при растяжении (σв) и относительного удлинения (δ) ковкий чугун (ГОСТ 1215-79) разделяют на следующие марки (в скобках указаны числовые значения твердости НВ): КЧ 30-6 (163), КЧ 33-8 (163), КЧ 35-10 (163), КЧ 37-12 (163) - ферритные черносердечные и КЧ 45-6 (241), КЧ 50-4 (241), КЧ 56-4 (269), КЧ 60-3 (269), КЧ 63-2 (269) - перлитные светло-сердечные.  
 Ковкий чугун широко применяют в автомобильном, сельскохозяйственном и текстильном машиностроении. Из него изготовляют детали высокой прочности, способные воспринимать повторно-переменные и ударные нагрузки и работающие в условиях повышенного износа, такие, как картер заднего моста, тормозные колодки, ступицы, пальцы режущих аппаратов сельскохозяйственных машин, шестерни, крючковые цепи и др. Широкое распространение ковкого чугуна, занимающего по механическим свойствам промежуточное положение между серым чугуном и сталью, обусловлено лучшими по сравнению со .сталью литейными свойствами исходного белого чугуна, что позволяет получать отливки сложной формы. Ковкий чугун характеризуется достаточно высокими антикоррозионными свойствами и хорошо работает в среде влажного воздуха, топочных газов и воды.  
**Чугуны со специальными свойствами.** Такие чугуны используют в различных отраслях машиностроения тогда, когда отливка кроме прочности должна обладать теми или иными специфическими свойствами (износостойкостью, химической стойкостью, жаростойкостью и т. п.). Из большого количества чугунов со специальными свойствами приведем в качестве примеров следующие.  
 *Магнитный чугун* используют для изготовления корпусов электрических машин, рам, щитов и др. Для этой цели наилучшим является ферритный чугун с шаровидным графитом.  
 *Немагнитный чугун* используют для изготовления кожухов и бандажей различных электрических машин. Для этого применяют никеле-марганцовистый чугун, содержащий 7-10% Мп и 7-9% Ni, а также марганцево-медистый чугун, в котором содержится 9,8% Мп и 1,2-2,0% Си.  
 *Аустенитный чугун* имеет высокие показатели по кислотостойкости, щелочестойкости и жаропрочности. Примерами этих чугунов являются нирезит, содержащий 14% Ni, 2% Gr, 7% Си и никросилал с 5% Si, 18% Ni, 2% Сг и др.  
 *Жаростойкий чугун* - чугаль содержит 20-25% Аl.  
К чугунам со специальными свойствами относят также упомянутые ранее ферросплавы - ферромарганец, ферросилиций и т. д., предназначенные для раскисления и легирования стали при ее выплавке.

1.2.ПРИМЕНЕНИЕ ЧУГУНА В СТАНКОСТРОЕНИИ

Детали, относящиеся к первому классу — это детали, несущие высокие нагрузки: кронштейны, зубчатые колеса []. Детали, к которым предъявляются требования по стабильности геометрической формы и работающие на износ при трении скольжения в условиях большой загрязненности смазки, а также при трении качения: станины с направляющими скольжения токарно-винторезных, револьверных, горизонтально-расточных, фрезерных и других станков, а также координатно-расточных, шлифовальных с недостаточной защитой направляющих; станины координатно-расточных, резьбошлифовальных, шлифовальных станков с направляющими качения; ползуны, поперечины, накладные направляющие; шабровочные и поверочные плиты и линейки. Детали, к которым предъявляются требования в части герметичности при давлении свыше 80 кГ/см\*: детали гидро- и пневмоаппаратуры — цилиндры, корпусы насосов, золотников.

К отливкам первого класса, работающим в условиях износа рабочих поверхностей (направляющих), предъявляются дополнительные требования в отношении твердости и микроструктуры. Твердость направляющих на глубине 3/4 припуска на механическую обработку должна быть не ниже 180 НВ. Для тяжелых отливок весом более 7000 кг или при толщине направляющих более 100 мм твердость может быть снижена до 170 НВ. Такое же снижение твердости допускается, если направляющие скольжения хорошо защищены от загрязнения (не выходят из контакта с направляющими сопряженных деталей).

Ко второму классу отливок относятся базовые и корпусные детали повышенной прочности или износостойкости. Для обеспечения необходимой прочности и жесткости чугун в отливках (в преобладающих по толщине сечения участках) должен иметь предел прочности на растяжение около 20—25 кГ/мм2 и модуль упругости около (1,0-н + 1,2) 104 кГ/мм2. В зависимости от толщин стенок отливок для обеспечения такой прочности рекомендуется применение следующих марок серого чугуна: СЧ 15-32, СЧ 21-40 и СЧ 28-48.

Отливки второго класса — детали, к которым предъявляются требования по стабильности геометрической формы и не работающие на износ: станины и салазки с накладными направляющими револьверных, токарно-винторезных станков и много-резцовых полуавтоматов; детали, работающие на износ в условиях трения скольжения при незначительной степени загрязненности смазки: станины карусельных, продольно-строгальных, координатно-расточных и других станков с хорошей защитой направляющих, поперечины и стойки карусельных, координатно-расточных и продольно-фрезерных станков, планшайбы, столы с круговыми направляющими, шпиндельные бабки, каретки токарных автоматов, разметочные плиты, угольники; детали, к которым предъявляются требования герметичности в условиях давлений до 80 кГ/см2.

Для отливок второго класса, работающих в условиях износа рабочих поверхностей (направляющих), предъявляются дополнительные требования в отношении твердости и микроструктуры. Твердость рабочих поверхностей должна быть не менее 180 НВ. Твердость надо проверять на предварительно обработанных поверхностях с глубиной обработки не менее 3—4 от величины припуска на механическую обработку. Для тяжелых отливок массой более 7000 кг или при толщине литой направляющей более 100 мм допускается снижение твердости до 170 НВ, а для особо тяжелых отливок до 160 НВ. Микроструктура для отливок массой до 4000 кг или толщиной литых направляющих до 60 мм должна состоять из перлита в количестве более 98% и включений пластинчатого графита размером от 10 до 250 мкм, изолированного или в виде колоний малой и средней степени изолированности. Отливки с большей массой или большей толщиной направляющих должны иметь перлита более 90%.

К третьему классу отливок относятся базовые, корпусные и другие детали с небольшими требованиями в отношении прочности. Слабо нагруженные детали, жесткость и коробление которых не сказываются на точности работы станка: подмоторные плиты, рычаги управления, шкивы, маховички; детали, к которым предъявляются требования стабильности геометрической формы, испытывающие напряжения до 1 кГ/мм2: основания большинства станков, фундаментные плиты, крупногабаритные станины сложной конфигурации с накладными направляющими, подкладные плиты; детали, к которым предъявляются требования герметичности в условиях атмосферного давления: резервуары для масла, охлаждающей жидкости, корыта, корпусы фильтров, наливные баки, фланцы и крышки.

Серый чугун в отливках для этих деталей (с учетом преобладающей толщины стенки) должен иметь прочность порядка 15—20 кГ/мм2 и модуль упругости около (0,8—1,05) 104 кГ/мм2. Для отливок деталей третьего класса рекомендуются две марки серого чугуна: СЧ 15-32 и СЧ 21-40.

К четвертому классу отливок относятся малоответственные декоративные и другие детали, не несущие нагрузок и не подверженные износу, или износ которых не имеет значения. Это детали типа крышек, кожухов, патрубков, грузов и т. п. Прочность чугуна в отливках лежит в пределах 10—15 кГ/мм2, а модуль упругости должен быть равен (0,6—0,85) 104 кГ/мм2. Для изготовления подобного рода отливок рекомендуется серый чугун СЧ 12-28.

***Задание на самостоятельную работу :*** *Представленный лабораторный материал содержит краткое содержание по описанию свойств и в частности свойств чугуна. При самостоятельном повторении свойств металлов магистром должны быть раскрыты свойства конструкционных и инструментальных сталей. Теплостойкие, жаропрочные, коррозионнностойкие, высокопрочные, пружинные и подшипниковые стали.*

*На основании изучения первоисточников раскрыть вопросы производственного использования чугуна. Представить материалы в виде презентации слайдов, кратко описывающих все перечисленные виды сталей и направления их использования.*

Литература

1. Материаловедение : учебник для студентов машиностроит. спец. вузов / Б.Н. Арзомасов [и др.] ; отв. ред. Б.Н. Арзомасов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГУ им. Баумана, 2010. - 512 с. : ил.

2. Адаскин, А.М. Материаловедение (металлообработка) : учебник для нач. проф. образования / А.М. Адаскин, В.М. Зуев. - 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 240 с. : ил.

3. Материаловедение и технология металлов : учебник для студентов машиностроит. спец. вузов / Г.П. Фетисов [и др.] ; отв. ред. Г.П. Фетисов. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высш. шк., 2009. - 862 с. : ил. - Библиогр. : с. 849-854.

4. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроит. спец. вузов / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А.М. Дальского. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2010. - 512 с. : ил.

5. Журавлев, В.Н. Машиностроительные стали : справочник / В.Н. Журавлев, В.И. Николаева. - М. : Машиностроение, 2008. - 480 с. : ил.