

ТЕМА 2. ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

2.1 Чугун

Чугуном называется железоуглеродистый сплав с содержанием углерода, то есть под ним понимается материал, который состоит из сплава железа и углерода. Процентное содержание углерода в чугуне составляет более 2,14%. Последний элемент может входить в чугун в виде графита или цементита.

Разновидности

Различают белый и серый чугун.

- Углерод в белом чугуне представлен в виде карбида железа. Если переломить его, то можно увидеть белый отлив. В чистом виде белый чугун не используют. Его добавляют к процессу производства ковкого чугуна.

- На изломе серый чугун имеет серебристый отлив. У этого вида чугуна большая сфера использования. Он хорошо поддается обработке резцами.

Кроме этого, чугуны бывают высокопрочные, ковкие и со специальными свойствами.

- *Высокопрочный* чугун используют в целях повышения прочности изделия. Механические свойства такого чугуна позволяют это сделать на отлично. Высокопрочный чугун получают из серого в результате добавление к массе примеси магния.

- *Ковкий* чугун — это разновидность серого. Название не означает, что этот чугун легко подвергают ковке. Он обладает повышенными свойствами пластичности. Его получают помощью отжига из белого чугуна.

- Различают так же *половинчатый* чугун. В нем некоторая часть углерода находится в виде графита, а оставшаяся часть в форме цементита.

Особенные черты

Особенность чугуна кроется в процессе его производства. Средняя температура плавления разных видов чугуна составляет 1200°C. Это значение на 300 градусов меньше, чем у стали. Связано это с очень высоким содержанием углерода.

Углерод и атомы железа имеют между собой не очень тесную связь.

Когда идет процесс выплавки, углерод не может полностью внедриться в решетку железа. В результате чугун принимает свойство хрупкости. Его нельзя использовать для изготовления деталей, на которых будет постоянно действовать нагрузка.

Чугун относится к материалам черной металлургии. Его характеристики часто сравнивают со сталью. Изделия из стали или чугуна широко используются в нашей жизни. Их применение является оправданным. Проведя сравнение характеристик, можно сказать следующее об этих двух материалах:

- Стоимость чугунных изделий ниже стоимости стальных.
- Материалы отличаются по цвету. Чугун – это темный матовый материал, а сталь – светлый и блестящий.
- Чугун легче, чем сталь поддается литью. Но сталь легче сваривается и куется.
- Чугун менее прочный, чем сталь.
- По весу чугун легче стали.

Чугун, как и любой материал, имеет положительные и отрицательные стороны.

К плюсам чугуна относят:

- Углерод в чугуне может находиться в разном состоянии. Поэтому этот материал может быть двух видов (серый и белый).
- Определенные виды чугуна обладают повышенной прочностью, поэтому чугун иногда ставят на одну линию со сталью.
- Чугун может достаточно долго сохранять температуру. То есть при нагреве тепло равномерно распределяется по материалу и остается в нем длительное время.
- По экологичности чугун является чистым материалом. Поэтому его часто используют для изготовления посуды, в которой впоследствии готовится пища.
- Чугун стоек в кислотно-щелочной среде.
- Чугун обладает хорошей гигиеничностью.
- Материал отличается достаточно долгим сроком службы. Замечено, что чем продолжительнее используется чугун, тем его качество лучше.
- Чугун – долговечный материал.
- Чугун – это безвредный материал. Он не способен нанести организму даже маленького вреда.

К минусам чугуна относят:

- Чугун покрывается ржавчиной, если на нем непродолжительное время будет находиться вода.
- Чугун – дорогостоящий материал. Однако этот минус оправдан. Чугун очень качественный, практичный и надежный. Предметы, изготовленные из него, так же получаются качественными и долговечными.
- Для серого чугуна характерна маленькая пластичность.
- Для белого чугуна характерна хрупкость. Он в основном идет на переплавку.

Свойства и характеристики

Чугун обладает следующими свойствами:

1. **Физическими.** К этим характеристикам относятся: удельный вес, коэффициент линейного расширения, действительная усадка. Удельный вес меняется в зависимости от содержания в материале углерода.
2. **Тепловыми.** Теплопроводность материала принята рассчитывать по правилу смещения. Для твердого чугуна объемная теплоемкость равна 1 кал/см³*°С. Если чугун жидкий, то она равна примерно 1,5 кал/см³*°С.
3. **Механическими.** Эти свойства зависят от самой основы, а так же от размеров и формы графита. Самым прочным считается серый чугун с перлитной основой, а самым пластичным — с ферритной основой. Максимальное снижение прочности наблюдается при форме графита «пластинка», а минимальное – при форме «шар».
4. **Гидродинамическими.** Вязкость в чугуне меняется в зависимости от наличия марганца и серы. Так же она резко возрастает, когда температура чугуна переходит точку начала затвердевания.
5. **Технологическими.** Чугун обладает отличными литейными свойствами, стойкости к износу и вибрации.

6. *Химическими.* По электродному потенциалу (по мере убывания) структурные составляющие чугуна располагаются в следующем виде: цементит — фосфидная эвтектика — феррит.

Отличия чугуна от стали по химическому составу и свойствам

Сравнительные показатели чугунов и сталей.

№	Наименование показателей	Чугун	Сталь
1	Содержание углерода, %	> 2 %	< 2 %
2	Содержание S, P, Mn, Si	Много *	меньше
3	Структура	ледобурит,....	аустенит феррит,...
4	Хрупкость	более хрупкий *	
5	Твердость		более твердая *
6	Прочность		выше *
7	Ковкость		выше *
8	Литейные свойства	выше	
9	Изготавливаемые детали	станины, корпуса,	валы, шестерни,...
10	Технология изготовления	литье и механ. обраб.	прокатка и мех. обр.

Таб. 1

На свойства чугуна влияют специальные примеси.

- Так добавление серы позволяет существенно уменьшить жидкотекучесть и снизить тугоплавкость.
- Добавление фосфора одновременно дает возможность создать изделие сложной формы, но не дает ему повышенной прочности.
- Примесь в виде кремния делает температуру плавления не такой высокой и значительно улучшает свойства литья. Различное процентное содержания кремния позволяет создать разный чугун: от чисто-белого до ферритного.
- Марганец ухудшает литейные и технологические свойства, но повышает прочность и твердость.

Структура и состав

Если рассматривать чугун как структурный материал, то он представляет собой металлическую полость с графитными включениями. *Структура чугуна это в основном перлит, ледобурит и пластичный графит.* При этом у каждого вида чугуна эти элементы преобладают в разных пропорциях или отсутствуют совсем.

По структуре чугуны бывают:

- перлитные,
- ферритные и
- ферритно-перлитный.

Графит присутствует в этом материале в одной из форм:

- Шаровидная. Графит приобретает такую форму при добавлении присадки магния. Шаровидная форма графита характерна для высокопрочных чугунов.
- Пластичная. Графит похож на форму лепестков. В такой виде графит присутствует в обычном чугуне. Этот чугун обладает повышенными свойствами пластичности.
- Хлопьевидный. Графит приобретает такую форму в результате отжига белого чугуна. Графит в хлопьевидном виде находится у ковкого чугуна.

- Вермикулярный. Графит названной форма находится у серого чугуна. Она была разработана специально для улучшения пластичных и прочих свойств.

Производство чугуна

Чугун производят в специальных доменных печах. Основное сырье для получения чугуна – это железная руда. Технологический процесс заключается в восстановлении оксидов железа руды и получении на выходе другого материала – чугуна. Для изготовления чугуна используются следующее топливо: кокс, природный газ и термоантрацит.

После восстановления руды железо имеет твердую форму. Далее его опускают в специальную часть печи (распар), где происходит растворение в железе углерода. На выходе получается жидкий чугун, который опускается в нижнюю часть печи.

Цена на чугун (за 1 кг) зависит от количества углерода в нем, от наличия дополнительных примесей и легирующих компонентов. Примерно цена тонны чугуна будет составлять 8000 рублей.

Маркировка чугуна

В промышленности разновидности чугуна маркируются следующим образом:

- передельный чугун — П1, П2;
- передельный чугун для отливок (передельно-литейный) — ПЛ1, ПЛ2;
- передельный фосфористый чугун — ПФ1, ПФ2, ПФ3;
- передельный высококачественный чугун — ПВК1, ПВК2, ПВК3;
- чугун с пластинчатым графитом — СЧ (цифры после букв «СЧ»), обозначают величину временного сопротивления разрыву в кгс/мм).

Антифрикционный чугун:

- антифрикционный серый — АЧС;
- антифрикционный высокопрочный — АЧВ;
- антифрикционный ковкий — АЧК;
- чугун с шаровидным графитом для отливок — ВЧ (цифры после букв «ВЧ» означают временное сопротивление разрыву в кгс/мм и относительное удлинение (%));
- чугун легируемый со специальными свойствами — Ч.

Ковкий чугун маркируется двумя буквами и двумя числами, например КЧ 37-12. Буквы КЧ означают ковкий чугун, первое число — предел прочности на разрыв (в десятках мегапаскалей), второе число — относительное удлинение (в процентах), характеризующее пластичность чугуна.

Области применения

Чугун распространен во многих сферах.

- Его используют для производства деталей в машиностроении. В основном из чугуна делают блоки для двигателей и коленчатые валы. Для последних требуется усовершенствованный чугун, в который добавляют специальные добавки из графита. Благодаря устойчивости чугуна к трению из него делают тормозные колодки отличного качества.

- Чугун может бесперебойно работать даже при сильно низких температурах. Поэтому его часто используют в производстве деталей машин, которым придется работать в жестких климатических условиях.

- Хорошо зарекомендовал себя чугун в металлургической области. Его ценят за относительно небольшую цену и отличные литейные свойства. Изготовленные из чугуна изделия характеризуются отличной прочностью и износостойкостью.

- Из чугуна делают большое множество сантехнических изделий. К ним можно отнести раковины, батареи, мойки и различные трубы. Особо славятся чугунные ванны и радиаторы отопления. Некоторые из них служат в квартирах по настоящее время, хотя приобретены были много лет назад. Чугунные изделия сохраняют свой первоначальный вид и не нуждаются в реставрации.

- Благодаря хорошим литейным свойствам из чугуна получают настоящие произведения искусства. Его часто применяют в изготовлении художественных изделий. Например, таких как красивые ажурные ворота или памятники архитектуры.

Статистические характеристики.

Предел прочности (порог механического напряжения) чугуна можно вычислить качественным путем, исходя из его строения согласно показателям, указанным в таблице 2. Прочность компонентов, входящих в структуру чугуна, растет с повышением их взвешенных размеров в дисперсных системах. На порог механического напряжения наибольшее влияние оказывает строение, численность, объем и расположение графитных составляющих; структура общей массы металла не так важна.

Максимальное уменьшение прочности отмечается при размещении цепочкообразных компонентов графита, делающих структуру металла не такой непрерывной. Максимальные показатели прочности металлу придают сфероидальная структура графита. При увеличении температуры испытательного процесса, порог механического напряжения по большому счету не меняется вплоть до 400 °С (на промежутке от 100 до 200 °С прочность незначительно уменьшается, в пределах 10 – 15 %). После преодоления показателя в 400 °С фиксируется постоянная потеря показателей порога механического напряжения.

Характеристики пластичности обусловлены строением общей массы металла (согласно показателям, приведенным в таблице 2), но еще значительно – формой графитных примесей. Если форма сфероидальная, то удлинение может достигать до 30 %. В сером чугуне такое удлинение практически никогда не достигает и десятой части процента. Удлинения в обожженном сером чугуне (с ферритным строением) могут составлять приблизительно 1,5 %.

Упругость обуславливается, по большому счету, графитной структурой. Она не меняется в процессе теплового воздействия на чугун, если не вносились изменения в форму графитных примесей. Тесты на изгиб показывают долю упругих деформаций равную 50 – 80 % от всей деформации.

Ползучесть чугуна не стоит путать со случаем роста (необратимого увеличения его объема). Чугун, в составе которого отсутствуют легирующие компоненты, при нагревании, превышающем 550 °С, характеризуется остаточными деформациями, зависящими от его роста, преобладающими над деформациями, приемлемыми при определении ползучести. Если ее скорость равняется 0,00001 % в час, то за 1 тыс. часов при нагрузке в пределах 3 кг/мм² серый чугун без легирующих компонентов проявляет устойчивость при

температурах в пределах 400 °С, а чугун, содержащий легирующие компоненты – вплоть до 500 °С. Повышения сопротивления ползучести можно добиться у аустенитного чугуна, а также у чугуна с добавкой молибдена или с повышенным наличием никеля и хрома.

Если в чугуне имеются добавки в виде графита, то его модуль упругости будет лишь условным. Этот показатель не обусловлен строением основного объема металла, и характеризуется долей графитных добавок и их строением: он снижается при повышении доли графитных добавок и при уменьшении их схожести с глобулярной структурой.

Ударная вязкость является не совсем точной характеристикой динамических качеств. Она растет с повышением включений феррита, в случае понижения включений графита, а также, когда структура графитной составляющей максимально схожа с шаровидной. При неравномерном периоде нагружений, предел усталости достигает максимума вследствие повышения напряжений, возникающих в направлении приложения нагрузки. Предел усталости повышается при росте порога механического напряжения и повторяемости нагрузок.