

Тема 1.2 «Сплавы железа с углеродом»

Чугуны. Классификация, маркировка, применение

Чугун - железоуглеродистый сплав содержащий углерода свыше 2,14%.

Постоянные примеси содержатся в следующих пределах:

1) марганец – до 1,5%, препятствует графитизации чугуна, нейтрализует вредное влияние серы (если Mn в 5-7 раз больше S). Увеличение его содержания до 0,8-1,0% приводит к повышению механических свойств чугуна (в отливках с тонкими стенками);

2) кремний – до 4%, кремний также как и углерод влияют на устойчивость цементита. С ростом их содержания цементит распадается с образованием графита;

3) фосфор – до 1,0%, повышает жидкотекучесть и износостойкость, но ухудшает обрабатываемость чугуна;

4) сера – до 0,15%, вредная примесь, образует при затвердевании сернистое железо FeS, ухудшает литейные свойства чугуна (снижает жидкотекучесть, увеличивает усадку и повышает склонность к образованию трещин). Сера приводит к понижению прочности чугуна при повышенных температурах (красноломкости).

Классификация чугунов:

а) по состоянию углерода (химически связанный или структурно свободный):

1) белый чугун (такое название он получил по цвету излома) содержит углерод химически связанный с железом в виде цементита. Белый чугун обладает высокой твердостью, хрупкостью и плохой обрабатываемостью резанием. Основная масса белого чугуна идет на переделку в сталь и называется передельным. Его структура состоит из ледебурита и перлита;

2) серый чугун (серый излом) содержит углерод в свободном состоянии в виде графитовых включений. Серый чугун отличается от белого меньшей твердостью и хрупкостью;

3) половинчатый (отбеленный) чугун характеризуется одновременно наличием в его структуре цементита и графита. Цементит находится в поверхностном слое отливки (охлаждающемся с наибольшей скоростью), а графит — во внутренней полости (сердцевине), охлаждающейся с наименьшей скоростью. Такой чугун имеет высокую износостойкость, но плохо обрабатывается резанием;

б) по форме графитовых включений различают:

1) серый чугун (СЧ) с пластинчатым графитом получают добавлением в расплавленный металл графитизатора (кремния Si), способствующего распаду цементита белого чугуна и выделению углерода в свободном состоянии в виде графита пластинчатой формы. Эта форма графита наиболее отрицательно сказывается на механических свойствах, так как пластинки графита играют роль концентраторов напряжений, облегчающих разрушение металлической основы чугунов. СЧ самый дешёвый металлический материал. Качество чугунов контролируется не по составу, а по механическим свойствам. Серые

чугуны обладают неплохой прочностью при сжатии, но очень низкой пластичностью. Для улучшения механических свойств серых чугунов их модифицируют, вводя силикокальций, ферросилиций и другие модификаторы. Модифицированные серые чугуны применяются для изготовления корпусов редукторов, станин станков, деталей металлургического оборудования;

2) высокопрочный (ВЧ) с шаровидным графитом. Получают модифицированием серого чугуна магнием (Mg), церием (Ce), висмутом (Bi). Это обеспечивает повышение прочности и пластичности. ВЧ имеют хорошие литейные свойства и обрабатываемость резанием. Поэтому они могут использоваться для изготовления более ответственных деталей, например коленчатых валов автомобилей и судовых двигателей, зубчатых колес, крупных прокатных валков и др.;

3) ковкий (КЧ) с хлопьевидным графитом получают из белого чугуна в процессе длительного графитизирующего отжига, при этом цементит белого чугуна распадается с образованием графита хлопьевидной формы (занимает промежуточное положение между пластинчатой и шаровидной формой графита по степени концентрации напряжений и влиянию на прочность). Название «ковкий чугун» является условным и свидетельствует о лучших пластических свойствах чугуна (вязкий, мягкий) по сравнению с другими чугунами, поэтому КЧ применяются для изготовления тонкостенных отливок автотракторных деталей, корпусов вентилях, рычагов, педалей и др.;

4) чугун с вермикулярным (червеобразным) графитом (ЧВГ) Графит имеет червеобразную форму (округлые утолщенные короткие включения, большей частью не разветвленные). Такая форма определяет не только высокие механические свойства чугуна, но и более высокие электро- и теплопроводность по сравнению с ВЧ. Для получения в структуре вермикулярного графита СЧ модифицируют, как и при получении ВЧ, но в меньшем количестве. ЧВГ сочетает в себе положительные свойства СЧ (высокие литейные свойства и теплопроводность) и ВЧ (высокие прочность и пластичность).

Маркировка чугунов: первые буквы означают тип чугуна: СЧ - серый чугун, ВЧ - высокопрочный чугун, КЧ – ковкий чугун, ЧВГ – чугун с вермикулярным графитом. За буквами следует одно или два числа, характеризующие механические свойства чугунов. Первое число указывает значение временного сопротивления при растяжении σ_b в МПа в 10^{-1} (например, для ВЧ 50 $\sigma_b = 500$ МПа), а второе - значение относительного удлинения δ в процентах.

Например: КЧ 30-6 – ковкий чугун с минимальным значением временного сопротивления при растяжении $\sigma_b = 300$ МПа и относительным удлинением $\delta = 6\%$.

СЧ 24 – серый чугун с минимальным значением временного сопротивления при растяжении $\sigma_b = 240$ МПа.

ЧВГ30 – чугуны с вермикулярным графитом с минимальным значением временного сопротивления при растяжении $\sigma_B = 300$ МПа.

Стали. Классификация, маркировка, применение

Сталь – это сплав железа с углеродом, процентное содержание углерода 0,05-2,14 %.

По **химическому составу** конструкционные стали делят на углеродистые и легированные. К *углеродистым* относятся низкоуглеродистые стали, которые содержат до 0,3 % углерода, среднеуглеродистые – 0,3-0,7 %, высокоуглеродистые – более 0,7 %. *Легированные* стали кроме углерода содержат специальные легирующие добавки, которые позволяют получить требуемые свойства. Например, нержавеющие стали имеют высокое процентное содержание хрома, а следовательно, высокую коррозионную стойкость. *Постоянными примесями* считаются те, что попадают в сталь в процессе изготовления и разливки из исходных материалов, топлива, футеровки печей и атмосферы. В качестве легирующих добавок используют алюминий, хром, кобальт, медь, свинец, марганец, молибден, никель, фосфор, кремний, серу, титан, вольфрам, ниобий, бор и ванадий. Легированные стали условно подразделяют на низколегированные с содержанием легирующих добавок до 2,5 %, среднелегированные – от 2,5 до 10 % и высоколегированные – более 10 %.

По **назначению** стали делят на конструкционные, инструментальные и с особыми свойствами.

По **качеству** стали классифицируют на стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные.

По степени раскисления:

- 1) сп – спокойная; раскислена марганцем (Mn), кремнием (Si) и алюминием (Al);
- 2) пс – полуспокойная, раскислена марганцем (Mn) и алюминием (Al);
- 3) кп – кипящая, раскислена марганцем (Mn).

Разливка малораскисленной стали сопровождается бурным выделением пузырьков окиси углерода, напоминающим процесс кипения, поэтому такая сталь называется кипящей. При менее бурном процессе раскисления сталь называют полуспокойной или спокойной. Кипящая сталь уступает по качеству спокойной, так как хуже раскислена и содержит больше кислорода.

В углеродистой стали кроме основной примеси - углерода всегда присутствуют постоянные примеси:

- 1) кремний Si (0,1 ...0,37%) способствует устранению пузырей в слитке, повышает сопротивление разрыву, твердость и упругие свойства стали;
- 2) марганец Mn (0,2...0,8%) повышает твердость стали и сопротивление разрыву, уменьшает относительное удлинение и ухудшает свариваемость стали;
- 3) сера S (0,03...0,06%) ухудшает прочность, пластичность и коррозионную стойкость, повышает истираемость и изнашиваемость изделий;

4) фосфор Р (0,03...0,07%) вызывает в стали хрупкость при обычных температурах и появление трещин при ударной деформации, ухудшает механические свойства за счет образования крупнозернистой структуры.

Сера и фосфор являются вредными примесями. С увеличением количества углерода в стали повышается ее прочность и снижается пластичность.

Углеродистые конструкционные стали:

1) Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества содержат 0,04-0,06% серы, 0,04-0,07% фосфора, углерода 0,06-0,49%. Изготавливают марок: Ст0 ...Ст6, цифра указывает порядковый номер марки, а не среднее содержание углерода, хотя с увеличением номера количество углерода возрастает. Г - повышенное содержание марганца; кп, пс, сп – степень раскисления.

Например: **Ст5Гпс** - сталь углеродистая конструкционная обыкновенного качества; 5 – условный номер марки; Г - повышенное содержание марганца, пс – степень раскисления стали – полуспокойная,

Ст1кп – сталь углеродистая конструкционная обыкновенного качества; 1 – условный номер марки; кп – степень раскисления стали - кипящая,

Ст6сп - сталь углеродистая конструкционная обыкновенного качества, 6 – условный номер марки, сп – степень раскисления стали – спокойная.

Применяют для изготовления слабонагруженных деталей машин и элементов конструкций. Из сталей марки Ст3кп, Ст3сп - фасонные профили для ободов колес автомобилей; Ст1, Ст2, Ст3 всех степеней раскисления – заклепки, Ст5пс, Ст5сп – детали клепанных конструкций, крепежные детали, ручки, тяги, рычаги, пальцы и др. детали, работающие от 0 до 425°C.

2) Углеродистые конструкционные качественные стали содержат не более 0,04 % серы и 0,035% фосфора. Изготавливают марок: сталь 05, 08, 10, 15, 20, ..., 60. Цифры – средняя массовая доля углерода в сотых долях % и далее могут следовать буквы кп и пс (степень раскисления). Если эти буквы отсутствуют, то это означает, что сталь является спокойной; Р - сталь содержит бор.

Например: **Сталь 45** – углеродистая качественная конструкционная сталь со средней массовой долей углерода 0,45%, спокойная;

Сталь 05кп - углеродистая качественная конструкционная сталь со средней массовой долей углерода 0,05%, кипящая.

Углеродистые качественные стали широко используются в машиностроении и приборостроении. В зависимости от содержания углерода и термической обработки обладают различными свойствами. Основным недостатком – небольшая прокаливаемость и склонность к перегреву. Сталь марок 35...55 отличается высокой прочностью (550 МПа), а после термического улучшения у нее появляется и хороший запас пластичности (20%). Из них изготавливают валы, шатуны, зубчатые колеса, роторы и другие детали, испытывающие циклические нагрузки. Из сталей 05...15 – детали, штампуемые в холодном состоянии, с глубокой вытяжкой из листа (кузова автомобилей). Из сталей 45..60, упрочняемых поверхностной закалкой при

индукционном нагреве (шейки коленчатого вала, кулачки распределительного вала автомобиля).

3) Углеродистые инструментальные стали изготавливают марок: У7, У8, У8Г, У9..., У13, У7А, У8ГА, У9А,... У13А. У - углеродистая, а далее идут цифры, указывающие среднюю массовую долю углерода в десятых долях процента (а не в сотых долях, как у качественных сталей). Г - повышенное содержание марганца; А в конце марки – сталь высококачественная (т.е. более чистая по содержанию серы и фосфора, а также др. вредных примесей).

Например: **У8ГА** – углеродистая инструментальная высококачественная сталь, с повышенной массовой долей марганца и со средней массовой долей углерода 0,8 %.

У13 - углеродистая инструментальная сталь, со средней массовой долей углерода 1,3 %. Углеродистые инструментальные стали обладают высокой твердостью, прочностью, хорошо шлифуются при изготовлении инструмента, дешевы и недефицитны.

Основные недостатки углеродистых сталей их низкая теплостойкость и небольшая прокаливаемость до 5...10 мм. При нагреве выше 200°C их твердость резко снижается. Инструменты из этих сталей могут работать лишь при 33 небольших скоростях резания. Из сталей марок У7 (с закалкой 840...900°C в масло + отпуск 240-270°C) изготавливают инструмент для обработки дерева, пневмозубила; из сталей У10...У13 (с закалкой 880°C в воду + отпуск 160...240°C) - штампы высадочные, напильники, метчики для резания мягких материалов; из сталей У7...У10 – проволоку диаметром 0,15...0,6 мм для холодной навивки пружин с последующим отпуском при 250°C.

Легированные стали

Легирующие элементы обозначаются буквами русского алфавита: Г – марганец, С – кремний, Х – хром, Н – никель, В – вольфрам, Ф – ванадий, Т – титан, М – молибден, К – кобальт, Ю – алюминий, Д – медь, Р – бор, Б – ниобий, Ц – цирконий, А – азот. Количество углерода указывается в сотых долях процента цифрой, стоящей в начале обозначения, количество легирующего элемента – в процентах после соответствующего индекса. Отсутствие цифры после индекса указывает на то, что содержание элемента менее 1,5 %. Высококачественные стали имеют в обозначении букву А в конце, особовысококачественные – Ш. Например, высококачественная сталь 12ХН24А содержит 0,12 % углерода, около 2 % хрома, 4 % никеля и менее 0,025 % фосфора и серы.

В легированных инструментальных сталях цифра в начале указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его содержание менее 1 % (если 1 % или больше – цифру не ставят). Например, сталь 3Х2В8Ф содержит 0,3 %, а сталь ХВГ – больше 1 % углерода.

В маркировке сталей иногда ставят буквы, указывающие на их применение: А – автоматные, Р – быстрорежущие, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

