

Тема: «ЧУГУНЫ».

Классификация и маркировка чугунов.

Чугунами называют сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14-6,67 % углерода.

В металлургическом производстве чугуны выплавляют в доменных печах. Получаемые чугуны подразделяют на: пердедельные, специальные (ферросплавы) и литейные. Пердедельные и специальные чугуны используют для последующей переработки в сталь. Литейные чугуны (около 20 % всего выплавляемого чугуна) отправляют на машиностроительные заводы для использования при изготовлении литых заготовок деталей (литья).

Свойство чугуна зависит от содержания в нем углерода и других примесей (*кремний, марганец, сера и фосфор*).

Классификация чугуна осуществляется по следующим признакам:

- по состоянию углерода - свободный или связанный;
- по форме включений графита - пластинчатый, шаровидный, хлопьевидный;
- по типу структуры металлической основы (матрицы)- ферритный, перлитный; имеются также чугуны со смешанной структурой: например феррито - перлитные;
- по химическому составу - нелегированные чугуны (общего назначения) и легированные чугуны (специального назначения).

Кремний увеличивает жаропрочность, улучшает литейное свойство и делает чугун более легким.

Марганец - повышает прочность чугуна .

Сера в чугуне вызывает ломкость, образование трещин в горящих отливках.

Фосфор – понижает механические свойства и вызывает образование трещин в холодных отливках. Сера и фосфор являются вредными примесями.

Углерод один из главных элементов в чугуне, в зависимости от количества углерода получают различные сорта чугуна:

Белый чугун - Основной структурной составляющей белых чугунов является хрупкий и твердый цементит, обладают высокой твердостью и хрупкостью., плохо поддается литью и трудно обрабатывается слесарным инструментом. Из-за этих свойств их незначительно применяют в технике и совершенно не используют в строительстве. Белые чугуны идут в переделку на сталь и серые чугуны. В доменных печах выплавляют белые чугуны трех типов: литейный коксовый, пердедельный коксо вый и ферросплавы.

Литейный коксовый чугун. (ГОСТ 4832-72) содержит от 3,5 до 4,6% углерода и применяется для производства серых чугунов.

Пердедельный коксовый чугун используется для выплавки стали и производства отливок.

Ферросплавы применяют как добавки при выплавке стали. Они содержат повышенное количество марганца и кремния. Так, один из видов ферросплавов - зеркальный чугун содержит 10-25% марганца, ферромарганец - 70-80% марганца, а ферросилиций - 9-12% кремния.

Серый чугун – Такое название серые чугуны получили по серому цвету излома (графит в форме пластин) это сплав железа, кремния (от 1,2-3,5%) и углерода, содержащий также постоянные примеси Mn, P,S. Малопластичен, но легко обрабатывается режущим инструментом, его применяют при изготовлении малоответственных деталей и деталей на износ. Серый чугун маркируется буквами и числами.

Серые чугуны с пластинчатым графитом выпускают марок от СЧ10 до СЧ45.

В марках, буквы означают наименование чугуна, цифры - предел прочности чугуна, Н/мм², при растяжении.

Для получения более высоких механических свойств производят модификацию серого чугуна. В расплавленный чугун вводят 0,3-0,8% модификаторов, в качестве которых применяют ферросилиций или силикокальций, содержащий 70-65% кремния и 30-35% кальция. При такой модификации графит распределяется в виде то чечных включений;

Пример: СЧ-12- серый чугун с пределом прочности при растяжении 120 МПа.

В зависимости от химического состава и назначения чугуны подразделяют на легированные, специальные ферросплавы, ковкие и высокопрочные чугуны.

Высокопрочный чугун имеет в своей структуре шаровидный графит, который образуется в процессе кристаллизации. Шаровидный графит ослабляет металлическую основу не так сильно как пластичный, и не является концентратом напряжений.

Высокопрочный чугун применяют для изготовления ответственных деталей (коленчатых валов, зубчатых колес).

Высокопрочные чугуны выпускают марок от ВЧ38-17 до ВЧ120-2. Буквы означают наименование чугуна, первые две цифры - предел прочности при растяжении чугуна, кгс/мм², вторые - относительное удлинение при растяжении, %.

Ковкий чугун -- разновидность серых чугунов, получают длительным отжигом белого чугуна, в результате которого образуется графит хлопьевидной формы. Ковкий чугун получил свое название из-за повышенной пластичности и вязкости (хотя обработке давлением не подвергается). Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении и высоким сопротивлением удару. Применяют для изготовления деталей сложной формы: картеры заднего моста автомобилей, тормозные колодки, тройники и т.д.

Маркируется ковкий чугун двумя буквами и двумя числами **КЧ-370-12**. Первое число предел прочности при испытании на разрыв, 2—число относительное удлинение (%), характеризующее пластичность чугуна.

Такие чугуны - наиболее пластичные из всех видов чугуна. Относительное удлинение ферритного ковкого чугуна до 12% при прочности на растяжение 3,7 МПа, а ферритно-перлитного 5% при прочности до 5 МПа. Ковкие чугуны выпускают марок от КЧ30-6 до КЧ50-5. Расшифровка марки такая же, как и у высокопрочного чугуна.

Ковкий чугун получают термообработкой из белого чугуна. Он получил свое название из-за повышенной пластичности и вязкости (хотя обработке давлением не подвергается). Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении и высоким сопротивлением удару. Из ковкого чугуна изготавливают детали сложной формы: картеры заднего моста автомобилей, тормозные колодки, тройники, угольники и т. д.

Маркируется ковкий чугун двумя буквами и двумя числами, например КЧ 370-12. Буквы КЧ означают ковкий чугун, первое число-предел прочности (в МПа) на разрыв, второе число - относительное удлинение (в процентах), характеризующее пластичность чугуна.

Легированные чугуны.

Легированные чугуны получают введением в серый чугун небольшого количества легирующих добавок: хрома, никеля, меди, титана, которые улучшают механические свойства металлической основы чугуна и способствуют получению благоприятной формы графита.

В зависимости от назначения различают износостойкие, антифрикционные, жаростойкие и коррозионно-стойкие легированные чугуны.

В обозначении марок легированных чугунов буквы и цифры, соответствующие содержанию легирующих элементов, те же, что и в марках стали.

Износостойкие чугуны, легированные никелем (до 5 %) и хромом (0,8 %), применяют для изготовления деталей, работающих в абразивных средах. Чугуны (до 0,6 % Cr и 2,5 % Ni) с добавлением титана, меди, ванадия, молибдена обладают повышенной износостойкостью в условиях трения без смазочного материала. Их используют для изготовления тормозных барабанов автомобилей, дисков сцепления, гильз цилиндров и др.

Жаростойкие легированные чугуны ЧХ 2, ЧХ 3 применяют для изготовления деталей контактных аппаратов химического оборудования, турбокомпрессоров, эксплуатируемых при температуре 600°С (ЧХ 2) и 700°С (ЧХ 3).

Жаропрочные легированные чугуны ЧНМШ, ЧНИГ7Х2Ш с шаровидным графитом работоспособны при температурах 500--600°С и применяются для изготовления деталей дизелей, компрессоров и др.

Коррозионно-стойкие легированные чугуны марок ЧХ 1, ЧНХТ, ЧНХМД, ЧН2Х (низколегированные) обладают повышенной коррозионной стойкостью в газовой, воздушной и щелочной средах. Их применяют для изготовления деталей узлов трения, работающих при повышенных

температурах (поршневых колец, блоков и головок цилиндров двигателей внутреннего сгорания, деталей дизелей, компрессоров и т. д.).

Антифрикционные чугуны используются в качестве подшипниковых сплавов, так как представляют группу специальных сплавов, структура которых удовлетворяет правилу Шарпи (включения твердой фазы в мягкой основе), способных работать в условиях трения как подшипники скольжения.

Для легирования антифрикционных чугунов используют хром, медь, никель, титан.

ГОСТ 1585-85 включает шесть марок антифрикционного серого чугуна (АЧС-1 -- АЧС-6) с пластинчатым графитом, две марки высокопрочного (АЧВ-1, АЧВ-2) и две марки ковкого (АЧК-1, АЧК-2) чугунов. Этим стандартом регламентируются химический состав, структура, режимы работы, в нем также содержатся рекомендации по применению антифрикционных чугунов.

Различают перлитные и перлитно-ферритные антифрикционные чугуны. Антифрикционные перлитные чугуны (АЧС-1, АЧС-2) и перлитно-ферритный (АЧС-3) применяют при давлении в зоне контакта фрикционных пар до 50 МПа.

Чугуны с шаровидным графитом АЧВ-1 (перлитный) и АЧВ-2 (перлитно-ферритный) применяют при повышенных нагрузках (до 120 МПа).

Высокопрочным антифрикционным чугуном АЧВ-1 и АЧВ-2 называют чугун с шаровидной формой графита, получаемой в процессе кристаллизации отливки. Такая форма графитовых включений имеет меньшую поверхность по сравнению с пластинчатой и хлопьевидной при одинаковом объеме, уменьшает концентрацию напряжений.

В высокопрочном антифрикционном чугуне графит шаровидной формы имеет меньшее отношение его поверхности к объему, что определяет наибольшую однородность металлической основы и прочность чугуна.

Металлообработка антифрикционного высокопрочного чугуна

Антифрикционные высокопрочные чугуны с шаровидной формой графита имеют более высокие механические свойства по сравнению с другими чугунами. **Высокопрочные антифрикционные чугуны** близки по свойствам к литой углеродистой стали, но обладают лучшими литейными свойствами, хорошо обрабатываются резаньем, сохраняют высокую износостойкость.

Для повышения пластичности и вязкости отливки из высокопрочного чугуна подвергают термической обработке: отжигу, нормализации.

Отливки из антифрикционного чугуна ГОСТ 1585-85: корпус подшипника, детали работающие в паре трения, детали для работы в узлах трения с повышенными окружными скоростями.

Химический состав антифрикционного чугуна

АСЧ-1 АЧС-2 АЧС-3, АЧС-4, АЧС-5, АЧС-6

Химический состав АЧС-1 ГОСТ 1585-85 : С углерод 3,2 - 3,6%; Si кремний 1,3 - 2,2%; Mn марганец 0,6 - 1,2%; S сера до 0,12%. P фосфор 0,15 - 0,4%; Cr хром 0,2 - 0,5%; Cu медь 0,8 - 1,6%;

Химический состав АЧС-2 ГОСТ 1585-85 : С углерод 3,0 - 3,8%; Si кремний 1,4 - 2,2%; Mn марганец 0,4 - 0,7%; Ni никель 0,2 - 0,5%; S сера до 0,12%. P фосфор 0,15 - 0,4%; Cr хром 0,2 - 0,4%; Ti титан 0,03 - 0,1%; Cu медь 0,3 - 0,5%;

Химический состав АЧС-3 ГОСТ 1585-85 : С углерод 3,2-3,8%; Si кремний 1,7-2,6%; Mn марганец 0,3-0,7%; Ni никель до 0,3%; S сера до 0,12%. P фосфор 0,15-0,4%; Cr хром до 0,3%; Ti титан 0,03-0,1%; Cu медь 0,2-0,5%;

Химический состав АЧС-4 ГОСТ 1585-85 : С углерод 3,0 - 3,5%; Si кремний 1,4 - 2,2%; Mn марганец 0,4 - 0,8%; P фосфор до 0,3%; S сера до 0,12 - 0,20%; Sb сурьма 0,2-0,5%.

Химический состав АЧС-5 ГОСТ 1585-85 : С углерод 3,5 - 4,3%; Si кремний 2,5 - 3,5%; Mn марганец 7,5 - 12,5%; P фосфор до 0,2%; S сера до 0,05%; Sb алюминий 0,5 - 1,0%.

Химический состав АЧС-6 ГОСТ 1585-85 : С углерод 2,2 - 2,8%; Si кремний 3,0 - 4,0%; Mn марганец 0,2 - 0,6%; P фосфор 0,5 - 0,1%; S сера до 0,12%; Pb свинец 0,2-0,5%.

Чугуном называют сплав железа с углеродом и другими элементами, содержащими более 2,14 % С.

В металлургическом производстве чугуны выплавляют в доменных печах. Получаемые чугуны подразделяют на: передельные, специальные (ферросплавы) и литейные. Передельные и специальные чугуны используют для последующей переработки в сталь. Литейные чугуны (около 20 % всего выплавляемого чугуна) отправляют на машиностроительные заводы для использования при изготовлении литых заготовок деталей (литья).

Нелегированный конструкционный чугун для производства отливок в машиностроении имеет следующий химический состав, %: 2,0 -- 4,5 С; 1,0 -- 3,5 Si; 0,5-- 1,0 Mn; содержание примесей: не более 0,3 % S; не более 0,15 % P.

Широкое распространение чугуна в промышленности обусловлено оптимальным сочетанием различных свойств: технологических (литейных, обрабатываемости резанием), эксплуатационных (механических и специальных) и технико-экономических показателей.

1.1 Белый чугун

Основной структурной составляющей белых чугунов является хрупкий и твердый цементит. Поэтому белые чугуны обладают высокой твердостью и хрупкостью. Из-за этих свойств их незначительно применяют в технике и совершенно не используют в строительстве. Белые чугуны идут в переделку на сталь и серые чугуны. В доменных печах выплавляют белые чугуны трех типов: литейный коксовый, передельный коксовый и ферросплавы.

Литейный коксовый чугун. (ГОСТ 4832-72) содержит от 3,5 до 4,6% углерода и применяется для производства серых чугунов.

Передельный коксовый чугун используется для выплавки стали и производства отливок.

Ферросплавы применяют как добавки при выплавке стали. Они содержат повышенное количество марганца и кремния. Так, один из видов ферросплава - зеркальный чугун содержит 10-25% марганца, ферромарганец - 70-80% марганца, а ферросилиций - 9-12% кремния.

Серый чугун. Такое название серые чугуны получили по серому цвету излома в отличие от серебристого цвета излома белых чугунов. Серый цвет излому придает углерод, входящий в состав серого чугуна в свободном состоянии в виде графита. Графит образуется в серых чугунах в результате распада хрупкого цементита. Этот процесс называют графитизацией. Распад цементита вызывают искусственно путем введения кремния или специальной термической обработки белого чугуна.

Структура серых чугунов состоит из металлической основы и несвязанных с нею включений графита. Механические свойства серых чугунов зависят от структуры металлической основы, количества углерода и конфигурации включений графита.

Металлическая основа в серых чугунах состоит из одного феррита, или одного перлита, или их смеси. Наиболее прочным, но в то же время наименее пластичным, является чугун на перлитной основе.

Чугун на ферритной основе обладает наивысшей пластичностью при наименьшей прочности. Структура металлической основы зависит от режима термической обработки или от количества кремния. При увеличении количества вводимого кремния возрастает степень графитизации. При введении около 5% кремния в структуру серого чугуна цементит, полностью отсутствует в металлической основе состоит из одного феррита. Выплавляют серые чугуны на всех трех металлических основах.

Графитовые включения в чугуне не связаны с металлической основой. Поэтому при увеличении содержания углерода повышается объем графитовых включений, что снижает их прочность. Этим обусловлено сравнительно небольшое содержание углерода (от 3,5 до 4,5%) в передельных коксовых чугунах, применяемых для производства отливок из серых чугунов.

Конфигурация графитовых включений значительно влияет на механические свойства серых чугунов. Наихудшими свойствами обладают чугуны с пластинчатыми включениями графита, наилучшими - с глобулярными (шаровидными) или хлопьевидными включениями, средними - чугуны с точечными включениями графита. Конфигурация включения графита зависит от способа получения серого чугуна.

Промышленность выпускает серые, высокопрочные, легированные и ковкие чугуны.

Серые чугуны с пластинчатым графитом (ГОСТ 1412-79) выпускают марок от СЧ10 до СЧ45. В марках, буквы означают наименование чугуна, цифры - предел прочности чугуна, Н/мм², при растяжении. Графитизация в серых чугунах достигается введением в их состав от 1 до 2,9% кремния. При этом образуются пластинчатые графитовые включения.

Для получения более высоких механических свойств производят модификацию серого чугуна. В расплавленный чугун вводят 0,3-0,8% модификаторов, в качестве которых применяют ферросилиций или силикокальций, содержащий 70-65% кремния и 30-35% кальция. При такой модификации графит распределяется в виде точечных включений;

Высокопрочные чугуны (ГОСТ 7293-79) - разновидность серых чугунов, которые получают при модификации их магнием или церием. Графитовые включения в этих чугунах имеют шаровидную форму. Такие чугуны при высоком пределе прочности до 12 МПа обладают и относительно высоким удлинением до 17%. Высокопрочные чугуны выпускают марок от ВЧ38-17 до ВЧ120-2. Буквы означают наименование чугуна, первые две цифры - предел прочности при растяжении чугуна, кгс/мм², вторые - относительное удлинение при растяжении, %.

Легированные чугуны получают введением в серый чугун небольшого количества легирующих добавок: хрома, никеля, меди, титана, которые улучшают механические свойства металлической основы чугуна и способствуют получению благоприятной формы графита.

Ковкие чугуны (ГОСТ 1215-79) - разновидность серых чугунов, получаемая путем длительного (до 80 ч) выдерживания белых чугунов при высокой температуре. Такая термическая обработка называется томлением. При этом цементит распадается и выделившийся при его распаде графит образует хлопьевидные включения. В зависимости от температуры и длительности выдерживания ковкие чугуны получают на ферритной и ферритно-перлитной основах. Такие чугуны - наиболее пластичные

из всех видов чугуна. Относительное удлинение ферритного ковкого чугуна до 12% при проч ности на растяжение 3,7 МПа, а ферритно-перлитного 5% при проч ности до 5 МПа. Ковкие чугуны выпуска ют марок от КЧ30-6 до КЧ50-5. Расшифровка марки такая же, как и у высокопрочного чугуна.

Все виды чугуна обладают хорошими литейными свойствами, а также хорошо противостоят коррозии. Из серых чугунов изготавливают элементы строительных конструкций, в том числе и таких ответственных, как опорные части железобетонных балок, ферм, башмаки под колонны, тьюбинги для тоннелей метрополитена.

1.2 Высокопрочный чугун с шаровидным графитом

железо углерод чугун

К бейнитным чугунам относятся чугуны, структура металлической основы которых частично или полностью состоит из бейнита.

Бейнитные структуры образуются в результате превращения аустенита при температуре 250-500°C и непрерывного охлаждения аустенизированного легированного чугуна со скоростью выше критической или изотермической выдержки аустенизированного чугуна в интервале температур бейнитного превращения.

Аустенит при температуре 500-350 °C распадается на феррит (?-фазу) и ?-аустенит с повышенным содержанием углерода. Длительная выдержка при температуре распада аустенита приводит к образованию дисперсных карбидов.

Распад аустенита при изотермической выдержке зависит от его состояния, т.е. от содержания углерода и химического состава чугуна.

При высокой температуре аустенизации концентрация углерода в аустените повышается и последующий распад аустенита затрудняется. Содержание углерода, растворенного в аустените, определяется длительностью выдержки при температуре аустенизации. На рис. 1 показано влияние температуры и времени выдержки при перлитной и ферритной исходной структуре на количество связанного углерода в чугуне.

Рис. 2. Зависимость количества связанного углерода ССВ в чугуне от температуры и времени выдержки при перлитной и ферритной исходной структуре:

,2 - 1000 °C; ^-950 °C; 4,6-850 °C; 5-900 °C; 7-800 °C; сплошная - феррит; штриховая - перлит

При выборе закалочной среды необходимо учитывать следующее:

) скорость, с которой отливка с определенными формой и толщиной стенки может быть охлаждена в определенной закалочной среде;

) прокаливаемость чугуна, которая должна быть достаточной для подавления перлитного превращения во время охлаждения до температуры изотермической выдержки. Скорость охлаждения ЧШГ в соляной ванне можно рассчитать по уравнению:

$$= 9,41 - 1,56 \lg D > - 2,54 \lg T,$$

где v - скорость охлаждения, °C/с; D - диаметр цилиндра, мм; T - температура соляной ванны, °C.

В структуре нижнего бейнита ? - фаза, образованная в зернах исходного аустенита, аналогична мартенситным иглам и по перенасыщенности ее углеродом занимают промежуточное положение между мартенситом и ферритом. При длительной выдержке из нее выделяется углерод, формируя дисперсное строение карбидов. Аустенит при образовании и выделении а-фазы оказывается менее пересыщенным углеродом, чем при образовании верхнего бейнита.

Бейнитные структуры нестабильны, поэтому максимальные температуры эксплуатации и отпуска не должны превышать температур изотермического распада аустенита.

Нераспавшийся при бейнитном превращении аустенит обычно называют остаточным, хотя он отличается от исходного содержанием углерода.

Свойства бейнита определяются его структурой, которая при данной температуре T_a и длительности t_a аустенизации зависит от температуры T_i и длительности t_i изотермической выдержки в области температур бейнитного превращения. С понижением T_i массовая доля углерода в феррите бейнита повышается, структура его приобретает игольчатый характер, прочность и твердость сначала растут, а затем снижаются. Нижний бейнит отличается от верхнего более ярко выраженными игольча-тостью и рельефностью структуры.

При получении бейнита в результате регулируемого охлаждения отливок из легированного чугуна, т.е. при превращении аустенита в определенном интервале температур, структура формируется неоднородной и может состоять из конгломерата структур сорбитообразного перлита, верхнего и нижнего бейнита, мартенсита и остаточного аустенита. В чугуне возникают значительные, главным образом фазовые, напряжения, для снижения уровня которых обычно производится отпуск.

Механические свойства фаз и структурных-составляющих металлической основы чугуна приведены в табл. 1.

Таблица 1. Механические свойства фаз и структурных составляющих металлической основы чугуна

Фазы или структурные составляющие НВ ?В, МПа ?, % Феррит 90-140 200-300 <=20 Феррит, легированный кремнием 150-240 300-450 20-2 Аустенит 170-220 400-500 <=50 Цементит 800-850 - - Мартенсит 650-800 1000-1500 - Перлит 190-270 600-850 <=5 Сорбит 270-320 800-1000 <=5 Бейнит 250-450 900-1600 <=10

Процесс аустенизации - скорость и температура превращения и связанное с этим изменение объема у чугуна и стали имеют существенное различие. Аустенит образуется главным образом вокруг включений графита при высоких температурах и по границам зерен при низких температурах бейнитного превращения. При этом δV , $\delta \rho$ и твердость увеличиваются с ростом объемного содержания бейнита.

.3 Ковкий чугун

Ковкий чугун получают термообработкой из белого чугуна. Он получил свое название из-за повышенной пластичности и вязкости (хотя обработке давлением не подвергается). Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении и высоким сопротивлением удару. Из ковкого чугуна изготавливают детали сложной формы: картеры заднего моста автомобилей, тормозные колодки, тройники, угольники и т. д.

Маркируется ковкий чугун двумя буквами и двумя числами, например КЧ 370-12. Буквы КЧ означают ковкий чугун, первое число - предел прочности (в МПа) на разрыв, второе число - относительное удлинение (в процентах), характеризующее пластичность чугуна.

.4 Специальные чугуны

В зависимости от назначения различают износостойкие, антифрикционные, жаростойкие и коррозионно-стойкие легированные чугуны.

Химический состав, механические свойства при нормальных температурах и рекомендуемые виды термической обработки легированных чугунов регламентируются ГОСТ 7769-82. В обозначении марок легированных чугунов буквы и цифры, соответствующие содержанию легирующих элементов, те же, что и в марках стали.

Износостойкие чугуны, легированные никелем (до 5 %) и хромом (0,8 %), применяют для изготовления деталей, работающих в абразивных средах. Чугуны (до 0,6 % Сг и 2,5 % Ni) с добавлением титана, меди, ванадия, молибдена обладают повышенной износостойкостью в условиях трения без смазочного материала. Их используют для изготовления тормозных барабанов автомобилей, дисков сцепления, гильз цилиндров и др.

Жаростойкие легированные чугуны ЧХ 2, ЧХ 3 применяют для изготовления деталей контактных аппаратов химического оборудования, турбокомпрессоров, эксплуатируемых при температуре 600°C (ЧХ 2) и 700°C (ЧХ 3).

Жаропрочные легированные чугуны ЧНМШ, ЧНИГ7Х2Ш с шаровидным графитом работоспособны при температурах 500--600°C и применяются для изготовления деталей дизелей, компрессоров и др.

Коррозионно-стойкие легированные чугуны марок ЧХ 1, ЧНХТ, ЧНХМД, ЧН2Х (низколегированные) обладают повышенной коррозионной стойкостью в газовой, воздушной и щелочной средах. Их применяют для изготовления деталей узлов трения, работающих при повышенных температурах (поршневых колец, блоков и головок цилиндров двигателей внутреннего сгорания, деталей дизелей, компрессоров и т. д.).

Антифрикционные чугуны используются в качестве подшипниковых сплавов, так как представляют группу специальных сплавов, структура которых удовлетворяет правилу Шарпи (включения твердой фазы в мягкой основе), способных работать в условиях трения как подшипники скольжения.

Для легирования антифрикционных чугунов используют хром, медь, никель, титан.

ГОСТ 1585-85 включает шесть марок антифрикционного серого чугуна (АЧС-1 -- АЧС-6) с пластинчатым графитом, две марки высокопрочного (АЧВ-1, АЧВ-2) и две марки ковкого (АЧК-1, АЧК-2) чугунов. Этим стандартом регламентируются химический состав, структура, режимы работы, в нем также содержатся рекомендации по применению антифрикционных чугунов.

Различают перлитные и перлитно-ферритные антифрикционные чугуны. Антифрикционные перлитные чугуны (АЧС-1, АЧС-2) и перлитно-ферритный (АЧС-3) применяют при давлении в зоне контакта фрикционных пар до 50 МПа. Чугуны с шаровидным графитом АЧВ-1 (перлитный) и АЧВ-2 (перлитно-ферритный) применяют при повышенных нагрузках (до 120 МПа).

При выплавке стали в открытых сталеплавильных агрегатах к концу плавки металл в значительной мере насыщается кислородом. Для того чтобы исключить влияние этого кислорода на последующее окисление примесей, сталь раскисляют. Для этого в металл вводят элементы раскислители, соединяющиеся с кислородом значительно легче, чем углерод и железо. В качестве раскислителей наибольшее распространение получили кремний, марганец и алюминий. По степени раскисленности стали подразделяют на спокойные, кипящие и полуспокойные.

Спокойная сталь — это сталь полностью раскисленная. При последующей разливке в изложницы эта сталь кристаллизуется спокойно, без видимого бурления.

Кипящая сталь — это сталь практически не раскисленная. В ней осталось определенное содержание кислорода. Поэтому при разливке по изложницам в слитке такой стали начинается протекать реакция, в результате которой образуются пузырьки газа CO. Эти пузырьки вырываются на поверхность, создают видимость кипения. Процесс застывания кипящей стали в изложницах протекает с бурлением.

Полуспокойная сталь занимает промежуточное положение между спокойной и кипящей сталью.

Цементит — карбид железа, химическое соединение с формулой Fe₃C. Концентрация углерода 6,67% по массе — предельная для железоуглеродистых сплавов. Цементит — метастабильная фаза; образование стабильной фазы — графита во многих случаях затруднено. Цементит имеет орторомбическую кристаллическую решётку, очень тверд и хрупок, слабо магнитен до 210 °С.

В зависимости от условий кристаллизации и последующей обработки цементит может иметь различную форму — равноосных зёрен, сетки по границам зёрен, пластин, а также видманштеттову структуру.

Цементит в разных количествах, в зависимости от концентрации, присутствует в железоуглеродистых сплавах уже при малых содержаниях углерода. Формируется в процессе кристаллизации из расплава чугуна. В сталях выделяется при охлаждении аустенита или при нагреве мартенсита. Цементит является фазовой и структурной составляющей железоуглеродистых сплавов, составной частью ледебурита, перлита, сорбита и троостита. Цементит — представитель так называемых фаз внедрения, соединений переходных металлов с легкими металлоидами. В фазах внедрения велики доля как ковалентной, так и металлической связи.

Легированный чугун

Легированный чугун, чугун, в состав которого наряду с обычными компонентами (см. [Чугун](#)) входят специально вводимые [легирующие элементы](#), придающие ему определённые свойства (например, повышенную прочность, износостойкость, жароупорность). Легированные чугуны классифицируют обычно по химическому признаку (никелевый, хромистый и т. п.)

Износостойкие чугуны, легированные никелем (до 5 %) и хромом (0,8 %), применяют для изготовления деталей, работающих в абразивных средах. Чугуны (до 0,6 % Сг и 2,5 % Ni) с добавлением титана, меди, ванадия, молибдена обладают повышенной износостойкостью в условиях трения без смазочного материала. Их используют для изготовления тормозных барабанов [автомобилей](#), дисков сцепления, гильз цилиндров и др.

Жаростойкие легированные чугуны ЧХ 2, ЧХ 3 применяют для изготовления деталей контактных аппаратов химического оборудования, турбокомпрессоров, эксплуатируемых при температуре 600°С (ЧХ 2) и 700°С (ЧХ 3).

Жаропрочные легированные чугуны ЧНМШ, ЧНИГ7Х2Ш с шаровидным графитом работоспособны при температурах 500—600°С и применяются для изготовления деталей [дизелей](#), компрессоров и др.

Коррозионно-стойкие легированные чугуны марок ЧХ 1, ЧНХТ, ЧНХМД, ЧН2Х (низколегированные) обладают повышенной коррозионной стойкостью в газовой, воздушной и щелочной средах. Их применяют для изготовления деталей узлов трения, работающих при повышенных температурах (поршневых колец, блоков и головок цилиндров [двигателей](#) внутреннего сгорания, деталей дизелей, компрессоров и т. д.).