19.03.2021г Материаловедение Гр м-12

Время: 2часа.

**Классификация сталей**

*По химическому составу*стали могут быть *углеродистыми,*содержащими железо, углерод и примеси и *легированными,*содержащими дополнительно легирующие элемен­ты, введенные в сталь с целью изменения ее свойств.

*По содержанию углерода*стали делятся на низкоуглеродистые (до 0,25% С), среднеуглеродистые (0,25 — 0,7% С) и высокоуглеродистые (более 0,7% С).

*По назначению*различают стали *конструкционные,*идущие на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений, *инстру­ментальные,*идущие на изготовление различного инструмента, а также стали специального назначения *с особыми свойствами:*нержавею­щие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие, с особыми элект­рическими и магнитными свойствами и др..

*По показателям качества*стали классифицируются на *обыкно­венного качества, качественные, высококачественные и особо высо­кокачественные.*Качество стали характеризуется совокупностью свойств, определяемых процессом производства, химическим соста­вом, содержанием газов и вредных примесей (серы и фосфора). В соответствии с ГОСТом Стали обыкновенного качества должны со­держать не более 0,045% Р И 0,05% S, качественные — не более 0,035% и 0,01% S, высококачественные — не более 0,025% Р и 0,025% S и особовысококачественные не более 0,025% Р и 0,015% S. Углероди­стые конструкционные стали могут быть только обыкновенного ка­чества и качественными.

***Стали, их маркировка, применение***

***Группа сталей , марки***

***Применение***

***Обозначение***

Углеродистая конструкционная обыкновенного качества: Ст0 –Ст6

Ст 3 ГОСТ 380-94

Строительные конструкции, крепежные детали. Листовой прокат, заклепки, трубы, арматура, проволока

Цифра – порядковый № марки

Углеродистая конструкционная качественная: Сталь 20, 25,30,35,40,45,45,50,55,

60,65,70,75,80, 60Г,65Г,70Г

Сталь 25 ГОСТ 1050-88

Шатуны, шпиндели, зубчатые колеса, валы, оси и т.д.

Углерод в 100-х долях %

Г – повышенное содержание марганца (примерно 1%)

Углеродистая инструментальная сталь: У7-У13, У7-У13А

Сталь У10 ГОСТ 1435-90

Зубила, молотки, ножи, ножницы, отвертки, ножовочные полотна, напильники

Углерод в 10-х долях

А- высокое качество

Легированная конструкционная сталь 15Х, 20Х, 38ХА, 40Х, 40ХФА, 18ХГТ, 30ХГТ

Валы, кулачки. Зубчатые колеса, болты, шпильки, рессоры, пружины, пальцы, втулки и т.д.

Первые 2 цифры – углерод в 100-х долях %, буквы – хим. Элемент, цифра после нее – его содержание в %

Легированная инструментальная сталь 9ХС, ХВСГ, ХВ5, ХГ

Сталь 35ХГ ГОСТ 4543-90

Фрезы, зенкеры, развертки. Напильники и т.д.

Цифра впереди – углерод в 10-х долях %

Быстрорежущая сталь: Р6М5, Р18, Р12, Р12Ф3

Резцы. Фрезы, долбяки, протяжки

Р-быстрорежущая, цифра после нее - % вольфрама

Шарикоподшипниковая сталь:ШХ6, ШХ9, ШХ15

Сталь ШХ 15 ГОСТ 801-71

Тела качения, кольца шарикоподшипников

Ш-шарикоподшипниковая, 6=% хрома

Отливка из конструкционной стали

Отливка Сталь 25Л ГОСТ 977-88

Проволока (для пружин) марки А, класса 1, диаметром 2 мм

Проволока А-1-1,00 ГОСТ 9389-75

**Углеродистые стали**

По назначению:

Стали *группы*А имеют гарантируемые механические свойства.Ст0, Ст1, Ст2,..., Ст6.

Стали *группы*Б имеют гарантируемый химический состав.БСт0, БСт1, БСт2,..., БСт6.

Стали *группы*В имеют гарантируемые механические свойства и химический состав.ВСт1, ВСт2,..., ВСт5.

Цифра в маркировке – порядковый номер марки

Сталь 08, 10, 15, 20, 25, ..., 85

Число означает среднее содержание углерода в сотых долях процента.

**Углеродистые стали обыкновенного качества**в зависимости от назначения и гарантируемых свойств делятся па три группы: А, Б и В.

Стали *группы*А имеют гарантируемые механические свойства. Они используются в состоянии поставки без горячей обработки или сварки. Эти стали маркируются буквами Ст и цифрами, обозначаю­щими порядковый номер марки. Выпускается семь марок сталей группы Л: Ст0, Ст1, Ст2,..., Ст6. Чем выше номер марки, тем боль­ше содержание yглерода и, соответственно, выше прочность и ниже пластичность.

Стали *группы*Б имеют гарантируемый химический состав. Эти стали подвергаются горячей обработке. При этом их механические свойства не сохраняются, а химический состав важен для определе­ния режима обработки. Маркируются они гак же, как стали группы А, но перед буквами Ст ставится буква Б. Чем выше номер марки, чем больше содержание в стали углерода, марганца и кремния.

Стали *группы*В имеют гарантируемые механические свойства и химический состав,Эти стали используются для сварки, так как для выбора режима сварки надо man. химический состав, а механичес­кие свойства частей изделий, не подвергшихся тепловому воздей­ствию, остаются без изменений. В марках сталей этой группы на первое место ставится буква В. При этом механические свойства соответствуют свойствам аналогичной марки из группы А, а хими­ческий состав — составу аналогичной марки из группы Б.

**Качественные конструкционные углеродистые стали**маркируют­ся цифрами08, 10, 15, 20, 25, ..., 85, которые обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Эти стали отличаются от сталей обыкновенного качества большей прочностью, пластичностью и ударной вязкостью. Если для сталей обыкновенного качества макси­мальная прочность составляет 700 МПа, то для качественной она достигает 1100 МПа. Более подробно они будут рассмотрены совместно с конструкционными легированными сталями.

**Легированные стали**

*Легированной*называют сталь, содержащую специально введенные внее с целью изменения строения и свойств легирующие элементы.

Легированные стали имеют целый ряд преимуществ перед углеро­дистыми. Они имеют более высокие механические свойства, прежде всего, прочность. Легированные стали обеспечивают большую прокаливаемость, а также возможность получения структуры мартенсита при закалке в масле, что уменьшает опасность появления трещин и короб­ления деталей. С помощью легирования можно придать стали различ­ные специальные свойства (коррозионную стойкость, жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, магнитные и электрические свойства).

Классификация сталей по различным признакам была рассмот­рена ранее. Отметим только, что стали обыкновен­ного качества могут быть только углеродистыми, т.е. легированные стали, как минимум, являются качественными.

Маркируются легированные стали с помощью цифр и букв, ука­зывающих примерный химический состав стали. Первые цифры в марке показывают среднее содержание углерода в сотых долях про­цента. Далее показывается содержание легирующих элементов. Каж­дый элемент обозначается своей буквой: Н — никель, Г — марга­нец, Ц — цирконий, Т — титан, X — хром, Д — медь, С — кремний, А — азот, К — кобальт, Р — бор, П — фосфор, Ф — ванадий, М — молибден, Б — ниобий, В — вольфрам, Ю — алюминий. Цифры, идущие после буквы, указывают примерное содержание данного ле­гирующего элемента в процентах. При содержании элемента менее 1% цифра отсутствует. Например, сталь 12Х18Н10Т содержит при­близительно 0,12% углерода, 18% хрома, 10% никеля, менее 1% титана. Для некоторых групп статей применяют другую маркировку, которая будет указана при рассмотрении этих сталей.

***Конструкционные стали***

Конструкционные стали идут на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений. Они должны обеспечивать длительную и надежную работу деталей и конструкций в условиях эксплуатации. Поэтому основное требование к конструкционным сталям — комп­лекс высоких механических свойств.

**Строительные стали**содержат малые количества углерода (0,1-0,3%). Это объясняется тем, что детали строительных конструкций обычно соединяются сваркой. Низкое содержание углерода обеспе­чивает хорошую свариваемость.

В качестве строительных используются углеродистые стали Ст2 и СтЗ, имеющие предел текучести σ0,2 = 240 МПа. В низколегирован­ных строительных сталях при содержании около 1,5% Мп и 0,7% Si предел текучести увеличивается до 360 МПа. К этим сталям относят­ся 14Г2, 17ГС, 14ХГС. Дополнительное легирование небольшими коли­чествами ванадия и ниобия (до 0,1%) повышает предел текучести до 450 МПа за счет уменьшения величины зерна. К сталям такого типа относятся 14Г2АФ, 17Г2АФБ.

Приведенные стали применяют для строительных конструкций, армирования железобетона, магистральных нефтепроводов и газо­проводов.

**Цементуемые стали**содержат 0,1-0,3% углерода. Они подверга­ются цементации, закалке и низкому отпуску. После этой обработки твердость поверхности составляет HRC 60, а сердцевины HRC 15 — 40. Упрочнение сердцевины в этих сталях тем сильнее, чем больше содержание легирующих элементов. В зависимости от степени уп­рочнения сердцевины цементуемые стали можно разделить на три группы.

К сталям с неупрочняемой сердцевиной относятся углеродистые цементуемые стали 10, 15, 20. Их сердцевина имеет феррито-перлитную структуру. Эти стали имеют высокую износостойкость, но малую прочность (σв = 400-500 МПа). Поэтому они применяются для малоответственных деталей небольших размеров.

К сталям со слабо упрочняемой сердцевиной относятся низколеги­рованные стали 15Х, 15ХР, 20ХН и др. Сердцевина имеет структуру бейнит. Эти стали имеют повышенную прочность (σв = 750-850 МПа).

К сталям с сильно упрочняемой сердцевиной относятся стали 20ХГР, 18ХГТ, 30ХГТ, 12ХНЗ, 18Х2Н4В и др. Сердцевина имеет мартенситную структуру. Стали этой группы имеют высокую проч­ность (σв= 1200-1600 МПа) и применяются для крупных деталей, испытывающих значительные нагрузки.

**Улучшаемые стали**содержат 0,3-0,5% углерода и небольшое количество легирующих элементов (до 3-5%). Эти стали подверга­ются улучшению, состоящему из закалки в масле и высокого отпуска.

После термообработки имеют структуру сорбита. Механические свой­ства разных марок улучшаемой стали в случае сквозной прокалива­емости близки (σв = 900-1200 МПа). Поэтому прокаливаемость оп­ределяет выбор стали. Чем больше легирующих элементов, тем выше прокаливаемость. Следовательно, чем больше сечение детали, тем более легированную сталь следует использовать. По прокаливаемости улучшаемые стали могут быть условно разбиты на пять групп.

В первую группу входят углеродистые стали 35, 40, 45, имеющие критический диаметр Dкр = 10 мм. Эти стали под­вергаются нормализации вместо улучшения.

Ко второй группе относятся стали, легированные хромом ЗОХ, 40Х, Для них критический диаметр составляет Dкр= 15-20 мм.

Третью группу составляют хромистые стали, дополнительно ле­гированные еще одним двумя элементами (кроме никеля) 30ХМ, 40ХГ, 30ХГС и др. Для этих сталей Dкр = 20-30 мм.

Четвертая группа представлена хромоникелевыми сталями, со­держащими около 1% никеля: 40ХН, 40ХНМ и др. Их критический диаметр Dкр = 40 мм.

В пятую группу входят стали, легированные рядом элементов, причем содержание никеля доходит до 3-4%: 38ХНЗ, 38ХНЗМФ (D = 100 мм). Это лучшие марки улучшаемых сталей, хотя они сравнительно дороги.

**Высокопрочные стали.**Новейшая техника предъявляет высо­кие требования к прочности стали (σв = 1500-2500 МПа). Этим тре­бованиям соответствуют *мартенситностареющие стали,*сочетаю­щие высокую прочность с достаточной вязкостью и пластичностью. Они представляют собой практически безуглеродистые (до 0,03% С) сплавы железа с никелем (17-26% Ni), дополнительно легированные титаном, алюминием, молибденом, ниобием и кобальтом. Широкое распространение получила сталь Н18К9М5Т. Она подвергается за­калке на воздухе с 800-850°С. Высокую прочность мартенситноста­реющие стали получают в результате *старения,*представляющего собой отпуск, производимый при температуре 450-50О°С. В резуль­тате такой термообработки сталь Н18К9М5Т имеет предел прочно­сти

σв = 2000 МПа.

Кроме упомянутой выше стали нашли применение стали Н12К8МЗГ2, Ml0X11М2Т, Н12К8М4Г2 и другие. Мартенситностаре­ющие стали применяют в авиационной промышленности, в ракетной технике, судостроении и т. д. Они обладают хорошей свариваемостью и обрабатываемостью. Эти стали являются достаточно дорогостоящими.

**Пружинные стали**. В пружинах и рессорах используются толь­ко упругие свойства стали. Возникновение пластической деформа­ции в них недопустимо, поэтому высоких требований к пластичнос­ти и вязкости не предъявляется. Основное требование к пружинной стали — высокий предел упругости *а*(см. раздел 1.2). Хорошие упругие свойства стали достигаются при повышенном содержании углерода (0,5 0,7%) и применении термообработки, состоящей из закалки и среднею отпуска при температуре 350-450°С. После та­кой термообработки сталь имеет троститную структуру.

Углеродистые пружинные стали (65, 70, 75) вследствие низкой прокаливаемости используются для пружин небольшого сечения. Они могут работать при температуре до 100° С. Стали, легированные кремнием и марганцем (60С2, 60СГ и др.) предназначены для боль­ших по размеру упругих элементов и обеспечивают их длительную и надежную работу. Для ответственных пружин применяют высокока­чественные стали легированные хромом и ванадием (50ХФА, 50ХГФА). Эти стали могут работать при температуре до 300° С. Из них изготавливают, например, рессоры легковых автомобилей.

Износостойкие стали способны сопротивляться процессу изна­шивания. Изнашивание — это процесс постепенного разрушения поверхностных слоев трущихся деталей, который приводит к умень­шению их размеров (износу). Износостойкие стали можно разделить на три группы.

В первую группу входят стали, износостойкость которых дости­гается высокой твердостью поверхности. Они подвергаются закалке и низкому отпуску или химико-термической обработке. Имеют струк­туру мартенсита или мартенсита с карбидными включениями. К этой ipynne относятся подшипниковые стали, из которых изготавливают­ся шарики и ролики подшипников качения. Они маркируются бук­вами ШХ и цифрой показывающей содержание хрома в десятых долях процента, содержат также марганец и кремний (ШХ4, ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ). Содержание углерода в них около 1%.

Ко второй группе относятся стали, износостойкость которых достигается смазывающим действием графита. Эти стали имеют в структуре графитные включения, которые в процессе изнашивания выходят на поверхность и выполняют роль сухой смазки. Эти стали имеют высокое содержание углерода (-1,5%) и кремния (~1%), что повышает способность к графитизации. Эти стали подвергаются графитизирующему отжигу, который аналогичен отжигу ковкого чугуна (см. раздел 3.3.).

Третью группу составляют стали износостойкость которых дос­тигается повышенной склонностью к наклепу. Это, прежде всего, сталь 110Г13. Она имеет невысокую твердость, которая при дей­ствии давления и ударов резко повышается, за счет чего и достигает­ся износостойкость. Эта сталь подвергается закалке от 1100°С в воде, после чет получает аустенитную структуру. Плохо обрабаты­вается резанием, поэтому применяется влитом состоянии.

***Инструментальные стали.***

По назначению инструментальные стали делятся на стали для ре­жущего, измерительного и штампового инструмента. Кроме сталей, для изготовления режущего инструмента применяются металлокерамические твердые сплавы и минералокерамические материалы. Режу­щий инструмент работает в сложных условиях, подвержен интенсив­ному износу, при работе часто разогревается. Поэтому материал для изготовления режущего инструмента должен обладать высокой твер­достью, износостойкостью и теплостойкостью. *Теплостойкость*— это способность сохранять высокую твердость и режущие свойства при длительном нагреве.

У7, У8, У9, ..., У13 Буква У и цифра, показывающая со­держание углерода в десятых долях процента

У7А, У8А, У9А, ..., У13А

Буква У и цифра, показывающая со­держание углерода в десятых долях процента

Буква А в конце марки показывает, что сталь высококачественная

**Углеродистые инструментальные стали**содержат 0,7-1,3% уг­лерода. Они маркируются буквой У и цифрой, показывающих со­держание углерода в десятых долях процента (У7, У8, У9, ..., У13). Буква А в конце марки показывает, что сталь высококачественная (У7А, У8А,..., У13А). Предварительная термообработка этих сталей — отжиг на зернистый 'перлит, окончательная — закалка в воде или растворе соли и низкий отпуск. После этого структура стали представляет со­бой мартенсит с включениями зернистого цементита. Твердость ле­жит в интервале HRC 56-64.

Для углеродистых инструментальных сталей характерны низкая теплостойкость (до 200°С) и низкая прокаливаемость (до 10-12 мм). Однако вязкая незакаленная сердцевина повышает устойчивость инструмента против поломок при вибрациях и ударах. Кроме того, эти стали достаточно дешевы и в незакаленном состоянии сами хо­рошо обрабатываются.

Стали У7-У9 применяются для изготовления инструмента, ис­пытывающего ударные нагрузки (зубила, молотки, топоры). Стали У10-У13 идут на изготовление инструмента, обладающего высокой твердостью (напильники, хирургический инструмент). Стали У8-У12 применяются также для измерительного инструмента.

**Низколегированные инструментальные стали**содержат в сум­ме около 1-3% легирующих элементов. Они обладают повышенной но сравнению с углеродистыми сталями прокаливаемостью, но теп­лостойкость их невелика — до 400°С. Основные легирующие эле­менты — хром, кремний, вольфрам, ванадий. Маркируются эти ста­ли так же, как конструкционные, но содержание углерода дается в десятых долях процента. Если первая цифра в марке отсутствует, то содержание углерода превышает 1%. Например 9ХС, ХВГ, ХВ5.

Термообработка низколегированных инструментальных сталей — закалка в масле и отпуск при температуре 150-200°С. При этом обычно достигается сквозная прокаливаемость. Твердость после термообра­ботки составляет HRC 62-64.

Благодаря большей прокаливаемости и закалке в масле низколлегированные стали используются для изготовления инструмента боль­шой длины и крупного сечения (например, сверл диаметром до 60 мм). 11рименяются для ручного инструмента по металлу и измерительного инструмента.

**Быстрорежущие стали**предназначены для работы при высоких скоростях резания. Главное их достоинство — высокая теплостой­кость (до 650°С). Это достигается за счет большого количества ле­гирующих элементов — вольфрама, хрома, молибдена, ванадия, ко­бальта. Маркируются быстрорежущие стали буквой Р, число после которой показывает среднее содержание вольфрама в %. Далее идут обозначения и содержание других легирующих элементов. Содержа­ние углерода во всех быстрорежущих сталях приблизительно 1 %, а хрома 4%. Поэтому эти элементы в марке не указываются. Напри­мер, Р18, Р9, Р6М5, Р6М5Ф2К8.

Термообработка быстрорежущих сталей заключается закалке от высоких температур (1200-1300°С) и трехкратном отпуске при 550-570°С. Трехкратный отпуск применяется для тою, чтобы избавиться от остаточного аустенита, который присутствует после закалки в ко­личестве приблизительно 30% и снижает режущие свойства. После термообработки сталь имеет мартенситную структуру с карбидными включениями. Твердость после термообработки составляет HRC 64-65.

Быстрорежущие стали применяются для инструмента, использу­емого для обработки металла на металлорежущих станках (резцы, фрезы, сверла). Для экономии дорогих быстрорежущих сталей ре­жущий инструмент часто изготавливается сборным или сварным. Рабочую часть из быстрорежущей стали приваривают к основной части инструмента из конструкционной стали.

**9.Стали со специальными свойствами**

**Коррозионностойкие (нержавеющие) стали**. *Коррозией*называет­ся разрушение металла под действием внешней агрессивной среды в результате ее химического или электрохимического воздействия. Различают химическую коррозию, обусловленную воздействием на металл сухих газов и неэлектролитов (например, нефтепродуктов) и электро­химическую, возникающую под действием жидких электролитов или влажного воздуха. По характеру коррозионного разрушения различают сплошную и местную коррозию. Сплошная коррозия захватывает всю поверхность металла. Ее делят на равномерную и неравномерную в зависимости от того, одинаковая ли глубина коррозионного разруше­ния на разных участках. При местной коррозии поражения локальны. В зависимости от степени локализации различают пятнистую, язвен­ную, точечную, межкристаллитную и др. виды местной коррозии.

Самый надежный способ защиты от коррозии — применение коррозионностойких сталей. Коррозионная стойкость достигается при введении в сталь элементов, образующих на ее поверхности тонкие и прочные оксидные пленки. Наилучший из этих элементов — хром. При введении в сталь 12-14% хрома она становится устойчивой про­тив коррозии в атмосфере, воде, ряде кислот, щелочей и солей. Ста­ли, содержащие меньшее количество хрома, подвержены коррозии точно так же, как и углеродистые стали. В технике применяют хроми­стые и хромоникелевые коррозионностойкие стали.

*Хромистые*коррозионностойкие стали могут содержать 13, 17 или 25-27% хрома. Стали марок 08X13, 12X13, 20X13 подвергают­ся закалке от 1000°С и отпуску при 60О-7О0°С. Их применяют для изготовления деталей с повышенной пластичностью, работающих в слабоагрессивных средах. Стали 30X13, 40X13 подвергаются закал­ке и отпуску при 200-300°С. Из них изготавливают режущий, мери­тельный и хирургический инструмент.

Стали 12X17, 15X28 имеют более высокую коррозионную стой­кость. Подвергаются отжигу при температуре 700-780°С. Используются для оборудования заводов легкой и пищевой промышленности, труб, работающих в агрессивных средах, для кухонной посуды.

*Хромоникелевые стали*обычно содержат 18% хрома и 9-12% никеля (04Х18Н10, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т и др.). Они имеют бо­лее высокую коррозионную стойкость по сравнению с хромистыми сталями, лучшие механические свойства, хорошо свариваются. Эти стали имеют аустенитную структуру. Их термообработка состоит из закалки от температуры 1100-1150°С в воде без отпуска.

Хромоникелевые стали склонны к межкристаллитной коррозии. Она быстро распространяется по границам зерен без заметных вне­шних признаков. Это происходит вследствие образования карбидов хрома по границам зерен, что приводит к уменьшению содержания хрома в поверхностном слое зерна. Чтобы карбиды хрома не обра­зовывались, надо либо использовать стали с пониженным содержа­нием углерода (до 0,04%), либо дополнительно легировать сталь ти­таном, связывающим углерод в карбид титана.

Используются хромоникелевые стали в пищевой и химической промышленности, в холодильной технике. Поскольку никель доро­гостоящий элемент, иногда его частично заменяют марганцем и ис­пользуют сталь 10Х14Г14Н4Т.

*Другие методы защиты от коррозии.*Распространенным средством защиты от коррозии является нанесение на защищаемый металл раз­личных покрытий. *Металлические покрытия*наносятся различными способами. При *погружении в расплавленный металл*поверхность из­делия покрывается тонким и плотным слоем, затвердевающим после извлечения изделия. Этот способ применяется для нанесения покрытий цинком, оловом, свинцом и алюминием, температура плавления кото­рых ниже, чем у защищаемого металла. При *диффузионной металлиза­ции*изделие засыпают порошками алюминия, хрома, цинка и выдержи­вают при высокой температуре. При *напылении*поверхность изделия покрывают слоем расплавленного металла (цинка, алюминия, кадмия и др.) с помощью воздушной струи. При *плакировании*защищаемый ме­талл подвергают совместной прокатке с защищающим (алюминием, титаном, нержавеющей сталью). *Гальванический способ*нанесения по­крытий основан на осаждении под действием электрического тока тон­кого слоя защитного металла (хрома, никеля, меди, кадмия) при погру­жении защищаемого изделия в раствор электролита.

*Неметаллические покрытия*подразделяются на лакокрасочные и эмалевые, смоляные, покрытия пленочными полимерными мате­риалами, резиной, смазочными материалами, керамические покрытия и др. Покрытия, получаемые химической и электрохимической обработкой, превращают поверхностный слой изделия в химическое соединение, образующее сплошную защитную пленку. Наибольшее распространение имеют оксидные и фосфатные защитные пленки.

*Протекторная защита*основана на подсоединении к защищае­мому изделию протектора с более отрицательным электрохимичес­ким потенциалом. В агрессивной среде протектор будет являться анодом и разрушаться, а защищаемое изделие — катодом и разру­шаться не будет.

Для уменьшения агрессивности окружающей среды в нее вво­дят добавки, называемые *ингибиторами*коррозии. Они значитель­но снижают скорость коррозии. Условием использования ингиби­торов является эксплуатация изделия в замкнутой среде постоянного состава.

**Жаростойкие и жаропрочные стали.**Под *жаростойкими*сталя­ми понимают стали, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности при высокой температуре (свыше 550°С) . При нагреве стали происходит окисление поверхности и образуется оксидная пленка (окалина). Дальнейшее окисление определяется ско­ростью проникновения атомов кислорода через эту пленку. Через пленку оксидов железа они проникают очень легко. Для повышения жаростойкости сталь легируют элементами, образующими плотную пленку, через которую атомы кислорода не проникают. Эти элемен­ты — хром, алюминий, кремний. Так как алюминий и кремний по­вышают хрупкость стали, чаще всего применяют хром. Чем больше его содержание, тем более жаропрочной является сталь. Сталь 15X5 выдерживает до 600°С, 40Х9С2 — до 800°С, рассмотренные ранее 12X17 —до 900°С и 15X28 —до 1050°С.

*Жаропрочные*материалы способны противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах. Жаропрочные стали класси­фицируются по структуре.

Перлитные стали содержат малое количество углерода, легиру­ются хромом молибденом, ванадием (12ХМ, 12Х1МФ). Используют для изготовления труб, паропроводов и др. деталей, длительно рабо­тающих при температуре 500-550°С.

Мартенситные стали в большом количестве легированы хро­мом (15X11МФ, 15Х12ВНМФ). Они используются для деталей энер­гетического оборудования, длительно работающего при температу­ре 600-620°С. Особую группу мартенситных сталей составляют сильхромы, применяемые для клапанов двигателей внутреннего сгорания. Они дополнительно легированы кремнием (40Х9С2, 40X10С2М).

Аустенитные стали легированы большим количеством хрома и никеля а также другими элементами (09Х14Н16Б, 09Х14Н19В2БР). Из этих сталей изготавливают детали газовых турбин, работающих при температуре 600-700°С.

Для работы при более высоких температурах (70()-900°С) слу­жат сплавы на основе никеля, называемые нимониками. Примером нимоника является сплав ХН77ТЮР, содержащий кроме никеля приблизительно 20% Сг, 2,5% Ti, 1% А1.

Для работы при температурах свыше 1000°С используют тугоп­лавкие металлы и их сплавы. Это — хром, ниобий, молибден, тан­тал, вольфрам. Они используются в атомной энергетике и в косми­ческой технике.

Температуры 1500-1700°С выдерживают жаропрочные керами­ческие материалы на основе карбида и нитрида кремния.

**Сплавы с «памятью»**

Обычные стали и сплавы после пластической деформации не вос­станавливают свою форму. Особенностью сплавов, обладающих эф­фектом «памяти», является то, что нагрев, выполненный после хо­лодной пластической деформации, восстанавливает форму, кото­рую имело изделие при высоких температурах. Эта форма сохраняется и после охлаждения. Так, если проволоку закрутить в спираль при высокой температуре, а при низкой выпрямить (т.е. раскрутить), то повторный нагрев вызывает изменение формы — проволока вновь приобретает форму спирали и сохраняет эту форму при охлаждении.

В настоящее время известно большое количество таких сплавов. Наибольшее распространение получили сплавы типа «нитинол» на основе NiTi. Эффект памяти в них повторяется в течение многих тысяч циклов. Нитинол применяют в автоматических прерывателях тока, запоминающих устройствах, температурно-чувствительных датчиках. Имеются данные, что из него изготавливают антенны спутников. Антенну скручивают в маленький бунт, в космосе она восстанавливает свою форму при нагреве.

**Аморфные сплавы (металлические стекла)**

Металлы и сплавы в аморфном состоянии, т. е. металлические стекла, впервые были получены в 1959-1960 гг. Свойства металли­ческих сплавов в аморфном и кристаллическом состояниях имеют существенные отличия. Металлические стекла обладают сочетани­ем высоких механических, магнитных, антикоррозионных свойств.

Аморфная структура образуется при сверхвысоких скоростях ох­лаждения — 106 К/с и выше (скорость охлаждения при получении отливок традиционными методами около 1К/с). Существует ряд методов достижения таких скоростей.

1. Высокоскоростное ионно-плазменное и термическое распы­ление материала с последующей конденсацией паров на охлаждае­мую жидким азотом подложку. Скорость охлаждения около 1013 К/с.

2. Оплавление тонких поверхностных слоев де­талей лазерным лучом, при этом высокая скорость охлаждения обеспечивается быстрым отводом теп­лоты в глубьлежащие слои металла. Скорость ох­лаждения 107-109 К/с.

3. Закалка из жидкого состояния. Скорость охлаждения 106—109 К/с.

Закалка из жидкого состояния — основной метод получения ме­таллических стекол.

Аморфная структура металлических стекол нестабильна, она стре­мится перейти в более равновесную, т.е. кристаллическую. Это про­исходит при нагреве до температуры выше температуры кристалли­зации *Ткр =*(0,4...0,65) Т*пл*, где *Тпл*— температура плавления.

Маркировка аморфных сплавов отличается от принятой для ста­лей и сплавов. Они обозначаются аналогично химическим соедине­ниям. Цифры показывают содержание элемента в атомных процен­тах, например Fe80B20.

Металлические стекла обладают особыми электрическими и магнитными свойствами. Так, удельное электросопротивление спла­ва Ni67Si7B26 в 1,5 раза больше, чем у нихрома (традиционный сплав с высоким сопротивлением), — для них значения р·Кг4 соответ­ственно равны 1,55 и 1,08 Ом·см.

Железокобальтовые сплавы обладают высокой магнитной проница­емостью и малой коэрцитивной силой, что важно для магнитомягких материалов. Коэрцитивная сила тем меньше, чем крупнее зерно, струк­тура аморфных сплавов представляет собой как бы одно зерно.

Применение этих материалов ограничено температурой. Свои свой­ства они сохраняют лишь ниже *Ткр .*Кроме того, сортамент их выпус­ка ограничен — это тонкие фольги, ленты, нити, так как в больших сечениях невозможно добиться сверхвысоких скоростей охлаждения. Основная область применения — микроэлектроника, радиоэлектро­ника, где используются фольги и тонкие пленки.

**.Стали и сплавы с магнитными и электрическими свойствами**

**Стали и сплавы с магнитными свойствами.** Магнитные стали и сплавы делятся на две группы: магнитотвердые и магнитомягкие.

*Магнитотвердые*стали и сплавы обладают высоким значением коэрцитивной силы *Нс*и остаточной индукции *Вr.*Они применяются для изготовления постоянных магнитов. Постоянные магниты небольших размеров делают из углеродистых заэвтектоидных сталей УЮ-У12.

Коэрцитивная сила углеродистых сталей резко возрастает после закалки на мартенсит вследствие появления больших напряжений.

У стали У12 после закалки в воде *Нс* = 4800 А/м, *Вr*= 0,8 Тл. Однако низкая прокаливаемость, малая стабильность остаточной ин­дукции привели к вытеснению углеродистых сталей легированными.

Легирование металла вызывает повышение магнитной твердо­сти (т.е. коэрцитивной силы). Коэрцитивная сила возрастает при образовании в твердом растворе второй фазы, с повышением дис­кретности второй фазы, при возникновении напряжений в крис­таллической решетке, при из­мельчении зерна.

В настоящее время для из­готовления постоянных маг­нитов широко используют стали, легированные хромом, вольфрамом, кобальтом или совместно несколькими эле­ментами (ЕХЗ, ЕХ7В6, ЕХ5К5). Буквой Е обозначает­ся магнитная сталь.

Для получения высоких магнитных свойств стали подвергают сложной термической обработке, состоящей из нормализации, за­калки в масле или в воде и низкотемпературного отпуска (при 100°С в течение 10-24 ч).

Высокое содержание углерода и легирующих элементов в этих сталях придает им повышенную твердость, поэтому перед холодной механической обработкой их подвергают смягчающему отжигу при 700—850 °С. При отжиге происходит образование карбидов, что ухуд­шает магнитные свойства («магнитная порча»). Поэтому перед за­калкой для устранения «магнитной порчи» проводят нормализацию, при которой происходит растворение крупных карбидных фаз.

Во избежание «магнитной порчи» при закалке нагрев должен быть кратковременным (не более 15 мин). Охлаждение можно про­водить в воде или в масле, но обычно охлаждают в масле, чтобы избежать коробления и образования трещин, хотя при этом не­сколько снижаются магнитные свойства.

Обработка холодом повышает магнитные свойства, так как ус­траняет немагнитный (парамагнитный) аустенит.

Отпуск несколько снижает коэрцитивную силу, но обеспечива­ет стабильность магнитных свойств в процессе эксплуатации.

Высокие магнитные свойства имеют железоникелькобальтовые сплавы, в частности магнит (8% А1, 24% Со, 14% Ni, 3% Си, остальное железо).

Магниты из этого сплава получают литьем, так как сплав не под­дается деформации и обработке резанием. Сплав подвергают закалке в магнитном поле. Сущность закалки в следующем. Нагретый до 1300°С сплав помещают между полюсами электромагнита напряженностью 160 А/м и охлаждают до температуры ниже 500°С, дальнейшее ох­лаждение проводят на воздухе. После такой обработки сплав облада­ет анизотропией магнитных свойств.

Магнитные свойства достигают высокого уровня в том направ­лении, в котором действовало внешнее магнитное поле при закал­ке. Затем сплав подвергают отпуску при 600 °С. Магнитные свой­ства: Я = 40 000 А/м, *Вг*= 1,2 Тл.

Последнее время находят применение сплавы на основе кобаль­та (52% Со, 14% V, остальное железо). Сплав поставляется в виде лент, полос и т.д.

*Магнитомягкие*сплавы и стали имеют низкую коэрцитивную силу и высокую магнитную проницаемость. Их применя­ют для изготовления сердечников, магнитных устройств, работаю­щих в переменных магнитных полях. Магнитомягкие материалы дол­жны иметь однородную (гомогенную) структуру, крупное зерно.

Незначительный наклеп сильно снижает магнитную проницае­мость и повышает коэрцитивную силу. Поэтому магнитомягкие сплавы для снятия напряжений и искажений структуры подверга­ют рекристаллизационному отжигу.

Широкое применение получило чистое железо, в котором со­держание углерода и всех примесей строго ограничено. Железо при­меняют для изготовления сердечников реле, электромагнитов постоянного тока, полюсов электрических машин и др.

Широкое применение в промышленности нашла *электротех­ническая сталь*— сплав железа с кремнием (0,05—0,005% С, 1,0— 1,8% Si). Легирование кремнием повышает электросопротивление стали и тем самым уменьшает потери на вихревые токи, повыша­ет магнитную проницаемость, снижает коэрцитивную силу и по­тери на гистерезис, способствует росту зерна, улучшает магнит­ные свойства за счет графитизирующего действия.

Маркируют электротехнические стали следующим образом: пер­вая цифра означает вид проката и структурное состояние (1 — го­рячекатаная, 2 — холоднокатаная изотропная, 3 — холоднокатаная анизотропная); вторая — содержание кремния: 0 — до 0,4%; 1 — 0,4- 0,8%; 2 - 0,8-1,8%; 3 - 1,8-2,8%; 4 - 2,8-3,8%; 5 - 3,8-4,8%; третья — основную нормируемую характеристику (0, 1 и 2 — удельные потери при различных значениях магнитной индукции и частоты, 6 и 7 — магнитная индукция соответственно в слабых и средних полях). Вместе первые три цифры обозначают тип стали; четвертая — порядковый номер типа стали. Чем он выше, тем меньше удельные потери, тем больше магнитная индукция.

Электротехническую сталь для снятия наклепа после прокатки и для укрупнения зерна подвергают отжигу при 1100-1200 °С в атмосфере водорода.

При рубке листов, резке, штамповке, гибке магнитные свойства ухудшаются. Для восстановления магнитных свойств электротехни­ческой стали рекомендуется отжиг при 750—800 °С в течение 2 ч с медленным (- 50 град/ч) охлаждением до 400 *°С.*При этом необхо­димо исключить окисление и науглероживание стали.

Электротехническую сталь изготавливают в виде листов толщи­ной от 1 до 0,05 мм.

*Железоникелевые сплавы*(от 40 до 80% Ni) — пермаллои — имеют высокую магнитную проницаемость, что очень важно для прибо­ров, работающих в слабых полях (радио, телефон, телеграф). Маг­нитные свойства пермаллоя сильно зависят от термической обра­ботки.

Для улучшения магнитных свойств после механической обра­ботки пермаллои подвергают отжигу при 1100—1200 "С в вакууме или атмосфере водорода. При этом укрупняется зерно, устраняют­ся остаточные напряжения и удаляются примеси углерода.

Охлаждение в магнитном поле также ведет к повышению маг­нитных свойств.

*Немагнитные стали.*В электромашиностроении и приборост­роении многие детали изготавливают из немагнитных сталей. Рань­ше для этой цели применяли цветные металлы, а теперь широко используют немагнитные аустенитные стали. Применение этих сталей резко снижает стоимость деталей, а также повышает ме­ханические свойства и уменьшает потери на вихревые токи в элек­троаппаратуре.

Применение марганцовистой аустенитной износоустойчивой стали (11ОГ13Л) в качестве немагнитной ограничивается ее пло­хой обрабатываемостью резанием, что обусловлено высокой склон­ностью ее к наклепу, а также нестабильностью прочностных свойств.

Широкое применение находят аустенитные коррозионно-стой­кие стали 12Х18Н9, 12Х18Н9Т. Желательно, чтобы содержание ни­келя в них соответствовало верхнему пределу, так как в противном случае при больших степенях холодной деформации возможно ча­стичное протекание γ→α - превращения, ведущего к появлению фер­рита, обладающего ферромагнитными свойствами.

Кроме того, применяются более дешевые стали 55Г9Н9ХЗ и 45Г17ЮЗ, в которых никель частично или полностью заменен мар­ганцем.

**Стали и сплавы с электрическими свойствами**. Элементы электросопротивления должны иметь низкую электропроводность или вы­сокое электросопротивление. Так как образование твердых раство­ров при легировании сопровождается повышением электросопро­тивления, то все сплавы высокого сопротивления, как правило, представляют собой твердые растворы.

Различают сплавы *реостатные*(для изготовления реостатов) и окалиностойкие сплавы *высокого электросопротивления*(для нагре­вательных элементов печей и электроприборов).

Сплавы высокого электросопротивления должны удовлетворять следующим требованиям:

иметь большое удельное электросопротивление;

иметь малый температурный коэффициент электросопротивле­ния (т.е. электросопротивление должно мало изменяться при изме­нении температуры);

обладать высокой окалиностойкостью, т.е. способностью проти­востоять образованию окалины при высоких температурах.

В качестве реостатных сплавов широкое применение нашли спла­вы меди с никелем — константан и никелин. Константан содер­жит 40% Ni, 1—2% Мn, остальное медь; никелин — 45% Ni, ос­тальное медь.

В качестве сплавов высокого электросопротивления применяют сплавы Ni — Сг (нихромы), Fe — Ni — Cr (ферронихромы) и Fe — Cr — А1 (фехраль) и др.

На свойства сплавов высокого электросопротивления вредное влияние оказывают такие примеси, как углерод, сера, фосфор и т.д. Примеси способствуют окислению границ зерен и тем самым уменьшают окаливаемость и повышают хрупкость.

В приборостроении часто требуются сплавы с определенным ко­эффициентом линейного расширения, например таким же, как у стекла, равным нулю. Для удовлетворения этих требований в каж­дом конкретном случае изготавливают сплавы строго определен­ного состава.

Износостойкие стали. Износ деталей в процессе эксплуатации может быть вызван двумя причинами: трением деталей друг о друга и царапанием твердых частиц о поверхность деталей (абразивный износ).

При обычном трении поверхность металла наклёпывается и со­противление износу возрастает. Следовательно, износостойкость определяется способностью металла к наклепу.

В случае абразивного износа, когда твердые частицы, абразивы, вырывают мельчайшие кусочки металла, стойкость против износа определяется сопротивлением металла отрыву и твердостью.

Для изготовления деталей, работающих на износ в условиях тре­ния и высоких давлений и ударов, применяют высокомарганцовис­тую аустенитную сталь 110Г13Л, содержащую 1,0-1,3% С и 11,5-14,5% Мn. Сталь применяют в литом и реже в горячедеформированном состоянии. Структура литой стали состоит из аустенита и избыточных карбидов (Fe, Mn)3C, выделяющихся по границам зе­рен и снижающих прочность и вязкость стали. Для повышения проч­ности и вязкости сталь подвергают закалке с температуры 1050— 1100°С в воде. При такой температуре карбиды растворяются, а быс­трое охлаждение в воде полностью задерживает их выделение. После закалки сталь имеет аустенитную структуру и обладает следующими механическими свойствами: σв= 800-900 МПа, σ0,2 = 310...350 МПа, δ=15 ... 25%, ψ= 20 ... 30%, 180 ... 220 НВ.

Высокая износостойкость стали 110Г13Л при трении с давлени­ем и ударами объясняется повышенной способностью к наклепу.

Если при эксплуатации наблюдается только абразивный износ без значительного давления и ударов, вызывающих наклеп, то сталь не обнаруживает повышенной износостойкости.

Контрольные вопросы;

1. Отличия стали от чугуна?
2. Виды сталей и применение в машиностроении?
3. Маркировка инструментальной стали и где она применяется?
4. Конструкционные стали, применение и маркировка.
5. Какие стали относятся к сталям специального качества, маркировка и их применение?
6. Низко легированные стали их применение?