*СОДЕРЖАНИЕ*

*1. Общая характеристика сталей*

*2. Маркировка, расшифровка, свойства, термическая обработка и область применения*

*2.1 Углеродистых конструкционных сталей*

*2.2 Автоматных сталей*

*2.3 Конструкционных низколегированных сталей*

*2.4 Конструкционных цементуемых сталей*

*2.5 Конструкционных улучшаемых сталей*

*2.6 Рессорно-пружинных сталей*

*2.7 Шарикоподшипниковых сталей*

*2.8 Износостойких сталей*

*2.9 Корозионностойких сталей*

*2.10 Жаропрочных сталей и сплавов*

*1. Общая характеристика сталей*

*Ж/у сплавы с содержанием углерода до 2,14% называются сталями. Кроме железа и углерода в сталях содержатся полезные и вредные примеси.*

*Сталь – основной металлический материал, широко применяемый для изготовления деталей машин, летательных аппаратов, приборов, различных инструментов и строительных конструкций. Широкое использование сталей обусловлено комплексом механических, физико-химических и технологических свойств. Методы широкого производства стали были открыты в середине ХIX в. В это же время были уже проведены и первые металлографические исследования железа и его сплавов.*

*Стали сочетают высокую жесткость с достаточной стати-ческой и циклической прочностью. Эти параметры можно менять в широком диапазоне за счет изменения концентрации углерода, легирующих элементов и технологий термической и химико-термической обработки. Изменив химический состав, можно получить, стали с различными свойствами, и использовать их во многих отраслях техники и народного хозяйства.*

*Углеродистые стали, классифицируют по содержанию углерода, назначению, качеству, степени раскисления и структуре в равновесном состоянии.*

*По содержанию углерода стали, подразделяются на низкоугле-родистые (< 0,3 % С), среднеуглеродистые (0,3-0,7 % С) и высокоугле-родистые (> 0,7 % С).*

*По назначению стали классифицируют на конструкционные и инструментальные. Конструкционные стали, представляют наиболее обширную группу, предназначенную для изготовления строительных сооружений, деталей машин и приборов. К этим сталям относят цементуемые, улучшаемые, высокопрочные и рессорно-пружинные. Инструментальные стали, подразделяют на стали для режущего, измерительного инструмента, штампов холодного и горячего (до 200 0С) деформирования.*

*По качеству стали, классифицируют на обыкновенного качества, качественные, высококачественные. Под качеством стали понимается совокупность свойств, определяемых металлургическим процессом ее производства. Стали обыкновенного качества бывают только углеродистыми (до 0,5 % С), качественные и высококачественные – углеродистыми и легированными.*

*По степени раскисления и характеру затвердевания стали классифицируют на спокойные, полуспокойные и кипящие. Раскисление – процесс удаления из жидкого металла кислорода, проводимый с целью предотвращения хрупкого разрушения стали при горячей деформации.*

*Полуспокойные стали по степени раскисления занимают промежуточное положение между спокойными и кипящими.*

*По структуре в равновесном состоянии стали, делятся на: 1) доэвтектоидные, имеющие в структуре феррит и перлит; 2) эвтектоидные, структура которых состоит из перлита; 3) заэвтектоидные, имеющие в структуре перлит и цементит вторичный.*

*2. Маркировка, расшифровка, свойства, термическая обработка и область применения.*

*2.1 Углеродистые конструкционные стали*

*Стали обыкновенного качества выпускают в виде проката (прутки, балки, листы, уголки, трубы, швеллеры и т.п.) в нормализованном состоянии и в зависимости от назначения и комплекса свойств подразделяют на группы: А, Б, В.*

*Стали маркируются сочетанием букв Ст и цифрой (от 0 до 6), показывающей номер марки, а не среднее содержание углерода в ней, хотя с повышением номера содержание углерода в стали увеличивается. Стали групп Б и В имеют перед маркой буквы Б и В, указывающие на их принадлежность к этим группам. Группа А в обозначении марки стали не указывается. Степень раскисления обозначается добавлением индексов: в спокойных сталях – «сп», полуспокойных – «пс», кипящих – «кп», а категория нормируемых свойств (кроме категории 1) указывается последующей цифрой. Спокойными и полуспокойными производят стали Ст1 – Ст6, кипящими – Ст1 – Ст4 всех трех групп. Сталь Ст0 по степени раскисления не разделяют.*

*Стали группы А используют в состоянии поставки для изделий, изготовление которых не сопровождается горячей обработкой. В этом случае они сохраняют структуру нормализации и механические свойства, гарантируемые стандартом.*

*Сталь марки Ст3 используется в состоянии поставки без обработки давлением и сваркой. Ее широко применяют в строительстве для изготовления металлоконструкций.*

*Стали группы Б применяют для изделий, изготавливаемых с применением горячей обработки (ковка, сварка и в отдельных случаях термическая обработка), при которой исходная структура и механические свойства не сохраняются. Для таких деталей важны сведения о химическом составе, необходимые для определения режима горячей обработки.*

*Стали группы В дороже, чем стали групп А и Б, их применяют для ответственных деталей (для производства сварных конструкций).*

*Углеродистые стали обыкновенного качества (всех трех групп) предназначены для изготовления различных металлоконструкций, а также слабонагруженных деталей машин и приборов. Эти стали, используются, когда работоспособность деталей и конструкций обеспечивается жесткостью. Углеродистые стали обыкновенного качества широко используются в строительстве при изготовлении железобетонных конструкций. Способностью к свариванию и к холодной обработке давлением отвечают стали групп Б и В номеров 1-4, поэтому из них изготавливают сварные фермы, различные рамы и строительные металлоконструкции, кроме того, крепежные изделия, часть из которых подвергается цементации.*

*Среднеуглеродистые стали номеров 5 и 6, обладающие большой прочностью, предназначаются для рельсов, железнодорожных колес, а также валов, шкивов, шестерен и других деталей грузоподъемных и сельскохозяйственных машин. Некоторые детали из этих сталей групп Б и В подвергаются термической обработке – закалке с последующим высоким отпуском.*

*В машиностроении углеродистые качественные стали, используются для изготовления деталей разного, чаще всего неответственного назначения и являются достаточно дешевым материалом. В промышленность эти стали поставляются в виде проката, поковок, профилей различного назначения с гарантированным химическим составом и механическим свойствами.*

*В машиностроении применяют углеродистые качественные стали, поставляемые по ГОСТ 1050-74. Маркируются эти стали двузначными цифрами 05, 08, 10, 15, 20, …, 75, 80, 85, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента.*

*К углеродистым сталям относят также стали с повышенным содержанием марганца (0,7-1,0 %) марок 15Г, 20Г, 25Г, …, 70Г, имеющих повышенную прокаливаемость.*

*Спокойные стали маркируют без индекса, полуспокойные и кипящие – с индексом соответственно «пс» и «кп». Кипящие стали производят марок 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, полуспокойные – 08пс, 10пс, 15пс, 20пс.*

*Качественные стали широко применяются в машиностроении и приборостроении, так как за счет разного содержания углерода в них, а соответственно и термической обработки можно получить широкий диапазон механических и технологических свойств.*

*Низкоуглеродистые стали 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп отличаются малой прочностью и высокой пластичностью в холодном состоянии. Эти стали в основном производят в виде тонкого листа и используют после отжига или нормализации для холодной штамповки с глубокой вытяжкой. Они легко штампуются из-за малого содержания углерода и незначительного количества кремния, что и делает их очень мягкими. Их можно использовать в автомобилестроении для изготовления деталей сложной формы. Глубокая вытяжка из листа этих сталей применяется при изготовлении консервных банок, эмалированной посуды и других промышленных изделий.*

*Спокойные стали 08, 10 применяют в отожженном состоянии для конструкций невысокой прочности – емкости, трубы и т. д.*

*Стали 10, 15, 20 и 25 также относятся к низкоуглеродистым сталям, они пластичны, хорошо свариваются и штампуются. В нормализованном состоянии в основном их используют для крепежных деталей – валики, оси и т. д.*

*Для увеличения поверхностной прочности этих сталей их цементуют (насыщают поверхность углеродом) и применяют для деталей небольшого размера, например слабонагруженных зубчатых колес, кулачков и т. д.*

*Среднеуглеродистые стали 30, 35, 40, 45, 50 и аналогичные стали с повышенным содержанием марганца 30Г, 40Г и 50Г в нормализованном состоянии отличаются повышенной прочностью, но соответственно меньшей вязкостью и пластичностью. В зависимости от условий работы деталей из этих сталей к ним применяют различные виды термообработки: нормализацию, улучшение, закалку с низким отпуском, закалку ТВЧ и др.*

*Среднеуглеродистые стали применяют для изготовления небольших валов, шатунов, зубчатых колес и деталей, испытывающих циклические нагрузки. В крупногабаритных деталях больших сечений из-за плохой прокаливаемости механические свойства значительно снижаются.*

*Высокоуглеродистые стали 60, 65, 70, 75, 80 и 85, а также с повышенным содержанием марганца 60Г, 65Г и 70Г в основном используют для изготовления пружин, рессор, высокопрочной проволоки и других изделий с высокой упругостью и износостойкостью. Их подвергают закалке и среднему отпуску на структуру троостит в сочетании с удовлетворительной вязкостью и хорошим пределом выносливости.*

*2.2 Автоматные стали*

*Эти стали маркируют буквой А (автоматная) и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Если автоматная сталь легирована свинцом, то обозначение марки начинается с сочетания букв «АС». Чтобы не проявлялась красноломкость, в сталях увеличено количество марганца. Добавление в автоматные стали свинца, селена и теллура позволяет в 2-3 раза сократить расход режущего инструмента.*

*Улучшение обрабатываемости достигается модифицированием кальцием (вводится в жидкую сталь в виде силикокальция), который глобулизирует сульфидные включения, что положительно влияет на обрабатываемость, но не так активно, как сера и фосфор.*

*Сера образует большое количество сульфидов марганца, вытянутых в направлении прокатки. Сульфиды оказывают смазывающее действие, нарушая при этом сплошность металла. Фосфор повышает хрупкость феррита, облегчая отделение стружки металла во время процесса резания. Оба эти элемента способствуют уменьшению налипания на режущий инструмент и получению гладкой блестящей обрабатываемой поверхности.*

*Однако необходимо помнить, что повышение содержания серы и фосфора снижает качество стали. Стали, содержащую серу, имеют ярко выраженную анизотропию механических свойств и пониженную коррозионную стойкость.*

*Стали А11, А12, А20 используют для крепежных деталей и изделий сложной формы, не испытывающих больших нагрузок, но к ним предъявляются высокие требования по точности размеров и чистоты поверхности.*

*Стали А30 и А40Г предназначены для деталей, испытывающих более высокие напряжения.*

*Свинец содержащие стали широко применяют для изготовления деталей двигателя.*

*В автоматных селено содержащих сталях повышается обрабатываемость за счет образования селенидов, сульфоселенидов, которые обволакивают твердые оксидные включения и тем самым устраняют их истирающее действие. Кроме того, селениды сохраняют глобулярную форму после обработки давлением, поэтому практически не вызывают анизотропии свойств и не ухудшают коррозионную стойкость стали, как сера. Применение этих сталей снижает расход инструмента в два раза и до 30 % повышает производительность.*

*2.3 Конструкционные низколегированные стали*

*Низколегированные стали, содержат до 2,5 % легирующих элементов. Обозначение марки включает в себя цифры и буквы, указывающие на примерный состав стали. В начале марки приводятся двузначные цифры, указывающие среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буквы справа от цифры обозначают легирующие элементы: А – азот, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, Е – селен, К – кобальт, Н – никель, М – молибден, П – фосфор, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ц – цирконий, Ч – редкоземельные элементы, Ю – алюминий. Следующие после буквы цифры указывают примерное содержание (в целых процентах) соответствующего легирующего элемента (при содержании 1-1,5 % и менее цифра отсутствует).*

*К данной группе относят, стали с содержанием углерода 0,1-0,3 %, обеспечивающие после химико-термической обработки, закалки и низкого отпуска высокую поверхностную твердость при вязкой, но достаточно прочной сердцевине. Эти стали, используют для изготовления деталей машин и приборов (кулачков, зубчатых колес и др.), испытывающих переменные и ударные нагрузки и одновременно подверженных износу.*

*2.4 Конструкционные цементуемые стали*

*Карбидо- и нитридообразующие элементы (такие, как Cr, Mn, Mo и др.) способствуют повышению прокаливаемости, поверхностной твердости, износостойкости и контактной выносливости. Никель повышает вязкость сердцевины и диффузионного слоя и снижает порог хладноломкости. Цементуемые (нитроцементуемые) легированные стали по механическим свойствам подразделяют на две группы: стали средней прочности с пределом текучести менее 700 МПа (15Х, 15ХФ) и повышенное прочности с пределом текучести 700-1100 МПа (12Х2Н4А, 18Х2Н4МА и др.).*

*Хромистые (15Х, 20Х) и хромованадиевые (15ХФ) стали цементуются на глубину до 1,5 мм. После закалки (880 0С, вода, масло) и последующего отпуска (180 0С, воздух, масло) стали имеют следующие свойства: σв = 690-800 МПа, δ = 11-12 % , KCU = 0,62 МДж/м2.*

*Хромомарганцевые стали (18ХГТ, 25ХГТ), широко применяемые в автомобилестроении, содержат по 1 % хрома и марганца (дешевого заменителя никеля в стали), а также 0,06 % титана. Их недостатком является склонность к внутреннему окислению при газовой цементации, что приводит к снижению твердости слоя и предела выносливости. Этот недостаток устраняется легированием стали молибденом (25 ХГМ). Для работы в условиях изнашивания используют сталь 20ХГР, легированную бором. Бор повышает прокаливаемость, и прочность стали, но снижает ее вязкость и пластичность.*

*Хромоникельмолибденовая (вольфрамовая) сталь 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА) относится к мартенситному классу и закаливается на воздухе, что способствует уменьшению коробления. Легирование хромоникелевых сталей W или Mo дополнительно повышает их прокаливаемость. Причем Мо существенно повышает прокаливаемость цементованного слоя, в то время как хром и марганец увеличивают прежде всего прокаливаемость сердцевины. В цементованном состоянии данную сталь применяют для изготовления зубчатых колес авиационных двигателей, судовых редукторов и других крупных деталей ответственного назначения. Эту сталь используют также как улучшаемую при изготовлении деталей, подверженных большим статическим и ударным нагрузкам.*

*2.5 Конструкционные улучшаемые стали*

*Улучшаемыми называют такие стали, которые используются после закалки с высоким отпуском (улучшения). Эти стали (40Х, 40ХФА, 30ХГСА, 38ХН3МФА и др.) содержат 0,3-0,5 % углерода и 1-6 % легирующих элементов. Стали закаливают с 820-880 0С в масле (крупные детали – в воде); высокий отпуск производят при 500-650 0С с последующим охлаждением в воде, масле или на воздухе (в зависимости от состава стали). Структура стали после улучшения – сорбит. Данные стали применяют для изготовления валов, шатунов, штоков и других деталей, подверженных воздействию циклических или ударных нагрузок. В связи с этим улучшаемые стали должны обладать высоким пределом текучести, пластичностью, вязкостью, малой чувствительностью к надрезу.*

*Стали относятся к мартенситному классу, слабо разупрочняются при нагреве до 300-400 0С. Из них изготавливают валы и роторы турбин, тяжело нагруженные детали редукторов и компрессоров.*

*2.6 Рессорно-пружинные стали*

*Пружины, рессоры и другие упругие элементы работают в области упругой деформации материала. В то же время многие из них подвержены воздействию циклических нагрузок. Поэтому основные требования к пружинным сталям – это обеспечение высоких значений пределов упругости, текучести, выносливости, а также необходимой пластичности и сопротивления хрупкому разрушению.*

*Стали для пружин и рессор содержат 0,5-0,75 % С; их также дополнительно легируют кремнием (до 2,8 %), марганцем (до 1,2 %), хромом (до 1,2 %), ванадием (до 0,25 %), вольфрамом (до 1,2 %) и никелем (до 1,7 %). При этом происходит измельчение зерна, способствующее возрастанию сопротивления стали малым пластическим деформациям, а следовательно, ее релаксационной стойкости.*

*Широкое применение на транспорте нашли кремнистые стали 55С2, 60С2А, 70С3А. Однако они могут подвергаться обезуглероживанию, графитизации, резко снижающим характеристики упругости и выносливости материала. Устранение указанных дефектов, а также повышение прокаливаемости и торможение роста зерна при нагреве достигается дополнительным введением в кремнистые стали хрома, ванадия, вольфрама и никеля.*

*Лучшими технологическими свойствами, чем кремнистые стали, обладает сталь 50ХФА, широко используемая для изготовления автомобильных рессор. Клапанные пружины делают из стали 50ХФА, не склонной к обезуглероживанию и перегреву, но имеющей малую прокаливаемость.*

*Термическая обработка легированных пружинных сталей (закалка 850-880 0С, отпуск 380-550 0С) обеспечивают получение высоких пределов прочности и текучести. Применяется также изотермическая закалка.*

*Максимальный предел выносливости получают при термической обработке на твердость HRC 42-48.*

*Для изготовления пружин также используют холоднотянутую проволоку (или ленту) из высокоуглеродистых сталей 65, 65Г, 70, У8, У10 и др.*

*Пружины и другие элементы специального назначения изготавливают из высокохромистых мартенситных (30Х13), мартенситно-стареющих (03Х12Н10Д2Т), аустенитных нержавеющих (12Х18Н10Т), аустенитно-мартенситных (09Х15Н8Ю) и других сталей и сплавов.*

*2.7 Шарикоподшипниковые стали*

*Для обеспечения работоспособности изделий шарикоподшипниковая сталь должна обладать высокой твердостью, прочностью и контактной выносливостью. Это достигается повышением качества металла: его очисткой от неметаллических включений и уменьшением пористости посредством использования электрошлакового или вакуумно-дугового переплава.*

*При изготовлении деталей подшипника широко используют шарикоподшипниковые (Ш) хромистые (Х) стали ШХ15СГ (последующая цифра 15 указывает содержание хрома в десятых долях процента – 1,5 %). ШХ15СГ дополнительно легирована кремнием и марганцем для повышения прокаливаемости. Отжиг стали на твердость порядка 190 НВ обеспечивает обрабатываемость полуфабрикатов резанием и штампуемость деталей в холодном состоянии. Закалка деталей подшипника (шариков, роликов и колец) осуществляется в масле с температур 840-860 0С. Перед отпуском детали охлаждают до 20-25 0С для обеспечения стабильности их работы (за счет уменьшения количества остаточного аустенита). Отпуск стали проводят при 150-170 0С в течение 1-2 ч.*

*Детали подшипников качения, испытывающие большие динамические нагрузки, изготавливают из сталей 20Х2Н4А и 18ХГТ с последующей их цементацией и термической обработкой. Для деталей подшипников, работающих в азотной кислоте и других агрессивных средах, используется сталь 95Х18, содержащая 0,95 % С и 18 % Cr.*

*2.8 Износостойкие стали*

*Износостойкость деталей обычно в первую очередь обеспечивается повышенной твердостью поверхности. Однако высокомарганцевая аустенитная сталь 110Г13Л (1,25 % С, 13 % Mn, 1 % Cr, 1 % Ni) при низкой начальной твердости (180-220 НВ) успешно работает на износ в условиях абразивного трения, сопровождаемого воздействием высокого давления и больших динамических (ударных) нагрузок (такие условия работы характерны для траков гусеничных машин, щек дробилок и др.). Это объясняется повышенной способностью стали упрочняться в процессе холодной пластической деформации, равной 70 %, твердость стали возрастает с 210 НВ до 530 НВ. Высокая износостойкость стали достигается не только деформационным упрочнением аустенита, но и образованием мартенсита с гексагональной или ромбоэдрической решеткой. При содержании фосфора более 0,025 % сталь становится хладноломкой. Структура литой стали представляет собой аустенит с выделившимся по границам зерен избыточными карбидами марганца, снижающими прочность и вязкость материала. Для получения одно-фазной аустенитной структуры отливки закаливают в воде с температуры 1050-1100 0С. В таком состоянии сталь имеет высокую пластичность, низкую твердость и невысокую прочность.*

*Изделия, работающие в условиях кавитационного износа, изготавливают из сталей 30Х10Г10, 0Х14Г12М.*

*2.9 Корозионностойкие стали*

*Стали, устойчивые против электрохимической коррозии, называются коррозионно-стойкими (нержавеющими). Устойчивость стали против коррозии достигается введением в нее элементов, образующих на поверхности плотные, прочно связанные с основой защитные пленки, препятствующие непосредственному контакту стали с агрессивной средой, а также повышающие ее электрохимический потенциал в данной среде.*

*Нержавеющие стали, разделяют на две основные группы: хромистые и хромоникелевые.*

*Хромистые коррозионно-стойкие стали применяют трех типов: с 13, 17 и 27 % Cr, при этом в сталях с 13 % Cr содержание углерода может изменяться в зависимости от требований в пределах от 0,08 до 0,40 %. Структура и свойства хромистых сталей зависят от количества хрома и углерода. В соответствии со структурой, получаемой при нормализации, хромистые стали подразделяют на следующие классы: ферритный (стали 08Х13, 12Х17, 15Х25Т, 15Х28), мартенситно- ферритный (12Х13) и мартенситный (20Х13, 30Х13, 40Х13).*

*Стали с низким содержанием углерода (08Х13, 12Х13) пластичны, хорошо свариваются и штампуются. Их подвергают закалке в масле (1000-1050 0С) с высоким отпуском при 600-800 0С и применяют для изготовления деталей, испытывающих ударные нагрузки (клапаны гидравлических прессов) или работающих в слабоагрессивных средах (лопатки гидравлических и паровых турбин и компрессора). Эти стали можно использовать при температурах до 450 0С (длительная работа) и до 550 0С (кратковременно). Стали 30Х13 и 40Х13 обладают высокой твердостью и повышенной прочностью. Эти стали закаливают с 1000-1050 0С в масле и отпускают при 200-300 0С. Эти стали используют для изготовления карбюраторных игл, пружин, хирургических инструментов и т.д. Высокохромистые стали ферритного класса (12Х17, 15Х25Т и 15Х28) обладают более высокой коррозионной стойкостью по сравнению со сталями, содержащими 13 % Cr. Эти стали термической обработкой не упрочняются. Они склонны к сильному росту зерна при нагреве свыше 850 0С. Высокохромистые стали ферритного класса используются часто как окалиностойкие.*

*Хромоникелевые нержавеющие стали в зависимости от структуры подразделяют на аустенитные, аустенитно-мартенситные и аустенитно-ферритные. Структура хромоникелевых сталей зависит от содержания углерода, хрома, никеля и других элементов.*

*Стали аустенитного класса с 18 % Cr и 9-10 % Ni (12Х18Н9, 17Х18Н9 и др.) в результате закалки приобретают аустенитную структуру и характеризуются высокой пластичностью, умеренной прочностью, хорошей коррозионной стойкостью в окислительных средах. Эти стали технологичны (хорошо свариваются, штампуются, подвергаются холодной прокатке и т.д.).*

*Стали 12Х18Н9, 17Х18Н9 после медленного охлаждения из аустенитной области имеют структуру состоящую из аустенита, феррита и карбидов. С целью растворения карбидов, а также предотвращения их выделения в процессе медленного охлаждения аустенитные стали нагревают до 1050-1120 0С и закаливают в воде, масле или на воздухе. Аустенитные стали не склонны к хрупкому разрушению при низких температурах, поэтому хромоникелевые коррозионно-стойкие стали широко используются в криогенной технике для хранения сжиженных газов, изготовления оболочек топливных баков и ракет и т.д.*

*Стали аустенитно-мартенситного класса (09Х15Н8Ю, 09Х17Н7Ю) получили широкое применение в основном как высокопрочные. Они хорошо свариваются, устойчивы против атмосферной коррозии. С целью обеспечения достаточной прочности и одновременно повышенной коррозионной стойкости сталь 09Х15Н8Ю подвергается следующей термической обработке: закалке на аустенит (925-975 0С) с последующей обработкой холодом (-70 0С) и старением (350-3800С).*

*Эти стали применяют для изготовления обшивки, сопловых конструкций и силовых элементов узлов летательных аппаратов.*

*Стали аустенитно-ферритного класса (08Х22Н6Т, 03Х23Н6, 08Х21Н6М2Т, 10Х25Н5М2 и др.) содержат 18-30 % Cr, 5-8 % Ni, до 3 % Mo, 0,03-0,10 % С, а также добавки Ti, Nb, Cu, Si и Ni. Эти стали после закалки в воде с 1000-1100 0С имеют структуру, состоящую из равномерно распределенных между собой зерен аустенита и феррита с содержанием последнего порядка 40-60 %. Эти стали, применяют в химическом и пищевом машиностроении, судостроении, авиации, медицине.*

*2.10 Жаропрочные стали и сплавы*

*Эти стали, используются при работе под нагрузкой и обладают достаточной жаростойкостью при температурах выше 500 0С.*

*Жаропрочные стали перлитного класса – это низколегированные стали (12Х1МФ, 25Х1М1Ф, 20Х1М1Ф1Бр и др.), содержащие 0,08-0,25 % С и легирующие элементы – Cr, V, Mo, Nb. Лучший комплекс механических свойств обеспечивается закалкой в масле (или нормализацией) с 880-1080 0С с последующим высоким отпуском при 640-750 0С. Стали перлитного класса используются для изготовления деталей, длительно работающих в режиме ползучести при температурах до 500-580 0С и малых нагрузках: это трубы пароперегревателей, арматура паровых котлов, детали крепежа.*

*Стали мартенситного и мартенситно-ферритного классов (15Х11МФ, 11Х11Н2В2МФ, 15Х12ВНМФ, 18Х12ВМБФР и др.) используются при температурах до 580-600 0С. Стали с меньшим содержанием хрома (до 11 %) принадлежат к мартенситному классу, а с большим (11-13 %) – к мартенситно-ферритному. Стали, закаливают на мартенсит с температур 1000-1100 0С в масле или на воздухе. После отпуска при 600-750 0С стали приобретают структуру сорбита. Стали, используют для изготовления деталей газовых турбин и паросиловых установок.*

*Аустенитные стали, обладают большей жаропрочностью, чем мартенситные, - их рабочие температуры достигают 700-750 0С. Аустенитные стали пластичны, хорошо свариваются. По способу упрочнения аустенитные стали, подразделяют на три группы:*

*1) твердые растворы, не упрочняемые старением;*

*2) твердые растворы с карбидным упрочнением;*

*3) твердые растворы с интерметаллидным упрочнением.*

*Стали первой группы (08Х15Н24В4ТР, 09Х14Н19В2БР) применяют в закаленном состоянии (закалка 1100-1600 0С, вода или воздух). Эти стали используют для изготовления трубопроводов силовых установок высокого давления, работающих при 600-700 0С.*

*Аустенитные жаропрочные стали с карбидным и интерметаллидным упрочнением, как правило, подвергают закалке с 1050-1200 0С в воде, масле или на воздухе и последующему старению при 600-850 0С.*

*Стали с интерметаллидным упрочнением используют для изготовления камер сгорания, дисков и лопаток турбин, а также сварных конструкций, работающих при температурах до 700 0С.*

*Жаропрочные сплавы на железоникелевой основе (например, ХН35ВТ, ХН35ВТЮ и др.) дополнительно легированы хромом, титаном, вольфрамом, алюминием, бором. Они упрочняются, как и аустенитные стали, закалкой и старением. Сплав ХН35ВТЮ применяют для изготовления турбинных лопаток и дисков, колец соплового аппарата и других деталей, работающих при температурах до 750 0С.*