Конструкционными называются стали, предназначенные для изготовления деталей машин (машиностроительные стали), конструкций и сооружений (строительные стали).

Углеродистые конструкционные стали

Углеродистые конструкционные стали подразделяются на стали обыкновенного качества и качественные.

Стали обыкновенного качества изготавливают следующих марок Ст0, Ст1, Ст2,…, Ст6 (с увеличением номера возрастает содержание углерода). Ст4 - углерода 0.18-0.27%, марганца 0.4-0.7%.

Стали обыкновенного качества, особенно кипящие, наиболее дешевые. Стали отливают в крупные слитки, вследствие чего в них развита ликвация и они содержат сравнительно большое количество неметаллических включений.

С повышением условного номера марки стали возрастает предел прочности (sв) и текучести (s0.2) и снижается пластичность (d,y). Ст3сп имеет sв=380¸490МПа, s0.2=210¸250МПа, d=25¸22%.

Из сталей обыкновенного качества изготовляют горячекатаный рядовой прокат: балки, швеллеры, уголки, прутки, а также листы, трубы и поковки. Стали в состоянии поставки широко применяют в строительстве для сварных, клепанных и болтовых конструкций.

С повышением содержания в стали углерода свариваемость ухудшается. Поэтому стали Ст5 и Ст6 с более высоким содержанием углерода применяют для элементов строительных конструкций, не подвергаемых сварке.

Качественные углеродистые стали выплавляют с соблюдением более строгих условий в отношении состава шихты и ведения плавки и разливки. Содержание S<=0.04%, P<=0.035¸0.04%, а также меньшее содержание неметаллических включений.

Качественные углеродистые стали маркируют цифрами 08, 10, 15,…, 85, которые указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Низкоуглеродистые стали (C<0.25%) 05кп, 08, 07кп, 10, 10кп обладают высокой прочностью и высокой пластичностью. sв=330¸340МПа, s0.2=230¸280МПа, d=33¸31%.

Стали без термической обработки используют для малонагруженных деталей, ответственных сварных конструкций, а также для деталей машин, упрочняемых цементацией.

Среднеуглеродистые стали (0.3-0.5% C) 30, 35,…, 55 применяют после нормализации, улучшения и поверхностной закалки для самых разнообразных деталей во всех отраслях промышленности. Эти стали по сравнению с низкоуглеродистыми имеют более высокую прочность при более низкой пластичности (sв=500¸600МПа, s0.2=300¸360МПа,d =21¸16%). В связи с этим их следует применять для изготовления небольших деталей или более крупных, но не требующих сквозной прокаливаемости.

Стали с высоким содержанием углерода (0.6-0.85% C) 60, 65,…, 85 обладают высокой прочностью, износостойкостью и упругими свойствами. Из этих сталей изготавливают пружины и рессоры, шпиндели, замковые шайбы, прокатные валки и т.д.

Легированные конструкционные стали

Легированные стали широко применяют в тракторном и сельскохозяйственном

машиностроении, в автомобильной промышленности, тяжелом и транспортном машиностроении в меньшей степени в станкостроении, инструментальной и других видах промышленности. Это стали применяют для тяжело нагруженных металлоконструкций.

Стали, в которых суммарное количество содержание легирующих элементов не превышает 2.5%, относятся к низколегированным, содержащие 2.5-10% - к легированным, и более 10% к высоколегированным (содержание железа более 45%).

Наиболее широкое применение в строительстве получили низколегированные стали, а в машиностроении - легированные стали.

Легированные конструкционные стали маркируют цифрами и буквами. Двухзначные цифры, приводимые в начале марки, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буквы справа от цифры обозначают легирующий элемент. Пример, сталь 12Х2Н4А содержит 0.12% C, 2% Cr, 4% Ni и относится к высококачественным, на что указывает в конце марки буква ²А².

Строительные низколегированные стали

Низко легированными называют стали, содержащие не более 0.22% C и сравнительно небольшое количество недефицитных легирующих элементов: до 1.8% Mn, до 1,2% Si, до 0,8% Cr и другие.

К этим сталям относятся стали 09Г2, 09ГС, 17ГС, 10Г2С1, 14Г2, 15ХСНД, 10ХНДП и многие другие. Стали в виде листов, сортового фасонного проката применяют в строительстве и машиностроении для сварных конструкций, в основном без дополнительной термической обработки. Низколегированные низкоуглеродистые стали хорошо свариваются.

Для изготовления труб большого диаметра применяют сталь 17ГС (s0.2=360МПа,

sв=520МПа).

Арматурные стали

Для армирования железобетонных конструкций применяют углеродистую или низкоуглеродистую сталь в виде гладких или периодического профиля стержней.

Сталь Ст5сп2 - sв=50МПа, s0.2=300МПа, d=19%.

Стали для холодной штамповки

Для обеспечения высокой штампуемости отношение sв/s0.2 стали должно быть 0.5-0.65 при у не менее 40%. Штампуемость стали тем хуже, чем больше в ней углерода. Кремний, повышая предел текучести, снижает штампуемость, особенно способность стали к вытяжке. Поэтому для холодной штамповки более широко используют холоднокатаные кипящие стали 08кп, 08Фкп (0.02-0.04% V) и 08Ю (0.02-0.07% Al).

Конструкционные (машиностроительные) цементируемые (нитроцементуемые) легированные стали

Для изготовления деталей, упрочняемых цементацией, применяют низкоуглеродистые (0.15-0.25% C) стали. Содержание легирующих элементов в сталях не должно быть слишком высоким, но должно обеспечить требуемую прокаливаемость поверхностного слоя и сердцевины.

Хромистые стали 15Х, 20Х предназначены для изготовления небольших изделий простой формы, цементируемых на глубину 1.0-1.5мм. Хромистые стали по сравнению с углеродистыми обладают более высокими прочностными свойствами при некоторой меньшей пластичности в сердцевине и лучшей прочности в цементируемом слое., чувствительна к перегреву, прокаливаемость невелика.

Сталь 20Х - sв=800МПа, s0.2=650МПа, d=11%, y=40%.

Хромованадиевые стали. Легирование хромистой стали ванадием (0.1-0.2%) улучшает механические свойства (сталь 20ХФ). Кроме того, хромованадиевые стали менее склонны к перегреву. Используют только для изготовления сравнительно небольших деталей.

Хромоникелевые стали применяются для крупных деталей ответственного значения, испытывающих при эксплуатации значительные динамические нагрузки. Повышенная прочность, пластичность и вязкость сердцевины и цементированного слоя. Стали малочувствительны к перегреву при длительной цементации и не склонны к перенасыщению поверхностных слоев углеродом

Сталь 12Х2Н4А - sв=1150МПа, s0.2=950МПа, d=10%, y=50%.

Хромомарганцевые стали применяют во многих случаях вместо дорогих хромоникелевых. Однако они менее устойчивы к перегреву и имеют меньшую вязкость по сравнению с хромоникелевыми.

В автомобильной и тракторной промышленности, в станкостроении применяют стали 18ХГТ и 25ХГТ.

Сталь 25ХГМ - sв=1200МПв, s0.2=1100МПа, d=10%, y=45%.

Хромомарганцевоникелевые стали. Повышение прокаливаемости и прочности хромомарганцевых сталей достигается дополнительным легированием их никелем.

На ВАЗе широко применяют стали 20ХГНМ, 19ХГН и 14ХГН.

После цементации эти стали имеют высокие механические свойства.

Сталь 15ХГН2ТА - sв=950МПа, s0.2=750МПа, d=11%, y=55%.

Стали, легированные бором. Бор увеличивает прокаливаемость стали, делает сталь чувствительной к перегреву.

В промышленности для деталей, работающих в условиях износа при трении, применяют сталь 20ХГР, а также сталь 20ХГНР.

Сталь 20ХГНР - sв=1300МПа, s0.2=1200МПа, d=10%, y=09%.

Конструкционные (машиностроительные) улучшаемые легированные стали

Стали имеют высокий предел текучести, малую чувствительность к концентраторам напряжений, в изделиях, работающих при многократном приложении нагрузок, высокий предел выносливости и достаточный запас вязкости. Кроме того, улучшаемые стали обладают хорошей прокаливаемостью и малой чувствительностью к отпускной хрупкости.

При полной прокаливаемости сталь имеет лучшие механические свойства, особенно сопротивление хрупкому разрушению - низкий порог хладноломкости, высокое значение работы развития трещины КСТ и вязкость разрушения К1с.

Хромистые стали 30Х, 38Х, 40Х и 50Х применяют для средненагруженных деталей

небольших размеров. С увеличением содержания углерода возрастает прочность, но снижаются пластичность и вязкость. Прокаливаемость хромистых сталей невелика.

Сталь 30Х - sв=900МПа, s0.2=700МПа, d=12%, y=45%.

Хромомарганцевые стали. Совместное легирование хромом (0.9-1.2%) и марганцем (0.9-1.2%) позволяет получить стали с достаточно высокой прочностью и прокаливаемостью (40ХГ). Однако хромомарганцевые стали имеют пониженную вязкость, повышенный порог хладноломкости (от 20 до -60°С), склонность к отпускной хрупкости и росту зерна аустенита при нагреве.

Сталь 40ХГТР - sв=1000МПа, s0.2=800МПа, d=11%, y=45%.

Хромокремнемарганцевые стали. Высоким комплексом свойств обладают хромокремнемарганцевые стали (хромансил). Стали 20ХГС, 25ХГС и 30ХГС обладают высокой прочностью и хорошей свариваемостью. Стали хромансил применяют также в виде листов и труб для ответственных сварных конструкций (самолетостроение). Стали хромансил склонны к обратимой отпускной хрупкости и обезуглероживанию при нагреве.

Сталь 30ХГС - sв=1100МПа, s0.2=850МПа, d=10%, y=45%.

Хромоникелевые стали обладают высокой прокаливаемостью, хорошей прочностью и вязкостью. Они применяются для изготовления крупных изделий сложной конфигурации, работающих при динамических и вибрационных нагрузках.

Сталь 40ХН - sв=1000МПа, s0.2=800МПа, d=11%, y=45%.

Хромоникелемолибденовые стали. Хромоникелевые стали обладают склонностью к обратимой отпускной хрупкостью, для устранения которой многие детали небольших

размеров из этих сталей охлаждают после высокого отпуска в масле, а более крупные детали в воде для устранения этого дефекта стали дополнительно легируют молибденом (40ХН2МА) или вольфрамом.

Сталь 40ХН2МА - sв=1100МПа, s0.2=950МПа, d=12%, y=50%.

Хромоникелемолибденованадиевые стали обладают высокой прочностью, пластичностью и вязкостью и низким порогом хладноломкости. Этому способствует высокое содержание никеля. Недостатками сталей являются трудность их обработки резанием и большая склонность к образованию флокенов. Стали применяют для изготовления наиболее ответственных деталей турбин и компрессорных машин.

Сталь 38ХН3МФА - sв=1200МПа, s0.2=1100МПа, d=12%, y=50%.

Стали с повышенной обрабатываемостью резанием

Наиболее часто применяют автоматные стали А12, А20, А40, имеющие повышенное содержание серы (0.08-0.3%), фосфора (<=0.05%) и марганца (0.7-1.0%). Сталь 40Г содержит 1.2-1.55% Mn.

Фосфор, повышая твердость, прочность и охрапчивая сталь, способствует образованию ломкой стружки и получению высокого качества поверхности.

Стали обладают большой анизотропией механических свойств, склонны к хрупкому разрушению, имеют пониженный предел выносливости. Поэтому сернистые автоматные стали применяют лишь для изготовления неответственных изделий - преимущественно нормалей или метизов.

Мартенсито-стареющие высоко прочные стали

Широкое применение в технике получила высокопрочная мартенсито-стареющая сталь Н18К9М5Т (<=0.03% C, ~18% Ni, ~9% Co, ~5% Mo, ~0.6 Ti).

Кроме стали Н18К9М5Т нашли применение менее легированные мартенсито-стареющие стали: Н12К8М3Г2, Н10Х11М2Т (sв=1400¸1500МПа), Н12К8М4Г2, Н9Х12Д2ТБ (sв=1600¸1800МПа), KCU=0.35¸0.6 МДж/м2, s0.2=1800¸2000МПа. Мартенсито-стареющие стали имеют высокий предел упругости s0.002=1500МПа.

Мартенсито-стареющие стали применяют в авиационной промышленности, в ракетной технике, в судостроении, в приборостроении для упругих элементов, в криогенной технике и т.д. Эти стали дорогостоящие.

Высокопрочные стали с высокой пластичностью

(ТРИП- или ПНП-стали)

Метастабильные высокопрочные аустенитные стали называют ТРИП-сталями или ПНП-сталями. Эти стали содержат 8-14% Cr, 8-32% Ni, 0.5-2.5% Mn, 2-6% Mo, до 2% Si (30Х9Н8М4Г2С2 и 25Н25М4Г1).

Механические свойства ПНП-сталей: sв=1500¸1700МПа, s0.2=1400¸1550МПа, d=50¸60%. Характерным для это группы сталей является высокое значение вязкости разрушения и предела выносливости.

Широкому применению ПНП-сталей препятствует их высокая легированность, необходимость использования мощного оборудования для деформации при сравнительно низких температурах, трудность сварки. Эти стали используют для

изготовления высоконагруженных деталей, проволоки, тросов, крепежных деталей и др.

Рессорно-пружинные стали общего назначения

Рессорно-пружинные стали предназначены для изготовления пружин, упругих элементов и рессор различного назначения. Они должны обладать высоким сопротивлением малым пластическим деформациям, пределом выносливости и релаксационной стойкостью при достаточной пластичности и вязкости.

Для пружин малого сечения применяют углеродистые стали 65, 70,75, 85. Сталь 85 - s0.2=1100МПа, sв=1150МПа, d=8%, y=30%.

Более часто для изготовления пружин и рессор используют легированные стали.

Стали 60С2ХФА и 65С2ВА, имеющие высокую прокаливаемость, хорошую прочность и релаксационную стойкость применяют для изготовления крупных высоконагруженных пружин и рессор. Сталь 65С2ВА - s0.2=1700МПа, sв=1900МПа, d=5%, y=20%. Когда упругие элементы работают в условиях сильных динамических нагрузок, применяют сталь с никелем 60С2Н2А.

Для изготовления автомобильных рессор широко применяют сталь 50ХГА, которая по техническим свойствам превосходит кремнистые стали. Для клапанных пружин рекомендуется сталь 50ХФА, не склонная к перегреву и обезуглероживанию.

Шарикоподшипниковые стали

Для изготовления тел качения и подшипниковых колец небольших сечений обычно

используют высокоуглеродистую хромистую сталь ШХ15 (0.95-1.0% C и 1.3-1.65% Cr), а больших сечений - хромомарганцевую сталь ШХ15СГ (0.95-1.05% C, 0.9-1.2% Cr, 0.4-0.65% Si и 1.3-1.65% Mn), прокаливающуюся на большую глубину. Стали обладают высокой твердостью, износостойкостью и сопротивлением контактной усталости. К сталям предъявляются высокие требования по содержанию неметаллических включений, так как они вызывают преждевременное усталостное разрушение. Недопустима также карбидная неоднородность.

Для изготовления деталей подшипников качения, работающих при высоких динамических нагрузках, применяют цементуемые стали 20Х2Н4А и 18ХГТ. После газовой цементации, высокого отпуска, закалки и отпуска детали подшипника из стали 20Х2Н4А имеют на поверхности 58-62 HRC и в сердцевине 35-45 HRC.

Износостойкие стали

Для деталей, работающих на износ в условиях абразивного трения и высоких давлений и ударов, применяют высокомарганцевую литую аустенитную сталь 110Г13Л, содержащую 0.9-1.3% C и 11,5-14.5% Mn. Она обладает следующими механическими свойствами: s0.2=250¸350МПа, sв=800¸1000МПа, d=35¸45%, y=40¸50%.

Сталь 110Г13Л обладает высокой износостойкостью только при ударных нагрузках. При небольших ударных нагрузках в сочетании с абразивным изнашиванием либо при чистом абразивном изнашивании мартенситное превращение не протекает и износостойкость стали 110Г13Л невысокая.

Для изготовления лопастей гидротурбин и гидронасосов, судовых гребных винтов и других деталей, работающих в условиях изнашивания при кавитационной эрозии, применяют стали с нестабильным аустенитом 30Х10Г10, 0Х14АГ12 и 0Х14Г12М, испытывающим при эксплуатации частичное мартенситное превращение.

Коррозийно-стойкие и жаростойкие стали и сплавы

Жаростойкие стали и сплавы. Повышение окалиностойкости достигается введением в сталь главным образом хрома, а также алюминия или кремния, т. е. Элементов, находящихся в твердом растворе и образующих в процессе нагрева защитные пленки оксидов (Cr, Fe)2O3, (Al, Fe)2O3.

Для изготовления различного рода высокотемпературных установок , деталей печей и газовых турбин применяют жаростойкие ферритные (12Х17, 15Х25Т и др.) и аустенитные (20Х23Н13, 12Х25Н16Г7АР, 36Х18Н25С2 и др.) стали, обладающие жаропрочностью.

Сталь 12Х17 - sв=520МПа, s0.2=350МПа, d=30%, y=75%.

Коррозионно-стойкие стали устойчивы к электрохимической коррозии.

Стали 12Х13 и 20Х13 применяют для изготовления деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам (клапанов гидравлических прессов, предметов домашнего обихода), а также изделий, испытывающих действие слабо агрессивных сред (атмосферных осадков, водных растворов солей органических кислот).

Стали 30Х13 и 40Х13 используют для карбюраторных игл, пружин, хирургических инструментов и т. д.

Стали 15Х25Т и 15Х28 используют чаще без термической обработки для изготовления сварных деталей, работающих в более агрессивных средах и не подвергающихся действию ударных нагрузок, при температуре эксплуатации не ниже -20°С.

Сталь 12Х18Н10Т получила наибольшее распространение для работы в окислительных

средах (азотная кислота).

Сталь 12Х13 - sв=750МПа, s0.2=500МПа, d=20%, y=65%.

Коррозионно-стойкие сплавы на железоникелевой и никелевой основе. Сплав 04ХН40МДТЮ предназначен для работы при больших нагрузках в растворах серной кислоты.

Для изготовления аппаратуры, работающей в солянокислых средах, растворах серной и фосфорной кислоты, применяют никелевый сплав Н70МФ. Сплавы на основе Ni-Mo имеют высокое сопротивление коррозии в растворах азотной кислоты.

Для изготовления сварной аппаратуры, работающей в солянокислых средах, применяют сплав Н70МФ.

Наибольшее распространение получил сплав ХН65МВ для работы при повышенных температурах во влажном хлоре, солянокислых средах, хлоридах, смесях кислот и других агрессивных средах.

Сталь Н70МФ - sв=950МПа, s0.2=480МПа, d=50%.

Двухслойные стали нашли применение для деталей аппаратуры (корпусов аппаратов, днищ, фланцев, патрубков и др.), работающих в коррозионной среде. Эти стали состоят из основного слоя - низколегированной (09Г2, 16ГС, 12ХМ, 10ХГСНД) или углеродистой (Ст3) стали и коррозийно-стойкого плакирующего слоя толщиной 1-6мм из коррозийно-стойких сталей (08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 08Х13) или никелевых сплавов (ХН16МВ, Н70МФ).

Сталь ХН65МВ - sв=1000МПа, s0.2=600МПа, d=50%.

Криогенные стали

Криогенные стали обладают достаточной прочностью при нормальной температуре в сочетании с высоким сопротивлением хрупкому разрушению при низких температурах. К этим сталям нередко предъявляют требования высокой коррозийной стойкости. В качестве криогенных сталей применяют низкоуглеродистые никелевые стали и стали аустенитного класса, несклонные к хладноломкости. Для сварных конструкций, работающих при температуре до -196°С, используют стали с 6-7% Ni (ОН6А) и 8.5-9.5% Ni (ОН9А), обладающие низким порогом хладноломкости.

Из этих сталей изготовляют цилиндрические или сферические резервуары для хранения и транспортировки сжиженных газов при температуре не ниже -196°С.

Сталь 10Х14Г14Н4Т - sв=620МПа, s0.2=280МПа, d=45%, y=60%.

Жаропрочные стали и сплавы

Жаропрочными называют стали и сплавы, способные работать под напряжением при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Жаропрочные стали и сплавы применяют для изготовления многих деталей котлов, газовых турбин, реактивных двигателей, ракет и т. д., работающих при высоких температурах.

Жаропрочные стали благодаря невысокой стоимости широко применяются в высокотемпературной технике, их рабочая температура 500-750°С.

Механические свойства сталей перлитного класса (12К, 15К, 18К, 22К, 12Х1МФ): sв=360¸490МПа, s0.2=220¸280МПа, d=24¸19%. Чем больше в стали углерода, тем выше прочность и ниже пластичность.

Стали мартенситного и мартенсито-ферритного классов (15Х11МФ, 40Х9С2, 40Х10С2М) применяют для деталей и узлов газовых турбин и паросиловых установок.

Стали аустенитного класса (10Х18Н12Т, 08Х15Н24В4ТР, 09Х14Н18В2БР) предназначены для изготовления пароперегревателей и турбоприводов силовых установок высокого давления.

Жаропрочные сплавы на никелевой основе находят широкое применение в различных областях техники (авиационные двигатели, стационарные газовые турбины, химическое аппаратостроение и т. д.).

Часто используют сплав ХН70ВТЮ, обладающий хорошей жаропрочностью и достаточной пластичностью при 700-800°С.

Никелевые сплавы для повышения их жаростойкости подвергают алитированию.