



Раздел I. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Тема 1.6. Легированные стали и специальные сплавы

Занятие №2.

Учебные вопросы:

5. Конструкционные легированные стали, их свойства, марки и применение
6. Понятие об окалиностойкости и жаропрочности
7. Нержавеющие и жаропрочные стали
8. Сплавы для изготовления двигателей

5. Конструкционные легированные стали, их свойства, марки и применение

Марганцовистые стали

Марганцовистые стали **10Г2** и **12Г2А** обладают высокими пластическими свойствами, хорошо свариваются всеми видами сварки.

Применяются после нормализации для изготовления сварных и штампованных деталей.

12Г2А повышенной прочности имеет высокие пластические свойства, хорошо расклепывается, сваривается.

Применяется для изготовления заклепок ответственных деталей. Готовые заклепки подвергаются закалке и отпуску при 600—620°C.

10Г2 имеет плохие технологические свойства, подвергается термической обработке (закалке и отпуску), что придает ей повышенную прочность и упругость.

Применяется для изготовления пружин и упругих шайб под гайки.

Хромомарганцовистокремниевые стали (хромансиль)

Сталь **25ХГСА** обладает высокой прочностью, в отожженном состоянии имеет хорошую пластичность, удовлетворительно обрабатывается резанием, хорошо сваривается, особенно газовой сваркой.

Применяется для изготовления ответственных сварных и штампованных деталей.

Сталь **30ХГСА** имеет повышенные механические свойства, хорошо сваривается дуговой и удовлетворительно другими видами сварки. Нельзя допускать присутствия в одном термически обрабатываемом узле деталей из **25ХГСА** и **30ХГСА**, так как данные стали имеют различные режимы отпуска.

Применяется для изготовления сварных, штампованных, клепаных узлов, болтов, стоек шасси самолета, высоконагруженных стыковочных соединений, деталей турбореактивных двигателей.

Сталь **30ХГСНА** обладает высокой пластичностью, хорошо обрабатывается резанием, давлением, хорошо сваривается дуговой сваркой.

Применяется для изготовления деталей шасси, полок и поясов центроплана и крыла самолета, стыковочных соединений, болтов.

Хромистые стали

Сталь **ШХ15** — наиболее твердая, износоустойчивая.

Применяется для изготовления шариков, роликов и колец подшипников качения.



Сталь 38ХА имеет высокую прочность и вязкость, обладает хорошей прокаливаемостью.

Применяется для изготовления химически обрабатываемых деталей: втулок, стаканов, шестерен, болтов, шпилек, гаек и др.

Хромомолибденованадиевые стали

Сталь 35ХМФА обладает высокой прочностью.

Применяется в термически обработанном состоянии для изготовления деталей воздушных винтов, коленчатых валов маломощных двигателей и других деталей.

Хромованадиевые стали

Сталь 40ХФА имеет высокую прочность, небольшую прокаливаемость.

Применяется в термически обработанном состоянии для изготовления деталей воздушных винтов, кронштейнов, траверс, болтов, а также для изготовления деталей, подвергающихся азотированию.

Сталь 50ХФА имеет высокую прочность и высокий предел упругости.

Применяется для изготовления ответственных пружин (пружины загрузочного механизма управления вертолетом, самолетом; пружины клапанов газораспределения), замков поршневых пальцев, пружинных замков, стопорных колец и т. д.

Хромоникелевые стали

Сталь 12ХН3А имеет высокую прочность, хорошие технологические свойства.

Применяется для изготовления деталей, подвергающихся цементации и испытывающих повышенные напряжения и динамические нагрузки (шестерен, поршневых колец, распределительных и приводных валов, осей, роликов, зубчатых колес, редукторов).

Сталь 12Х2НЧА цементируется, имеет высокую прочность и вязкость, хорошие технологические свойства.

Применяется для изготовления ответственных деталей, испытывающих повышенные напряжения и динамические нагрузки (валов, шестерен, осей, соединительных втулок, сателлитов, поршневых пальцев и др.).

Сталь 37ХН3А не цементируется, имеет повышенные механические и хорошие технологические свойства.

Применяется для изготовления шестерен, шпилек, валов, болтов, гаек, верхних тарелок пружин клапанов и других деталей, не требующих цементации.

Хромоникелемолибденовые (вольфрамовые) стали

Сталь 18ХНВА имеет хорошие механические и технологические свойства.

Применяется для изготовления ответственных деталей (цементируемых и нецементируемых), испытывающих высокие напряжения и динамические нагрузки (коленчатых валов, валов редукторов, турбин и компрессоров, цапф, высоконагруженных болтов и шпилек, шатунов и т. д.).

Сталь 18Х2Н4ВА применяется для высоконагруженных ответственных деталей (несущих винтов вертолетов, ведущих валов редукторов двигателей, ответственных болтов и др.).

Сталь 40ХНМА имеет высокую прочность, хорошие технологические и механические свойства.

Применяется для изготовления деталей, испытывающих высокие напряжения и динамические нагрузки (валов, винтов, турбин и компрессоров турбовинтовых двигателей, дисков турбин и компрессоров, цапф и др.).



Сталь 33ХНЗМА применяется для изготовления нагруженных деталей турбореактивных двигателей, работающих при температурах до 450°C (дисков компрессора, цапф компрессора и др.).

Хромомолибденоалюминиевая сталь

Сталь 38ХМЮА применяется для изготовления гильз цилиндров, пальцев шатунов, зубчатых колес, форсуночных колец, корпуса задней опоры компрессоров турбореактивных двигателей и т. д.

6. Понятие об окалиностойкости и жаропрочности

Жаростойкость (окалиностойкость) — сопротивление металла окислению при высоких температурах.

Начальная стадия окисления — чисто химический процесс, однако, дальнейшее течение окисления — уже сложный процесс, заключающийся не только в химическом соединении кислорода и металла, но и диффузии атомов кислорода и металла через многофазный окисленный слой. При плотной плёнке скорость нарастания окалины определяется скоростью диффузии атомов сквозь толщину окалины, что в свою очередь зависит от температуры и строения окисной плёнки.

Повышение жаростойкости достигается главным образом введением в сталь хрома, а также алюминия и кремния, то есть элементов, находящихся в твёрдом растворе и образующих в процессе нагрева защитные плёнки оксидов.

Жаропрочность — способность конструкционных материалов работать под напряжением в условиях повышенных температур без заметной остаточной деформации и разрушения.

Для количественной оценки жаропрочности проводятся механические испытания на ползучесть и длительную прочность, из которых определяются такие характеристики как:

- *предел длительной прочности* — наибольшее механическое напряжение, которое выдерживает материал без разрушения при заданных температуре, длительности испытания и рабочей атмосфере;
- *предел ползучести* — напряжение, которое вызывает заданную скорость деформации за некоторое принятое время при данной температуре;
- *время до разрушения* при заданных напряжении, температуре и рабочей атмосфере.

7. Нержавеющие и жаропрочные стали

Коррозионностойкие (неражавеющие), окалиностойкие и жаропрочные стали (ГОСТ 5632—72)

Коррозионностойкой (или нержавеющей) называют сталь, обладающую высокой химической стойкостью в агрессивных средах. Легирование стали большим количеством хрома или хрома и никеля придает ей высокую сопротивляемость коррозии. При высоких температурах металлы и сплавы вступают во взаимодействие с окружающей газовой средой, что вызывает газовую коррозию (окисление) и разрушение материала. Для изготовления конструкций и деталей, работающих в условиях повышенной температуры (400—900°C) и окисления в газовой среде, применяют специальные жаростойкие (окалиностойкие) стали.

Жаростойкостью (или окалиностойкостью) называется способность материала противостоять коррозионному разрушению под действием, воздуха или других газовых сред при высоких температурах. Некоторые детали машин (двигателей внутреннего сгорания, паровых и газовых турбин, металлургического оборудования, реактивных двигателей и других) длительное время работают при больших нагрузках и высоких температурах (500—1100°C). Для изго-



товления таких деталей применяют жаропрочные стали. Жаропрочностью называют способность материала выдерживать механические нагрузки без существенных деформаций при высоких температурах.

Сталь X18H9 устойчива к окислению в воздушной среде при температуре до 850°C, а в атмосфере продуктов сгорания до 750°C. Для получения структуры однородного аустенита она подвергается закалке с 1100—1150°C, после чего становится более стойкой к коррозии и более пластичной, но имеет низкую прочность. Холодной деформацией удастся повысить предел ее прочности. Сталь поставляется в виде листов, труб, лент.

Применяется для изготовления деталей и элементов машин и летательных аппаратов из холоднокатаных листов или лент, соединяемых сваркой. Рабочие температуры не должны превышать 500°C.

Сталь 2X13H4Г9 (ЭИ100) содержит пониженное количество хрома и никеля, которые частично заменены марганцем.

Применяется для изготовления деталей, работающих при температуре не более 500°C (детали крыла и фюзеляжа, противопожарных перегородок, боковых створок капотов вертолета, полозья лыж и др.).

Сталь 12X18H9Т устойчива к окислению на воздухе. Длительный нагрев ее при 600—850°C в течение 100 ч не вызывает изменения прочности. Хорошо обрабатывается холодной обработкой давлением, хорошо сваривается всеми видами сварки.

Применяется для изготовления замков лопаток компрессора, сеток, деталей корпуса камер сгорания, кожухов рабочих форсунок, деталей соплового аппарата турбин, турбореактивных двигателей, выхлопных систем, кожухов трансмиссий, трубопроводов гидросистем и других деталей, работающих в условиях влажной среды и при высоких температурах.

Сталь 13X14HВФРА (ЭИ736) — окалиностойкая, имеет высокую прочность и достаточную пластичность, хорошо сваривается всеми видами сварки.

Применяется для изготовления лопаток спрямляющего аппарата компрессора.

Сталь 12X25H16Г7АР — нержавеющая окалиностойкая. Окалиностойкость у данной стали до 700—1200°C. После закалки имеет высокую пластичность при умеренной прочности, повышенную жаропрочность по сравнению с X18H9Т.

Сталь 12X18H10Т обладает высокой пластичностью после закалки, хорошо сваривается всеми видами сварки.

Применяется для изготовления деталей с повышенной коррозионной стойкостью (деталей крепления, элементов конструкций турбореактивных двигателей, втулок, фланцев, патрубков, деталей камер сгорания и т. д.).

Сталь ХН38ВТ (ЭИ703) содержит большое количество хрома и никеля, легирована титаном, вольфрамом и алюминием. Структура ее после закалки — аустенит. Хорошо обрабатывается давлением, хорошо сваривается аргоно-дуговой, дуговой и контактной сварками. Данная сталь имеет высокую окалиностойкость и жаропрочность.

Применяется для изготовления жаровых труб камер сгорания.

8. Сплавы для изготовления двигателей

Сплав ХН75МБТЮ (ЭИ602) имеет структуру твердого раствора на основе никеля. У него высокая пластичность, хорошо высаживается, штампуется в холодном состоянии, сваривается аргоно-дуговой и контактной сварками. Сплав устойчив против коробления и растрескивания.

Применяется для жаровых труб камер сгорания, работающих при 800—850°C.

Сплав ХН77ТЮР (ЭИ437Б) на основе никеля. Введение в сплав небольшого количества бора увеличивает его длительную прочность и пластичность при высоких температурах.



Сплав имеет высокий предел ползучести до 750°C и окалиностойкость до 900°C, высокое сопротивление усталости.

Применяется для изготовления лопаток сопловых аппаратов, лопаток турбин, соединительных валов, дисков турбин, колец корпуса турбин и деталей компрессора газотурбинных двигателей. Механические свойства зависят от режима термической обработки. Для данного сплава рекомендуется дробеструйная обработка с целью повышения жаропрочности. Лучшие результаты дает шлифование и полирование. Сплав ЭИ437Б хорошо сваривается электрошлаковой сваркой, хорошо обрабатывается резанием, хорошо штампуется.

Сплав ХН70ВМТЮ (ЭИ617) имеет структуру твердого раствора никеля, который упрочняется хромом, титаном, алюминием и тугоплавкими элементами. Взаимодействие этих компонентов придает сплаву высокую жаропрочность, окалиностойкость. Сплав проходит двойную закалку и старение. Обработка резанием его затруднена, давлением обрабатывается удовлетворительно.

Сплав применяется для изготовления рабочих лопаток газовых турбин, работающих при 850—900°C.

Сплав 4Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481) — структура аустенитная, упрочняется карбидами. Имеет высокую жаропрочность, выносливость, небольшой коэффициент линейного расширения, хорошую теплопроводность, хорошо обрабатывается давлением и резанием. Имеет хорошие литейные свойства.

Применяется для изготовления дисков, сопловых колец и крепежных деталей газовых турбин реактивных двигателей.