

## ЛЕКЦИЯ 10

**Стали. Углеродистые стали. Легированные стали. Инструментальные стали и твердые сплавы. Стали, устойчивые против коррозии. Высокопрочные стали. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы.**

### **1. Углеродистые и легированные конструкционные стали: назначение, термическая обработка, свойства**

Из углеродистых качественных конструкционных сталей производят прокат, поковки, калиброванную сталь, сталь—серебрянку, сортовую сталь, штамповки и слитки. Эти стали являются основным материалом для изготовления таких деталей машин, как валы, шпиндели, винты, гайки, упоры, тяги, цилиндры гидроприводов, звездочки цепных передач, т. е. деталей различной степени нагружения. Различные специальные виды термообработки углеродистых сталей проводятся с целью обеспечения необходимых параметров вязкости, упругости и твердости. В конечном итоге термическая обработка данных сталей и деталей приводит к увеличению их износостойкости и надежности. Углеродистые качественные конструкционные стали обладают более высокими механическими свойствами, чем стали обыкновенного качества, за счет меньшего содержания в них фосфора, серы и других неметаллических включений. По видам обработки углеродистые конструкционные стали подразделяются на горячекатаные, кованые, калиброванные и серебрянку (со специальной отделкой поверхности). В зависимости от состояния материала указанные стали выпускаются без термической обработки, термически обработанные (Т) и нагартованные (Н). В соответствии с назначением горячекатаная и кованая углеродистые конструкционные стали делятся на подгруппы: «а» – для горячей обработки давлением; «б» – для механической обработки резанием на станках; «в» – для холодного волочения.

**Легированными** называют стали, которые, кроме обычных примесей (марганца, кремния, серы и фосфора), содержат ряд элементов, специально вводимых в сталь при ее выплавке для получения заданных свойств. Эти элементы называют **легирующими**. В качестве легирующих элементов чаще всего применяют никель, хром, вольфрам, молибден, титан, ванадий, алюминий. Конструкционные легированные стали подразделяются на горячекатаную, кованую, калиброванную и сталь—серебрянку, применяемую в термически обработанном состоянии. Горячекатаная и кованая стали поставляются как в термически обработанном состоянии (отожженные, вы—сокоотпущенные, нормализованные или нормализованные с высоким отпуском), так и без термообработки, стали калиброванная и серебрянка – нагартованными или термически обработанными (отожженными,

отпущенными, нормализованными, закаленными с отпуском). Стандартом (ГОСТом) предусмотрен выпуск и изготовление 13 групп конструкционных легированных сталей, каждая из которых получила название по преобладающему в ней легирующему элементу. Например, хромистые легированные стали – 15X, 15Xа, 20X, 30X, 30XРА, 35X, 38XА, 40X, 45X, 50X; из этих сталей изготавливают детали, от которых наряду с высокой износостойкостью требуется минимальная деформация при термообработке, улучшенные и закаленные детали, работающие при средних скоростях и высоких удельных давлениях (шестерни, кольца, зубчатые рейки и т. д.), нагруженные детали автомобилей и тракторов, а также крупные детали, требующие высокой прокаливаемости и общей повышенной прочности.

## **2. Стали, устойчивые против коррозии**

**Стали, устойчивые против коррозии**, – это нержавеющие стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии и коррозии под напряжением. К этим сталям относятся следующие марки: 20X13 (2X13), 08X13 (0X13), 25X13Н2 (2X14Н2, ЭИ474). Они применяются для изготовления деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам (клапанов гидравлических прессов), деталей, работающих в слабоагрессивных средах (при атмосферных осадках, в водных растворах солей, органических кислот); высокая коррозионная стойкость обеспечивается после термической обработки и полировки.

Сталь марки 14X14Н12 (1X17Н2, ЭИ268) применяется в основном в химической и авиационной промышленности; обладает достаточно удовлетворительными технологическими свойствами.

Сталь марки 15X25Т (X25Т, ЭИ439) применяется в производстве теплообменной аппаратуры (труб, соединительных фланцев, вентилях, кранов), работающей в агрессивных средах; используется в качестве заменителя стали марки 12X18М10Т при изготовлении сварных конструкций, работающих в более агрессивных средах, чем среды, рекомендуемые для стали марки 08X17Т; не рекомендуется применение этой стали (15X25Т) при температурах +400–700 °С. 08X21Н6М2Т идет на изготовление деталей и сварных конструкций, работающих в средах повышенной агрессивности – уксуснокислых, сернокислых и фосфорнокислых; марки 10X17Н13М2Т, 10X17Н13М3Т используются для производства сварных конструкций, работающих в условиях действия кипящей фосфорной, серной и 10 %-ной уксусной кислот, а также в сернокислых средах.

В ряде узлов механизмов подшипники работают в агрессивных средах и при повышенных температурах. В этих узлах используется в основном коррозионно—стойкая сталь 95?18. Микроструктура коррозионно—стойкой стали 95 ? 18 – скры—тоигольчатый мартенсит и избыточные карбиды, а микроструктура аналогичной стали 11 ? 18 М – скрыто—и мелкокристаллический мартенсит и избыточные карбиды, но игольчатый мартенсит в стали 11 ? 18 М не допускается. В случае работы подшипников при температурах от —200 °С до +120 °С наилучший комплекс механических и антикоррозионных свойств используемых сталей имеет место при следующем режиме термической обработки: подогрев – до +350 °С, окончательный нагрев при +1070 °С ± 20 °С, закалка – в масле с температурой от +30 до +60 °С, обработка холодом – при —70 °С и отпуск – от +150 до +160 °С.

Как показала многолетняя практика применения в различных отраслях промышленности, коррозионная стойкость сталей зависит от многих факторов:

- 1) от используемых легирующих элементов – хрома, никеля, алюминия, титана, молибдена, их сочетаний и процентного содержания в сплавах; например высокими антикоррозионными свойствами обладают хромомолибде—новые и хромомолибденованадиевые стали марок 15ХМ, 20ХМ, 30ХЗМФ, 40ХМФА;
- 2) от термической или химико—термической обработки;
- 3) от качества обработки поверхности сталей и деталей, работающих в агрессивных средах («зеркальные» поверхности, как правило, более устойчивы к коррозии, чем шероховатые).

### **3. Жаропрочные стали и сплавы**

**Жаропрочные стали и сплавы** относятся к третьей группе высоколегированных сталей. Их микроструктура после термической обработки должна состоять из скрыто—и мелкоигольчатого мартенсита или мелкоигольчатого мартенсита и избыточных карбидов легирующих элементов (МоС, СгС, NiС и т. д.).

К жаропрочным сталям и сплавам относятся:

- 1) 40Х9С2. Применяется для изготовления клапанов моторов и крепежных деталей, работающих в условиях высоких температур – около +1000 °С;
- 2) Х1560–Н. Используется для изготовления нагревательных элементов (рабочая температура нагревательных элементов +1000–1300 °С);

3) Х20Н80, Х20Н80–ВИ (выплавляется вакуумно—индук—ционных способом);

4) Х15Н60–Н—ВИ, Н50К10, Х13Ю4, ОХ23Ю5, ОХ23Ю5А, Ох27Ю5А. Из этих сплавов изготавливают термодатчики и термочувствительные элементы, проволоку и ленту для нагревательных печей, электрических аппаратов теплового действия, микропроволоку для резисторов неответственного назначения; указанные сплавы работают в интервале от +1000 до +1300 °С.

**К жаропрочным сталям и сплавам** относятся также следующие марки:

1) ХН60Ю. Применяется для изготовления деталей турбин (из листового проката), работающих при умеренных напряжениях, а также для нагревательных приборов сопротивления;

2) 20Х23Н18. Идет на изготовление деталей машин для химической и нефтяной промышленности, запорной арматуры для газопроводов, камер сгорания, а также для нагревательных приборов сопротивления;

3) 09Х16Н15МЗБ. Используется в производстве труб пароперегревателей и трубопроводов высокого давления;

4) 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 12Х18Н9Т. Применяются для изготовления деталей выхлопных систем и труб (из листового и сортового проката), сталь 12Х18Н12Т более стабильна при эксплуатации, чем сталь марки 12Х18Н10Т;

5) 40Х15Н7Г7Ф2МС. Идет на изготовление крепежных деталей, работающих при температуре +650 °С. Жаропрочность сталей и сплавов зависит от состава легирующих элементов, их сочетания и концентрации. ГОСТ 5632–72 рекомендует оптимальные интервалы температур, при которых детали, изготовленные из жаропрочных сталей и сплавов, обладают наибольшей надежностью в работе. Кроме того, в стандарте для каждой марки стали или сплава указаны температура начала интенсивного окисления и срок работы деталей из них – кратковременный, ограниченный, длительный и весьма длительный. За кратковременный срок работы условно принимают время службы детали до 100 ч, ограниченный – до 1000 ч, длительный – до 10 000 ч и весьма длительный – до 100 000 ч.

Жаропрочные сплавы бывают высоколегированными и прецизионными. Прецизионные сплавы характеризуются высокой чистотой компонентов, их точным соотношением. Маркировка прецизионных сплавов немного отличается от маркировки легированных сталей и сплавов. ГОСТ 10994–74 регламентирует химический состав, основные физические свойства и области применения каждого сплава. Выше были перечислены жаропрочные прецизионные сплавы и указаны области их применения – Н50К10, Х13Ю4, ОХ23Ю5, Х15Н60–Н и т. д.

#### **4. Инструментальные материалы: инструментальные и быстрорежущие стали**

**Инструментальные легированные стали** применяются для изготовления режущего и измерительного инструмента, а так же штампов. Стали, предназначенные для изготовления режущего инструмента (резцов, сверл, фрез и др.), должны обладать высокой твердостью (HRC I 62) и износостойкостью. Если обработка резанием выполняется в тяжелых условиях – большие скорости резания, обработка твердых металлов, большое сечение снимаемой стружки – то при этом затрачивается значительная механическая энергия, которая сопровождается сильным нагревом режущей кромки инструмента. Поэтому сталь, применяемая для изготовления инструмента, должна иметь высокую твердость и теплостойкость (или красностойкость). В сталях, используемых для изготовления штампов, должны сочетаться твердость и вязкость, а также термостойкость (способность сопротивляться резкому изменению температуры в виде устойчивости против появления трещин разгара).

**Инструментальные легированные стали** содержат карбидо—образующие элементы: хром, вольфрам, молибден, марганец, ванадий. Эти стали имеют меньшую скорость охлаждения при закалке, за счет чего уменьшается опасность образования трещин, деформации и коробления.

Сталь поставляется горячекатаной, ковальной, калиброванной и шлифованной (серебрянка). Стандарт предусматривает две группы и пять подгрупп инструментальных легированных сталей. Содержание как серы, так и фосфора в них не должно превышать 0,03 %, а содержание серы в стали, полученной методом электрошлакового переплава, не должно быть выше 0,015 %. Стали для режущего и измерительного инструмента изготавливаются с неглубокой (7ХФ, 8ХФ 11ХФ) и с глубокой прокаливаемостью (9Х1, Х, 12Х1, 9ХС, 8ГС, 8Х6НФТ). Из этих сталей изготавливаются метчики плашки, сверла, фрезы, ножовочные полотна, калибры, шаблоны и т. д. Инструментальные быстрорежущие стали получили такое название потому, что изготовленные из них инструменты могут работать при больших скоростях резания, не теряя своих свойств. Замечательное свойство быстрорежущих сталей – высокая красностойкость, т. е. способность сохранять высокую твердость и режущую способность при нагревании до 600–650 °С. Красностойкость определяется в основном двумя факторами: химическим составом и термической обработкой. Быстрорежущие стали имеют сложный химический состав. Наиболее важным легирующим элементом их является вольфрам (6—18 %), а также ванадий (1–5 %). Кроме того, во все быстрорежущие стали входит хром (3–4,5 %), большая часть которого растворяется в кристаллической решетке железа. Для того чтобы придать быстрорежущим сталям высокие режущие свойства, их подвергают термической обработке по специальному режиму.

Стандартом предусмотрен выпуск 14 марок быстрорежущих сталей, которые условно подразделяются на две группы: первая группа – стали, не содержащие кобальта, вторая группа – стали, содержащие повышенное количество кобальта и ванадия. Марки быстрорежущих сталей – P18, P12, P9, P6M3, P9K5.