План лекции
Конструкционные материалы ПГ АЭС

- Выбор материала
- Классификация сталей
- Стали аустенитного класса
- Маркировка сталей
- Влияние элементов на свойства стали

Выбор материала

- Основной материал – сталь
- Выбор определяется условиями работы: давление, температура, механическая нагрузка, коррозионные процессы, свойства среды и т.д.
- Требования к материалам:
  - высокие механические свойства при заданном режиме работы (прочность, пластичность, циклическая прочность)
  - высокая коррозионная и эрозионная устойчивость
  - высокий к-т теплопроводности и малый к-т термического расширения
  - высокая радиационная стойкость
  - высокая технологичность (обработка резанием, свариваемость)
  - низкая стоимость

Классификация сталей

- Стали в энергомашиностроении - углеродистые и легированные стали
- Углеродистые – двухкомпонентные (железо и углерод)
- Легированные стали – трёх- и более компонентные (железо, углерод и легирующие элементы):
  - низколегированные - содержат до 2.5% легирующих элементов;
  - среднелегированные: - содержат до 10% легирующих добавок, но содержание каждой не должно превышать 5%;
  - высоколегированные: содержат более 5% любого из легирующих элементов либо более 10% всех легирующих добавок в сумме.
- Нержавеющие стали относятся к высоколегированным (содержат не менее 12% хрома). Устойчивость против эл/хим. коррозии - более 17% хрома.
- Нержавеющие стали делятся на классы:
  - мартенситные,
  - ферритные,
  - аустенитные,
  - а также смежные (аустенитно-ферритные и т.д.).

Аустенитные стали

- Аустенитные стали обладают наилучшими свойствами (высокие жаростойкость, жаропрочность, пластичность, технологичность). Трубки поверхности теплообмена ПГВ-1000 из нержавеющей стали аустенитного класса 08Х18Н10Т.
- Аустенитные стали содержат 17-23% Cr, 8-30% Ni и 0,02-0,25% C
- Аустенит - это твёрдый раствор углерода и легирующих элементов в γ-железе. Имеет гранецентрированную кубическую (ГЦК) структуру. Не магнитен. Устойчив при t > 723°C. При низких (комнатных) t переходит в перлит (смесь феррита и цементита).
- Структура аустенита сохраняется при низких температурах при высоком содержании в стали легирующего элемента (никель или марганец) не менее 8%.
- Стали с высоким содержанием Mn не нашли широкого применения в ПГ-строении.
- В аустенитных сталях хром обеспечивает жаростойкость и коррозионную стойкость, никель стабилизирует аустенитную структуру и повышает жаропрочность, пластичность и технологичность. Причем своих свойств такие стали не меняют при нагревании и остывании.
- Недостатками аустенитных сталей являются:
  - более низкий коэффициент теплопроводности по сравнению с углеродистыми сталями,
  - склонность к коррозионному растрескиванию в средах, содержащих хлориды, и в щелочных средах.
  - транскристаллитная коррозия под напряжением (корр. растрескивание под напряжением - КРН).

Маркировка сталей

- Углеродистые стали обычного качества обозначают ст.2, ст.3 и т.д., что соответствует определенным мех. свойствам и хим. составу.
- Высококачественные углеродистые трубные стали обозначают двумя цифрами (например: 10 и 20), что отражает среднее содержание углерода в них в сотых долях процента: например, сталь 20 содержит 0.17-0.25% углерода. Листовые стали аналогичного состава имеют букву К после цифры, например, сталь 15К.
- Легированные стали обозначают буквами и цифрами, причём буквы соответствуют определённым элементам, а цифры за буквами - среднее содержание этих элементов, превышающих 1%. Если <1% - цифра не ставится, если 1-2% - после буквы ставят цифру 1.
- Первые две цифры - среднее содержание углерода в сотых долях %
- Х – хром, Н – никель, Т – титан, С – кремний, Р – бор, М – молибден, Г- марганец, К – кобальт, Д – медь, Б – ниобий, Ц – цирконий, Ф – ванадий, Ю – алюминий, П – фосфор, В – вольфрам
- Примеры:
  - **08Х18Н10Т**: углерод<0.08%; Cr=17-19%; Ni=8-11%; Ti=0.7%.
  - **12Х1МФ**: C=0.10-0.15%, Cr=0.9-1.2%, Mo=0.25-0.35%, V=0.15-0.3%
  - **10ГН2МФА**: C=0.08-0.12%; Mn=0.8-1.1%; Ni=1,8-2,3%; Mo=0.4-0.7%; V=0.03-0.07%; (Cr<0.3%; Si=0.17-0.37%). А - высококачественная
- Лучше смотреть справочник

Влияние элементов на свойства сталей

- даже тысячная доля процента некоторых элементов заметно сказывается на свойствах стали
- Постоянные примеси сталей, остающиеся после их выплавки:
  - углерод влияет на механические св-ва: ☐ прочность, но ☐ пластичность и свариваемость, ☐ хрупкость. При высоких t лучше малое содержание С.
  - кремний и марганец вводятся для раскисления, остаются после плавки до 0.8%. ☐ прочность и жаростойкость
  - сера и фосфор - вредные примеси, ☐ хладноломкость
  - водород придает стали хрупкость (не более 0.001%)
  - азот влияет на процесс деформационного старения, (< 0.01%)
  - кислород ☐ корр. стойкость и ☐ хрупкость. (< 0.01%), раскисление
- Добавки к легированным сталям
  - хром ☐ жаростойкость (окалиностойкость)
  - никель - для получения аустенитной структуры (> 8-10%), ☐ прочность перлитных сталей, дорог
  - молибден ☐ длит. прочность и сопротивление ползучести, корр. стойкость,
  - вольфрам ☐ сопротивление ползучести, жаропрочность, дорог
  - ванадий ☐ жаропрочность, сопр. ползучести, макс. содержание 0,3%
  - ниобий ☐ жаропрочность, сопр. ползучести, длительную прочность, предупреждает развитие коррозии под напряжением (КРН) аust. сталей,
  - титан ☐ жаропрочность, сопр. ползучести, предупреждает развитие КРН аust. сталей
  - бор ☐ длительную прочность в сочетании с др. элементами

Материалы для конструкционных элементов ПГ

- Для поверхности теплообмена работоспособность определяется прежде всего коррозионной стойкостью. Низколегированная сталь годится по t и P, но не этому показателю. Поэтому основной материал - аустенитная нержавеющая сталь 08Х18Н10Т - для ПГВ, и инконель 690ТТ (14-17% хром, 9-10% железо, 0.5% - медь, остальное - никель) - для вертикальных ПГ
- Жидким металлам свойственно явление переноса массы (при высоких t растворяет легирующие компоненты стали, которые при низких t выпадают из раствора). При t до 600°С применяют хромомолибденовые стали (хром до 5%, молибден до 1%, и добавка - ванадий или ниобий), при t > 600°С - аустенитные нержавеющие. ПГН-200М на БН: испаритель - 10Х2М, ПП - аустенитная сталь
- Для конструкций большой толщины (корпусов, коллекторов и трубных досок) используют углеродистые стали 15К, 20К, низколегированные марганцовистые (16ГНМ), среднелегированные стали перлитного класса с никелем (10ГН2МФА), хромомолибденовые (18Х2М).
- Для повышения корр. стойкости могут плакироваться нержавеющей сталью или никелем. Плакировка проводится совместной прокаткой углеродистых или низколегированных сталей с тонкими листами защитных покрытий.
- Материал внутрикорпусных элементов, как правило, соответствует материалу поверхности теплообмена (определяется условиями работы)