
Морозова Елена Александровна
к. т. н., доцент, СамГТУ, Самара
Morozova Elena Alexandrovna,
Samara State Technical University

Кожин Матвей Дмитриевич
студент, СамГТУ, Самара
Kozhin Matvey Dmitrievich
Samara State Technical University

**ТЕПЛОСТОЙКИЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ,
НАИБОЛЕЕ ШИРОКО ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ
HEAT-RESISTANT STEELS AND ALLOYS,
MOST WIDELY USED IN THERMAL POWER ENGINEERING**

Аннотация: Статья посвящена анализу теплостойких сталей, применяемых при изготовлении узлов машин и механизмов в теплоэнергетике. Показана область применения углеродистых сталей, низко-, средне- и высоколегированных теплостойких сталей

Abstract: The article is devoted to the analysis of heat-resistant steels used in the manufacture of machine components and mechanisms in the thermal power industry. The scope of application of carbon steels, low-, medium- and high-alloy heat-resistant steels is shown.

Ключевые слова: теплоэнергетика, углеродистые стали, легированные теплостойкие стали.

Keywords: thermal power engineering, carbon steels, alloy heat-resistant steels.

С учетом основных условий в теплоэнергетике применяются в основном те материалы, которые выдерживают активные механические нагрузки при очень высоких температурах (до 600 °С и выше). Все стали и сплавы, предназначенные для эксплуатации в теплоэнергетике в тяжелых условиях, классифицируются на:

- теплостойкие;
- жаропрочные;
- жаростойкие;
- коррозионностойкие стали и сплавы.

Наибольший интерес с учетом эксплуатационных условий, представляют металлы и сплавы, работающие при высоких температурах. Так называемые теплостойкие стали, работающие в нагруженном состоянии при температуре до 600 °С.

Рассмотрим некоторые виды теплостойких сталей в зависимости от температуры эксплуатации.

Углеродистые стали. Так, для изготовления барабанов котлов низкого давления (рис. 1), работающих при сравнительно невысоких температурах (до 400 – 450 °С) и невысоких давлениях (до 6 МПа) используют **углеродистые стали** с разным содержанием углерода 15К, 16К, 18К, 20К и 22К [1].

Согласно требованиям ГОСТ 5520–2017 [2] в наименовании марок буква «К» означает назначение стали – для изготовления деталей и частей котлов и сосудов, работающих под давлением при повышенных температурах. Известно, что вышеназванные марки стали поставляются в виде листов, причем, если толщина листа от 4 до 60 мм используются стали 15К, 16К, 18К и 20К, рабочая толщина листа для стали 22К – 4 – 120 мм.

Основная термическая обработка углеродистых котельных сталей – улучшение (закалка с высоким отпуском), благодаря которому сохраняется стабильность структуры в течении длительного времени.



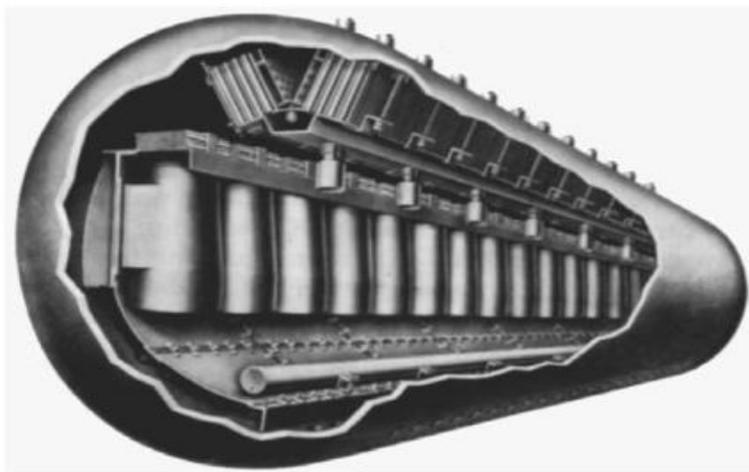


Рис.1 Барабан парового котла БКЗ 420-140

Низколегированные и среднелегированные теплостойкие стали предназначены для длительной эксплуатации при температуре 450 – 480 °С. К этой группе сталей относятся 16ГС, 09Г2С1, 10Г2С1, 12ХМ, 16ГНМА, 10Х2М, 12Х1МФ, 10ХСНД. Основная цель легирования – повышение прочности, которая происходит в основном за счет упрочнения феррита и образования мелкодисперсных карбидов. Однако, необходимо учитывать, что повышение прочности сопровождается уменьшением пластических свойств и ухудшением свариваемости. ГОСТ 5520–2017 содержит высокие требования по качеству сварных соединений для котлов, работающих при повышенных температурах и давлении. Назначение хрома и молибдена при данной группы сталей – повышение коррозионной стойкости в воде и насыщенном паре [1].

Указанные низко– и среднелегированные теплостойкие стали используются для изготовления паропроводов (рис. 2), где в основном применяется сталь перлитного класса 12Х1МФ. Для изготовления обечаек (рис. 3) и днищ барабанов котлов высокого давления – применяются листы большой толщины из стали 16ГНМА; пароперегревательные трубы также изготавливаются из названных марок сталей.



Р и с. 2. Паропровод 4MSK

Из списка упомянутых сталей наибольшее распространение получила хромомолибденованадиевая сталь 12Х1МФ. Ее используют для производства труб, рабочая температура стенок которых составляет 570–585 °С. Однако, как указывает автор [3], на этапе внедрения этой стали в некоторых партиях показатели ударной вязкости не достигали заявленных требований. Потребовалась продолжительная корректировка режима термообработки. Тем не менее, дефектные изделия встречаются и сейчас, что связано со



склонностью хромомолибденованадиевых сталей к отпускной хрупкости после нагрева в диапазоне 600–650 °С. Для устранения низкой ударной вязкости рекомендуется выполнять высокий отпуск с последующим воздушным охлаждением [1].



Р и с. 3. Раскатка обечайки парового котла

Теплостойкие высоколегированные стали применяются для изготовления дисков, валов, лопаток, уплотнительных втулок, клапанов, паровых турбин (рис. 4), эксплуатирующихся при температуре 450 – 600 °С. Стали данной группы обладают несколько большей жаростойкостью, при этом жаропрочность у них остается на уровне низко- и среднелегированных перлитных сталей.

Типичным представителем теплостойких высоколегированных сталей являются мартенситные стали (40X10C2M, 15X11MФ, 18X11MНФБ, 20X13) и мартенситно–ферритные стали (18X12ВМБФР, 14X17Н2 и 12X13). Содержание хрома в мартенситных сталях более низкое, повышение содержания хрома до 13 – 15 % и других ферритообразующих элементов при малом содержании углерода преобразуют мартенситные стали в мартенситно–ферритные.

Упрочнение этих сталей обеспечивается как выделением карбидов (Me_2C_6 и MeC), так и фаз Лавеса FeW . Гарантированные механические свойства углеродистых котельных сталей, теплостойких, низко-, средне- и высоколегированных более детально представлены в учебном пособии [4].



Р и с. 4 Автоматический стопорный клапан турбины



Таким образом, в работе представлены основные свойства и характеристики углеродистых, низко-, средне- и высоколегированных теплостойких сталей, наиболее широко применяемых в теплоэнергетике.

Список литературы:

1. Современные металлические материалы в ведущих отраслях хозяйственной деятельности: учебное пособие / Д.В. Закамов, Е.А. Морозова, В.С. Муратов.- Самара: Самар. гос. техн.ун-т, 2021.- 204 с.
2. ГОСТ 5520–2017. Прокат толстолистовой из нелегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия (с Поправкой). Дата введения 2018–10–01.
3. Матюнин В.М. Металловедение в теплоэнергетике: учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2019. – ISBN 978–5–383–01272–7. – Тест: электронный // ЭБС «Консультант студента».
4. Матюнин В.М. Металловедение в теплоэнергетике: учебное пособие для вузов.- М.: Изд. дом МЭИ, 2008.- 328 с.

