

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Лаева Константина Анатольевича «Влияние легирования и термической обработки на структуру и свойства коррозионностойких высокохромистых сталей мартенситного и супер мартенситного классов для изготовления труб нефтегазового сортамента», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Актуальность диссертации. Высокохромистые коррозионностойкие стали мартенситного класса являются важными и широко применяемыми материалами в нефтегазовой отрасли. Трубы, изготовленные из сталей данного класса, эксплуатируются на месторождениях в условиях воздействия морской воды, углекислого газа и отрицательных температур. В таких сложных условиях эксплуатации изделий необходимо использовать нержавеющие стали с оптимальной системой легирования, позволяющие обеспечить не только необходимый уровень механических свойств и коррозионную стойкость, но и по – возможности снизить их себестоимость.

В связи с этим диссертационная работа Лаева К. А. посвященная изучению влияния легирования и термической обработки на формирование структуры, фазового состава механических и коррозионных свойств высокохромистых сталей мартенситного класса является, безусловно, актуальной. Важно отметить, что данное направление включено в Программу научно – технического сотрудничества ПАО «Трубная металлургическая компания» и ПАО «Газпром» на 2015 – 2020гг.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов по работе. Работа изложена на 142 страницах, включая 60 рисунков, 22 таблицы и приложение. Библиографический список содержит 121 наименований.

Во введении изложена актуальность, степень разработанности темы, цель работы, научная новизна и практическая значимость, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор по среднеуглеродистым и низкоуглеродистым сталям мартенситного класса с 13% хрома, которые используются в трубной промышленности. Проанализированы литературные данные о влиянии легирующих элементов на структуру, фазовый состав, механизм упрочнения сталей данного класса различных производителей. Особое внимание уделено их коррозионной стойкости в среде углекислого газа и сероводорода. Рассмотрены режимы термической обработки для сталей мартенситного класса, содержащие 13% хрома.

Детально проанализированы результаты ряда исследователей о влиянии высоко – температурной термомеханической обработки (ВТМО) на повышение прочностных свойств, вязкости и сопротивлению хрупкому разрушению. При этом автор диссертации отмечает, что практически отсутствуют работы по влиянию ВТМО на структуру и свойства сталей

мартенситного класса с 13% хрома. Постановка задачи исследования логично вытекает из сделанного обзора литературы.

Во второй главе описаны материалы исследования, режимы термической обработки, методы исследования структуры, механических свойств и коррозионной стойкости исследуемых сталей.

В третьей главе изложены экспериментальные результаты по влиянию легирования и режимов термической обработки на механические и коррозионные свойства высокохромистых сталей мартенситного класса.

Показано, что сталь 20X13 после термообработки по различным режимам не обладает необходимым уровнем ударной вязкости при отрицательных температурах и поэтому не может быть рекомендована для производства труб группы прочности L8013 Cr, хотя и проявляет высокую стойкость к равномерной и питтинговой коррозии. Автором была предложена сталь, содержащая 13% хрома и 0,17–0,16% углерода и дополнительно легированная никелем 2%. На этой стали лабораторной и промышленной выплавки после закалки, нагрева в межкритический интервал температур и последующего отпуска были изучены структура и механические свойства. Показано, что сталь 15X13H2, по сравнению со сталью 20X13 имеет более высокие значения прочности, предела текучести и ударную вязкость при минус 60° С выше, чем требуют технические условия. Установлено, что стали 15X13H2 и 20X13 проявляют высокую стойкость к равномерной и питтинговой коррозии в среде, содержащей диоксид углерода. Исследовано влияние режимов термической обработки и дополнительного легирования другими элементами на прочностные и вязкопластические свойства высокохромистых сталей 10X13H2МФ и 05X13H3МФТ

На основании полученных экспериментальных результатов показано, что экономнолегированная сталь 10X13H2МФ, по сравнению со сталью 04X13H5M2Б имеет более высокую ударную вязкость при минус 60° С, предел прочности 950 МПа и предел текучести 870 МПа и может быть рекомендована для производства обсадных и насосно-компрессорных труб.

Четвертая глава посвящена изучению влияния высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) на механические свойства сталей с 13% хрома с различным содержанием углерода и легирующих элементов. Приведены экспериментальные результаты влияния ВТМО на ударную вязкость сталей 20X13, 15X13H2 и 02X13H4М. Показано, что ВТМО повышает ударную вязкость при наличии в структуре высокоотпущенных сталей областей интеркристаллитного разрушения. Установлено, что в стали 20X13 ВТМО ослабляет развитие обратимой отпускной хрупкости.

В пятой главе представлены результаты промышленного освоения обсадных труб из стали 15X13H2. Рекомендованы режимы термической обработки для получения требуемого комплекса механических свойств, что позволило на предприятии АО «ВТЗ» изготовить передельные трубы в хладостойком исполнении. Приведены результаты испытаний механических свойств промышленных партии труб и муфтовых заготовок.

В конце каждой из глав приведены краткие выводы. Далее сформулированы общие выводы и результаты работы.

Научная новизна и достоверность полученных результатов.

В качестве наиболее важных новых научных результатов работы, с моей точки зрения, можно указать следующие:

- Установлено, что снижение содержания углерода до 0,14–0,16% и легирование 2% никелем высокохромистых сталей с 13% хрома мартенситного класса обеспечивает высокие механические свойства и коррозионную стойкость.

- Определено положительное влияние на величину ударной вязкости и вязкопластические свойства закалки из межкритического интервала температур (МКИ) и последующего отпуска для сталей содержащих 13% хрома

- Показано, что проведение высокотемпературной термомеханической обработки для сталей мартенситного и супер мартенситного классов эффективно, если зафиксировано частичное интеркристаллитное разрушение. При транскристаллитном разрушении ВТМО не оказывает влияния на ударную вязкость.

Достоверность и обоснованность результатов работы подтверждается большим объемом экспериментальных данных полученных на сталях лабораторных и промышленных плавок, использованием современных методов исследования, включающих просвечивающую и растровую электронную микроскопию, рентгеноструктурный анализ и оценку коррозионной стойкости.

Полученные результаты хорошо согласуются с известными данными других исследователей.

Практическая значимость диссертационной работы.

Полученные в диссертационной работе экспериментальные результаты по оптимизации химического состава и режимов термической обработки высокохромистых сталей позволили рекомендовать сталь марки 15X13H2 для изготовления опытно – промышленной партией насосно-компрессорных труб в хладостойком исполнении для ПАО «Газпром».

Практическая значимость данной работы подтверждается актом о внедрении результатов исследования на предприятиях АО «ВТЗ», что позволило существенно снизить себестоимость производства передельных труб. Впервые в России разработаны технические условия на трубы и муфты из сталей мартенситного класса с 13% хрома для месторождения ПАО «Газпром»

Замечания по работе.

1. В диссертационной работе глава 3 исследованы 4 плавки стали 15X13H2 (1 лабораторной и 3 промышленной выплавки), которые незначительно отличаются по химическому составу. Однако свойства стали 15X13H2 плавок 2 и плавок 3 отличаются более заметно. Например, при одинаковых режимах термообработки для стали плавки 2 величина $\sigma_b = 819$

МПа, $KCV^{-60}=68$ Дж/см², а для стали плавки 3 величина $\sigma_B = 750$ МПа, $KCV^{-60}=150$ Дж/см². Неясно, почему при почти одинаковом химическом составе этих плавок различия в свойствах столь значительно (см. табл. 3.3 и рис. 3.12).

2. В структуре стали 02X13H5M2 после закалки и отпуска на 620⁰ С автор считает, что присутствует остаточный аустенит. На электронограммах рис.3.21 и 3.22 указаны рефлекс аустенита. Этот факт кажется сомнительным. Во – первых, температура A_{c1} для данной стали составляет 690⁰ С. Во – вторых, рефлекс показанный на рис. 3.22 по межплоскостному расстоянию не соответствует отражению (111)_A. На темнопольном изображении, как указывает автор полученным в этом рефлексе возможно в отражающем положении находится другая ориентировка мартенситных кристаллов.

3. Коррозионные свойства стали 15X13H2 исследованы на плавке 4. На рис.3.44 видно, что скорость коррозии этой стали, имеющей разный предел текучести, отличается более чем в 2 раза. В тексте диссертации не объяснены причины такого различия.

4. Твердость стали 05X13H3МФТ имеет минимальное значение после отпуска на 670⁰ С. Указано, что после отпуска на 620⁰ С выделение карбидов происходит в основном по границам зерен, при повышении температуры отпуска до 700⁰ С наблюдается их частичное растворение. При этом автор диссертации не объясняет с какими процессами связан минимум твердости при 670⁰ С.

5. В качестве пожелания, могу отметить, что более системный и тщательный анализ структуры исследуемых сталей после фазовых превращений позволит точнее разобраться с происходящими процессами и найти резервы повышения свойств.

6. Не понятен термин «супер мартенситная структура стали».

Отмеченные недостатки не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научной и практической значимости.

Заключение.

Содержание диссертации полностью соответствует формуле специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и п.2 и 3. паспорта специальности: «2. Теоретические экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях. 3- Теоретические и Экспериментальные исследования влияния структуры (типа, количества и характера распределения дефектов кристаллического строения) на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов и сплавов». Текст автореферата в достаточной мере отражает содержание диссертации. Полученные результаты соответствуют целям и задачам диссертационной работы и отражены в 5 публикациях автора в рецензируемых и включенных в перечень ВАК журналах. Диссертация Лаева К. А. является законченной научно-

квалификационной работой, в которой получены новые результаты в области металловедения и термической обработки сплавов, имеющие важное научно-практическое значение. Содержание работы соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленные пунктом 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации сентября 2013 г. №842.

Считаю, что Лаев Константин Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Доктор технических наук,
старший научный сотрудник.

Главный научный сотрудник
лаб. физического металловедения
ФГБУН Института физики металлов
им. М. Н. Михеева УрО РАН

620990, г. Екатеринбург,
ул. С. Ковалевской, 18
Тел. +7 (343) 378 – 34 - 36
e-mail: labmet@imp.uran.ru

Ирина Леонидовна Яковлева

Яковлева

14 06 2016



Подпись *Яковлева*
заверяю
Руководитель общего отдела
Лямина Н.Ф. Лямина
"14" 06 2016 г.