

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский
государственный
университет»
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)



УТВЕРЖДАЮ
научной работе и
деятельности, дэн,

С.М. Васин
» сентября 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
на диссертационную работу Масляковой Анастасии Алексеевны
«Влияние легирования и термической обработки на прочность и коррозионную стойкость сталей Fe-Mn-Si в CO₂-содержащих нефтепромысловых средах»,
представленную на соискание степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Среды современных нефтяных и газовых месторождений характеризуются наличием значительного количества агрессивных компонентов, таких как углекислый газ (CO₂), сероводород (H₂S), хлориды (Cl⁻), вода, бактериальная заражённость и др. Их наличие может служить причиной коррозионно-механического разрушения металла, что осложняет процесс эксплуатации нефтепромыслового оборудования.

В настоящее время коррозия металлических изделий в нефтегазодобывающей отрасли является основной причиной выхода из строя металлоконструкций и наносит значительные экономический и экологический ущербы.

Большинство месторождений Западной, Восточной Сибири, Поволжья и др. характеризуются наличием в транспортируемой среде повышенной концентрации CO₂. Проблема выхода из строя нефтепромыслового оборудования в результате углекислотной коррозии в настоящее время является актуальной и требует разработки мер по ее предотвращению.

Основной целью диссертационной работы Масляковой А.А. является повышение коррозионной стойкости бесшовных нефтепромысловых труб из широко применяемой марки стали 09Г2С системы легирования «Fe-Mn-Si» в CO₂-содержащих средах путем усовершенствования ее химического состава и последующей термической обработки.

В данной работе предложено использовать комплексное легирование стали, которое за счет синергетического эффекта позволяет заменить дорогостоящие легирующие элементы, повысить механические и коррозионные свойства. Предложен и обоснован усовершенствованный марочный состав стали 09Г2С с повышенной коррозионной стойкостью в CO₂-содержащей среде. Осуществлен выбор оптимального вида термической обработки стали усовершенствованного марочного состава,

обеспечивающего сталь необходимыми прочностными и коррозионными характеристиками.

На основании изложенного тема диссертационной работы Масляковой Анастасии Алексеевны «Влияние легирования и термической обработки на прочность и коррозионную стойкость сталей Fe-Mn-Si в CO₂-содержащих нефтепромысловых средах» является актуальной и имеет практическое значение.

СТРУКТУРА И ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы; сформулированы цель и задачи исследования; научная новизна и практическая ценность; приведены основные положения, выносимые на защиту; дана краткая характеристика работы.

В первой главе рассмотрены основные проблемы стойкости трубных сталей в условиях нефтепромысловых сред.

Рассмотрены основные виды и особенности коррозионного разрушения труб нефтяного сортамента в процессе эксплуатации. Представлены основные способы защиты материала труб от коррозии. Отмечается, что надежным и экономически целесообразным способом борьбы с коррозией при добыче и транспортировке нефти и газа в большинстве случаев является рациональное использование труб, изготовленных из низколегированных сталей повышенной коррозионной стойкости.

Во второй главе описаны объекты и методы исследования. В качестве материалов исследования выбраны широко используемые трубные стали 09Г2С и низколегированная – 13ХФА.

Выбор методов исследований обусловлен необходимостью получения полной и достоверной информации о влиянии химического состава и структурного состояния сталей на эксплуатационные свойства нефтепромысловых труб, что необходимо для решения в поставленной в работе задачи по разработке стали системы легирования «Fe-Mn-Si» с усовершенствованными химическим составом и режимами термообработки для обеспечения требуемых механических свойств и повышенной коррозионной стойкостью в среде, содержащей CO₂.

В третьей главе приведен анализ нормативно-технической документации материалов, применяемых в настоящее время нефтяными компаниями для производства бесшовных нефтепромысловых труб.

Рассмотрены технические требования ПАО «Газпром Нефть» и ПАО «НК «Роснефть», а также технические условия ПАО «ТМК» и ПАО «Группа ЧТПЗ». Для сравнения рассмотрен международный стандарт на нефтегазопроводные трубы – API Spec 5L.

Четвертая глава посвящена анализу причин и характера разрушения нефтепромысловых труб из широко используемых сталей – 13ХФА и 09Г2С в CO₂-содержащих средах.

Установлено, что характер разрушения труб из рассматриваемых марок стали идентичен, идет преимущественно по нижней образующей характеризуется наличием борозд и сквозных язв, что указывает на протекание процесса углекислотной коррозии.

Отмечается, что данный вид коррозионного разрушения начинается при значительно низком парциальном давлении углекислого газа 6500 – 10400 Па, по сравнению с парциальным давлением 50000 Па, указанным в действующих методических указаниях №П4-06 М-0111.

В пятой главе предложен и обоснован химический состав экспериментальной усовершенствованной марки стали, далее проведена его выплавка. Выплавка стали проводилась методом вакуумно-индукционного переплава в вакуумной печи в лабораторных условиях.

Проведено обоснование экономической эффективности применения экспериментальной стали для производства нефтепромысловых труб. Установлено, что приведенное в данной работе усовершенствование химического состава стали системы «Fe-Mn-Si» незначительно сказывается на цене экспериментального марочного состава.

Для экспериментальной марки стали рассмотрены два вида термической обработки, включающие закалку с двумя различными режимами охлаждения - в воду и раствор полимера и дальнейшим отпуском.

Экспериментально показано, что температура выдержки при отпуске, после закалки с охлаждением в воду, оказывает влияние на стойкость экспериментальной стали к общей коррозии в CO₂-содержащей среде. Минимальная скорость коррозии наблюдается после отпуска при 400 °C, которая на 12-17 % меньше, чем у базовой стали 09Г2С.

НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Установлено, что причиной развития язвенных поражений трубной стали системы легирования «Fe-Mn-Si» является углекислотная коррозия даже при низком парциальном значении CO₂.

2. Предложено использовать комплексное легирование стали, которое за счет синергетического эффекта позволяет заменить дорогостоящие легирующие элементы, снизить себестоимость стали, повысить механические и коррозионные свойства.

3. Установлено, что незначительные добавки хрома (0,4 масс %) и циркония (0,02 масс %), а также снижение концентрации углерода (до 0,06 масс %) и марганца (до 0,4 масс %) для сталей системы легирования «Fe-Mn-Si» позволяют получить материалы со стойкостью к общей коррозии в CO₂-содержащей среде на уровне материалов с содержанием Cr ~ 1% (системы легирования «Fe-Cr-V»). На основе этих результатов обоснован усовершенствованный марочный состав стали 09Г2С с повышенной коррозионной стойкостью в CO₂-содержащей среде.

4. Показано, что стойкость к общей коррозии в CO₂-содержащей среде

зависит также от вида термической обработки трубной стали. Осуществлен выбор оптимального вида термической обработки стали усовершенствованного марочного состава, обеспечивающего сталь необходимыми прочностными и коррозионными характеристиками.

ЗНАЧИМОСТЬ ДЛЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. На основании результатов проведенных исследований предложен усовершенствованный марочный состав стали 09Г2С, соответствующий требованиям действующих методических указаний №П4-06 М-0111 ПАО «НК «Роснефть», для производства бесшовных нефтепромысловых труб с повышенной стойкостью в СО₂-содержащих средах.

2. Для предложенного усовершенствованного марочного состава стали рассмотрены варианты режимов термической обработки и выбран оптимальный режим для производства бесшовных нефтепромысловых труб с повышенной стойкостью в СО₂-содержащей среде.

СООТВЕТСТВИЕ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ ТРЕБОВАНИЯМ ПАСПОРТА СПЕЦИАЛЬНОСТИ, ПО КОТОРОЙ ПРЕДСТАВЛЕНА РАБОТА

Полученные результаты в работе Масляковой А.А. соответствуют научным положениям диссертации. Положения и результаты диссертации обладают научной новизной и практической значимостью. Публикации имеют высокий уровень и полностью отражают основное содержание диссертации.

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение по пунктам 1, 3 и 9:

1. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий.

3. Разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.

9. Разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов в различных условиях эксплуатации.

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ, РЕКОМЕНДАЦИЙ, ЗАКЛЮЧЕНИЙ И ВЫВОДОВ

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, достаточно обоснованы и экспериментально проверены. Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы подтверждаются большим объемом экспериментальных данных, их корректной статистической обработкой, применением широкого спектра современного

экспериментального и исследовательского оборудования и глубоким многоуровневым анализом полученных результатов в полном соответствии с современными концепциями металловедения.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Предложенная экспериментальная усовершенствованная марка стали может служить материалом для производства бесшовных нефтепромысловых труб, работоспособных в СО₂-содержащих средах. Химический состав и механические свойства экспериментальной стали соответствуют требованиям действующих методических указаний № П4-06 М-0111 ПАО «НК «Роснефть».

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. В 5 разделе указывается, что выплавка экспериментальной стали проводилась методом вакуумно-индукционного переплава в вакуумной печи в лабораторных условиях, что соответствует достаточно жестким требованиям по максимально допустимому содержанию газов и малым допускам к химическому составу. Будет ли возможность получения такого же точного химического состава при выплавке в заводских условиях?
2. Во втором разделе для проведения сравнительного анализа коррозионной стойкости в СО₂-содержащих нефтепромысловых средах с экспериментальной сталью усовершенствованного состава в качестве материала сравнения выбрана только одна сталь - 13ХФА. Стали марок 13ХФЧА, 08ХМФА, 08ХМФБЧА, 15Х5МФБЧ, также обладающие повышенной коррозионной стойкостью и прочностью, в качестве эталона не рассматривались.
3. Не приведены результаты металлографического анализа экспериментальной стали после выплавки и прокатки.

Тем не менее, вышеприведенные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы.

ОБЩАЯ ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа Масляковой А.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой получены новые научные и практические результаты, решена актуальная задача для нефтепромыслового машиностроения.

Все разделы диссертационной работы взаимосвязаны и направлены на достижение поставленной цели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Масляковой А.А. представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, направленную на решение важной научной задачи материаловедения – повышение коррозионной стойкости бесшовных нефтепромысловых труб из широко применяемой марки стали 09Г2С системы легирования «Fe - Mn - Si» в СО₂-содержащих средах путем

усовершенствования ее химического состава и последующей термической обработки.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертационной работы.

Диссертационная работа Масляковой А.А. полностью соответствует требованиям, в том числе п. 9, предъявляемым к кандидатским диссертациям в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор – Маслякова Анастасия Алексеевна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Отзыв составлен и принят на основании анализа диссертации, автореферата и публикаций Масляковой А.А., обсуждения презентации доклада на расширенном заседании кафедры «Химия» с участием представителей кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет», протокол № 2 от 6 сентября 2022 года.

Даем согласие на обработку наших персональных данных.

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Химия»
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Пензенский государственный университет»
Специальность, по которой защищена диссертация
05.17.03 — Технология электрохимических процессов
Адрес: 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.
Телефон: (8412) 208-406, (8412) 66-60-01.
E-mail: pup@pnzgu.ru.

Перелыгин Юрий Петрович

Кандидат технических наук, доцент,
доцент, ученый секретарь кафедры «Химия»
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Пензенский государственный университет»
Специальность, по которой защищена диссертация
05.17.03 — Технология электрохимических процессов
Адрес: 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.
Телефон: (8412) 208-406, (8412) 66-60-01.
E-mail: defmaybe90@gmail.com.

Кольчугина Ирина Геннадиевна

Подписи Перелыгина Юрия Петровича и Кольчугиной Ирины Геннадиевны удостоверяю.
Ученый секретарь Ученого совета
Пензенского государственного
университета, к.т.н., доцент

О.С. Дорофеева

7 сентября 2022 г.

