

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Зырянова А.О.
«Исследование коррозионного разрушения насосно-компрессорных труб из стали 15Х5МФБЧ в высоко агрессивных нефтепромысловых средах и усовершенствование технологии термической обработки этих труб»
по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Актуальность работы. Изучению коррозионного разрушения конструкционных сталей в нефтепромысловых средах, в частности насосно-компрессорных труб (НКТ), традиционно уделяется повышенное внимание. Это позволило обеспечить стойкость к коррозии в средах с одним преобладающим механизмом коррозионного разрушения, включая сульфидное коррозионное растрескивание под напряжением (СКРН). Однако там, где действует несколько коррозионно-агрессивных компонентов, что приводит к различным механизмам коррозионного разрушения, удовлетворительных решений не найдено.

Нестабильность механических и коррозионных свойств базовых сталей 15Х5М и 15Х5МФБЧ, сложность технологии термической обработки, отсутствие надежного прогноза их работоспособности в среде с высокой агрессивностью ограничило использование этих сталей только производством опытных партий НКТ. Необходимы уточнение химического состава, обоснование выбора оптимального структурного состояния – на основе более глубоких представлений о механизмах, кинетике и взаимодействии происходящих коррозионных процессов, выяснения причин локализации и ускорения разрушения. Это и определило актуальность диссертационной работы.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

1. Обнаружено, что при длительном пребывании в CO_2 -содержащих средах на поверхности стали с 5% Cr под продуктами углекислотной коррозии образуется защитная пассивирующая плёнка, ограничивающая контакт металла с агрессивной средой.

2. Установлено что при превышении содержания ванадия в продуктах углекислотной коррозии (на порядок выше содержания в стали) повышается стойкость металла к углекислотной коррозии.

3. Показано, что при эксплуатации НКТ в скважинах с высоким содержанием CO_2 , H_2S и бактериальной заражённостью, в продуктах углекислотной коррозии возможно образование включений сульфидов железа, снижающих защитные свойства слоя.

4. Для уточненного состава стали 15X5МФБЧ построена термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита, на основе которой разработаны режимы термической обработки, обеспечивающие сочетание высоких механических свойств и коррозионной стойкости в агрессивных нефтепромысловых средах.

Достоверность полученных результатов. Подтверждается применением стандартизированных методов лабораторных испытаний и исследований сталей, воспроизводимостью и согласованностью анализируемых данных, использованием современных методов исследования и экспериментального оборудования.

В частности, следует отметить металлографический анализ с применением световой (микроскоп ME-2278 фирмы UNION и GX51 фирмы Olympus) и растровой электронной микроскопии (микроскоп INSPECT S фирмы FEI); локальный спектральный анализ с применением энергодисперсионного микрорентгеноспектрального анализатора EDAX и растрового электронного микроскопа (распределение элементов на поверхности и в сечениях продуктов коррозии); фазовый рентгеноструктурный анализ продуктов коррозии (рентгеновский дифрактометр ДРОН-3); лабораторные испытания на стойкость сталей к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением по стандарту NACE TM0177 (методы А, С и Д);

В необходимых случаях в частности для более глубокого понимания механизмов и кинетики развития коррозионных повреждений были

сопоставлены результаты лабораторного моделирования происходящих процессов и натуральных (промысловых) испытаний. В этой связи следует положительно отметить изменения внесенные автором в методику лабораторных испытаний на стойкость к углекислотной коррозии, что повысило надежность получаемых результатов; и разработку методики промысловых испытаний состояния НКТ в действующих скважинах, позволяющую использовать образцы сравнения в одной лифтовой колонне или в одной скважине, последовательно испытывать колонны из разных НКТ.

Полученные экспериментальные данные были сопоставлены с результатами, имеющимися в научно-технической литературе.

В целом, широкий спектр используемых в работе физических, методов исследований, механических испытаний, натурные испытания позволили автору глубоко и всесторонне изучить природу процессов коррозии в многокомпонентных нефтепромысловых средах, находя подтверждение теоретическим выводам широкомасштабными, систематическими экспериментальными результатами.

Степень обоснованности научных положений и выводов. Все сформулированные автором научные положения и выводы основываются на необходимом и достаточном объеме теоретических и экспериментальных данных.

В частности, достаточно глубоко проанализированы механизмы коррозии в высоко агрессивных нефтепромысловых средах (насыщенных CO_2 , H_2S и зараженных бактериями нефтяного биоценоза).

Широкий спектр исследуемых составов трубных сталей и их количество (12) позволили обоснованно подойти к оптимизации состава стали применимо к условиям работы НКТ, выявить закономерности влияния легирующих элементов на коррозию в различных средах

В целом, проведенный полный комплекс исследований обеспечил возможность максимально объективно обосновать сформулированные научные положения и выводы, качество предложенных рекомендаций.

Практическая значимость результатов работы. Практическая значимость:

- разработана методика промысловых испытаний и исследования патрубков НКТ, позволившая в составе одной лифтовой колонны или последовательной эксплуатацией колонн в одной скважине получить сравнительные результаты повреждаемости и работоспособности НКТ из разных марок сталей или с разным структурным состоянием;

- повышена наработка на отказ стали 15Х5МФБЧ (после оптимизации её состава и технологии обработки) с предложенной (в рамках промысловых испытаний): в 16 раз выше в средах с высоким содержанием CO_2 ; в 4,8 раз – в средах с высоким содержанием CO_2 и H_2S и бактериальной зараженностью, при комплексном воздействии углекислотной, сульфидной и бактериальной коррозии, по сравнению с НКТ из традиционно используемых сталей.

Замечания:

- сопоставление различий в однородности структур, проводимое в работе было бы полезно дополнить их количественными оценками на основе измерения геометрии отдельных элементов и их конфигурации в целом. Возможности современных цифровых средств регистрации изображений, программных продуктов позволяют реализовать такие измерительные процедуры в приемлемых масштабах времени;

- не вполне понятно, в какой мере используемая статистика наблюдений морфологии продуктов коррозии, например, 10 полей зрения на вариант (табл. 6, с. 70 диссертационной работы) адекватно отражает закономерности протекания коррозии в макромасштабах, особенно в тех случаях, где в базовом металле наблюдается развитая неоднородность структур;

- общая коррозионная направленность работы сказалась на формировании положений научной новизны, вследствие чего в стороне незаслуженно оказались некоторые результаты, в частности, это относится к п. 4 Практической значимости работы («Для уточненной по составу стали 15X5MФБЧ построена термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита...»), в первую очередь это все-таки новые знания о закономерностях превращения, и только потом, основа для их практического применения;

- экспериментальные результаты предпочтительнее давать в одной системе единиц измерений, например, рис.4.1, табл. 16 на с. 101 и с.102 диссертационной работы;

- в приложении А целесообразно было бы привести не только титульный лист методики промышленных испытаний, но и дать весь текст полностью.

В целом указанные недостатки не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе А.О. Зырянова

Заключение.

Диссертационная работа А.О. Зырянова является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные решения, направленные на повышение коррозионной стойкости изделий нефтепромыслового сортамента.

Результаты работы целесообразно использовать для углубления представлений о процессах коррозионного разрушения, что важно как с научной, так и с практической точек зрения. Структура диссертации логична, работа написана доступным языком и аккуратно оформлена.

Автореферат диссертации и публикации автора в т.ч. 4 статьи в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ (3 из которых в издании, индексируемом в базе данных SCOPUS), соответствуют содержанию диссертации и достаточно полно ее отражают.

В целом, диссертационная работа Зырянова Андрея Олеговича по своему теоретическому, методическому и экспериментальному уровню, объему работы, актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям "Положением о порядке присуждения ученых степеней" (в ред. Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Официальный оппонент,
профессор кафедры металловедения
и физики прочности
НИТУ "МИСиС", д.т.н.

А.В. Кудря

<http://misis.ru/spglnk/91b12131>
Москва, Ленинский пр-т, 4
AVKudrya@misis.ru

ПОДПИСЬ А.В. Кудря ЗАВЕРЯЮ
Проректор по безопасности
и общим вопросам
НИТУ "МИСиС" Исаев

