

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Грузкова Игоря Викторовича «Использование бейнитных структур в производстве труб нефтяного сортамента», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Высокая надежность, долговечность и работоспособность являются ключевыми требованиями для трубопроводных систем, используемых в добыче, переработке и поставке нефти и газа к потребителям. Вместе с тем разработка новых, более глубоких месторождений с повышенной концентрацией агрессивных составляющих (сероводород, хлориды, углекислый газ) вызывает необходимость создания новых трубных сталей с высокой эксплуатационной стойкостью в нефтепромысловых средах. К таким сталям можно отнести низкоуглеродистые стали со структурой речного бейнита, которые по сравнению с другими видами структур (мартенсит, сорбит, феррито-перлит) обладают наилучшим сочетанием высокой прочности, ударной вязкости, пластичности и коррозионной стойкости.

В связи с этим тема диссертационной работы Грузкова И.В., направленной на использование низкоуглеродистых бейнитных сталей с повышенными коррозионно-механическими и эксплуатационными характеристиками для производства труб нефтяного сортамента и выбора оптимальных составов и режимов их термической обработки, является несомненно актуальной.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И НАУЧНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

К научной новизне данной работы следует отнести проведенную сравнительную оценку коррозионно-механических повреждений на действующем нефтепроводе, в ходе которой установлено, что расположенные на границе раздела металл-продукты коррозии хлорид-ионы способствуют развитию ускоренного локального коррозионного разрушения нефтепромысловых труб. Показано, что коррозионные повреждения при локальной CO_2 -коррозии имеют сложную конфигурацию, образующую множество каналов, и классифицирующуюся как «червоточная» коррозия. Новым научным результатом является выявленная последовательность изменения структуры и коррозионно-механических свойств изученных бейнитных сталей с увеличением температуры отпуска, В частности, установлено, что нагрев до 200°C приводит к распаду тонких пластин непревращенного аустенита в речных бейнитных структурах. Впервые показано что

С отзывом ознакомлен 02.12.2024г. 

ФГБОУ ВО "СамГТУ"

"02" 12. 2024г.

температура отпуска низколегированных сталей с бейнитной структурой с содержанием углерода 0,05-0,14 % не оказывает влияния на стойкость к CO₂-коррозии.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Значимым практическим результатом диссертации является предложенная технология термической обработки изученных бейнитных сталей, включающая проведение однократной закалки с последующим средним отпуском. Данная технология существенно снижает затраты при производстве труб и позволяет повысить прочностные характеристики без снижения коррозионной стойкости. Для низколегированных сталей разработаны режимы термической обработки, позволяющие получить обсадные трубы класса прочности K55 и нефтегазопроводные трубы группы прочности K60. Практическая значимость диссертационной работы подтверждается наличием Акта внедрения (использования) ее результатов в ООО «ИТ-Сервис» (г. Самара).

ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе результатов определяются всесторонним подходом к решаемым задачам, использованием современного научного оборудования, хорошо апробированных стандартных и специализированных методик, а также согласованностью полученных диссертантом результатов с уже известными экспериментальными данными других ученых. Результаты диссертационного исследования были доложены на российских и международных научных конференциях, а также были опубликованы в ряде авторитетных научных изданий, включая 6 журналов из списка ВАК РФ.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и списка литературных источников из 146 наименований. Исследовательская работа содержит 120 страниц основного текста, 48 рисунков, 13 таблиц и 1 приложение.

Во введении. Обоснована актуальность темы диссертации, определены ее цель и задачи, выделена научная новизна и практическая значимость диссертационного исследования, перечислены и систематизированы ключевые положения работы, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации работы, публикациях и объеме диссертационного исследования.

В первой главе. Проведен аналитический обзор литературы по тематике диссертации. Изложены представления о классификации бейнитных структур, механизмах

и кинетике коррозионного повреждения трубопровода, а также основных видах коррозии трубных сталей в агрессивных нефтепромысловых средах. Показано, что применение низкоуглеродистых сталей с бейнитной закаливаемостью для производства труб для нефтегазодобычи обеспечивает наиболее высокий комплекс прочностных характеристик и показателей пластичности. Вместе с тем, широкое внедрение бейнитных сталей при изготовлении оборудования для нефтегазовой отрасли требует более глубокого понимания принципов формирования их структурного состояния и коррозионно-механических свойств. В настоящее время исследования, касающиеся изменения структуры, механических свойств и, в особенности, коррозионной стойкости низкоуглеродистых сталей с речным бейнитом с увеличением температуры отпуска, носят очень ограниченный характер.

Во второй главе. Определены основные объекты исследования — низкоуглеродистые низколегированные бейнитные стали 05ХГБ, 08ХФА, 08ХМФА, 13ХФА, 05ХГБ и 09Г2С которые используются для производства нефтегазопроводных труб. Подробно описаны использованные в работе взаимно дополняющие друг друга разнообразные методы исследования и испытаний (растровая и просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, внутреннее трение, механические и коррозионно-механические испытания). Выбор указанных методов обусловлен необходимостью получения комплексных данных о взаимосвязи между структурным состоянием, механическими свойствами и коррозионной стойкостью низкоуглеродистых бейнитных сталей в нефтедобывающих средах.

В третьей главе. Представлены данные опытно-промысловых испытаний длительностью 2 года нефтегазопроводных труб из сталей 08ХМФА, 13ХФА и 09Г2С на расположенном в Западной Сибири действующем нефтепроводе, среды которого характеризуются высокой агрессивностью. Установлено негативное влияние хлорид-ионов, проявляющиеся в областях скопления на границе металл-продукты коррозии, способствующее ускоренному коррозионному разрушению. Выявлены особенности коррозионных повреждений, возникающих в результате локальной углекислотной коррозии и обладающих сложной объемной структурой. Показано, что наименьшую стойкость к углекислотной коррозии в средах, содержащих хлорид-ионы, имеет сталь 09Г2С, а наибольшую сталь 08ХМФА.

В четвертой главе. На примере стали 08ХФА представлены и проанализированы результаты исследования эволюции микроструктуры, механических характеристик и коррозионной стойкости речного бейнита в широком диапазоне температур отпуска (200-730°C).

Диссертантом на основе полученных методами электронной микроскопии и внутреннего трения данных показано, что распад прослоек остаточного аустенита в бейнитной структуре наблюдается при низкой температуре отпуска (200°C) и подвижность углерода играет ключевую роль в кинетике данного процесса. Прочностные характеристики речного бескарбидного бейнита остаются практически неизменными при температурах отпуска до 400°C . Снижение прочности начинается при температуре отпуска выше 600°C и связано с активизацией процессов рекристаллизации. Отпуск при температурах 700 и 730°C за счет развития процесса собирательной рекристаллизации при повышении относительного удлинения приводит к резкому снижению прочностных свойств стали.

В пятой главе. Приведены и обобщены для всего класса изученных низкоуглеродистых сталей с бейнитной закаливаемостью сравнительные результаты по выявлению взаимосвязи между морфологией структурных составляющих и коррозионно-механическими характеристиками.

Разработаны режимы термической обработки для сталей 08ХФА, 08ХМФА и 05ХГБ, которые позволяют получать нефтегазопроводные трубы группы прочности К60 с повышенной коррозионной стойкостью. Для производства обсадных труб класса прочности К55 рекомендуется использовать следующие режимы термической обработки: закалка в воду при температуре 900°C (для стали 05ХГБ); закалка $830-860^{\circ}\text{C}$ + отпуск $500-550^{\circ}\text{C}$ (для стали 08ХМФА). К достоинствам этой части работы можно отнести представленные информативные результаты сравнительных испытаний бейнитных сталей на сульфидное коррозионное растрескивание под напряжением и на статическую трещиностойкость в условиях коррозии под напряжением.

В заключении. Сделаны выводы и представлены основные научные и практические результаты диссертационной работы. Выводы, сформулированные автором, отражают результаты его собственных исследований и соответствуют ранее поставленным задачам.

СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАБОТЫ УКАЗАННОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Тема диссертационной работы и ее содержание полностью соответствуют паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение, отрасль науки – технические науки, пунктам №2, 3, 4, 5, 10:

п.2. – «Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах».

п.3. – «Разработка научных основ выбора металлических, неметаллических и композиционных материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации деталей, изделий, машин и конструкций».

п.4. – «Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, биомедицинскими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой».

п.5. – «Установление закономерностей и критериев оценки разрушения металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий от действия механических нагрузок и внешней среды».

п.10. – «Разработка способов повышения коррозионной стойкости металлических, неметаллических и композиционных материалов в различных условиях эксплуатации».

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. В сведениях о публикациях в автореферате отмечается, что результаты диссертации опубликованы в 13 печатных работах. Однако фактически в автореферате приведено только 6 печатных работ.

2. Не совсем корректно сравнивать коррозионную стойкость при промышленных испытаниях стали 09Г2С после нормализации и сталей 13ХФА и 08ХМФА после полной закалки и закалки из межкритического интервала температур с последующим высоким отпуском.

3. Стилистически неудачно использование в работе термина «бейнит» во множественном числе («морфология, прочность и пластичность бейнитов»). Ведь никто не говорит о морфологии и прочности мартенситов или ферритов.

4. Не ясно, на основании чего сочетание прочностных и пластических свойств оценивалось по разнице между значениями σ_b и σ_T и почему при этом использовалась характеристика σ_T , а не более распространенная $\sigma_{0,2}$ (условный предел текучести)?

5. Диссертантом утверждается, что исследуемые стали 05ХГБ, 08ХФА, 08ХМФА в закаленном состоянии имеют структуру бескарбидного бейнита. Однако известно, что в бескарбидном бейните почти весь углерод должен находиться в остаточном аустените, но только кремний и алюминий в составе сталей способствуют обогащению углеродом остаточного аустенита. Кроме того, содержание остаточного аустенита незначительно и, в частности, для стали 08ХФА составляет менее 1 %. Поэтому наличие бескарбидного

бейнита в структуре исследуемых сталей не очевидно. Скорее всего, при закалке в них формируется структура нижнего бейнита или мартенсита.

6. В методическом разделе не указано количество идентичных образцов при проведении механических испытаний и разброс полученных данных.

Высказанные замечания не снижают ценности и общей положительной оценки диссертации Грузкова Игоря Викторовича.

ОФОРМЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация подготовлена в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии по проверке кандидатских диссертаций и ГОСТ Р 7.0.11 – 2011. Содержание диссертационной работы представлено на высоком научном уровне, а ее основные положения и выводы убедительно аргументированы. Работа написана грамотным научно-техническим языком и снабжена качественным иллюстративным материалом. В тексте имеются только отдельные стилистические неточности и ошибки (стр.51, стр.97, стр. 120). Автореферат соответствует содержанию диссертации, отражает ее основные положения и выводы, дает представление об актуальности темы исследования, цели и задачах, предмете и объекте исследования, научной новизне и практической значимости работы.

ПУБЛИКАЦИИ ПО РАБОТЕ

Основное содержание диссертации в полной мере отражено в 13 печатных работах, в том числе в 6 статьях в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, включая 2 статьи в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus. Использование в диссертации материалов других авторов указано в библиографическом списке, а справочные источники приведены в тексте диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Грузкова Игоря Викторовича на тему «Использование бейнитных структур в производстве труб нефтяного сортамента» является законченной научной квалификационной работой, в которой решена имеющая важное хозяйственное значение научная проблема выбора химического состава и оптимальных режимов термической обработки перспективных низколегированных сталей с бейнитной структурой для обеспечения высоких коррозионно-механических свойств и эксплуатационной стойкости нефтепромысловых трубопроводов.

Из вышеизложенного следует, что рассматриваемая работа соответствует всем требованиям ВАК, в том числе п. 9, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09. 2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024 г.).

Содержание диссертационной работы полностью соответствуют паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение. Автор работы, **Грузков Игорь Викторович**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

На обработку персональных данных, связанных с защитой диссертационной работы Грузкова Игоря Викторовича, согласен.

Официальный оппонент,

Заведующий лабораторией деформирования и разрушения

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова» Уральского отделения Российской академии наук, 620049, Россия, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34

Доктор технических наук по специальности

05.02.01 – Материаловедение (машиностроение), технические науки,

доцент, главный научный сотрудник,

Электронная почта: gsv@imach.uran.ru

Тел.: 8 (343) 362-42-17

Гладковский Сергей Викторович

26 ноября 2024 г.

Подпись Гладковского С.В. заверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова» Уральского отделения Российской академии наук ИМАШ УрО РАН, кандидат физико-математических наук



В.В. Привалова