

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, *Бобковой Татьяны Игоревны* на диссертацию *Азарова Владимира Александровича* на тему: «Разработка технологии повышения адгезионной прочности гладкостного хладостойкого фторопластового покрытия магистральных газопроводов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

ОТЗЫВ

ВХ.03-417 от 02.10.21
АУ УС

1. Актуальность темы диссертации

В нефтегазовой отрасли, в том числе при разработке новых месторождений природного газа в зонах Крайнего Севера и Арктики, широко применяются технологии нанесения внутренних гладкостных покрытий для повышения пропускной способности газопроводов и снижения гидравлических сопротивлений, что позволяет существенно снизить эксплуатационные затраты на функционирование транспортной системы. В качестве внутренних гладкостных покрытий магистральных газопроводов применяют покрытия на основе эпоксидных составов, в том числе фото- и термореактивных, армированных наночастицами алюминия, ильменит/меламиновыми частицами, наночастицами графена и оксидом графена; покрытия на основе акрилатов; металлические и металлокомпозитные покрытия; покрытия на неорганической полимерной основе из полифосфата бария. Внутреннее гладкостное покрытие, должно сочетать в себе высокие защитные и антифрикционные свойства и обладать низким коэффициентом эквивалентной шероховатости для обеспечения высокой эффективности и надёжности эксплуатации магистрального газопровода. Таким образом, разработка технологии повышения адгезионной прочности покрытий является весьма актуальной задачей современного материаловедения. Решение, предложенное Азаровым Владимиром Александровичем, заключающееся в применении лазерной обработки с последующим нанесением промежуточного адгезионного подслоя, обеспечит создание упорядоченной морфологии поверхности и формирование требуемого комплекса физико-механических свойств внутренних гладкостных хладостойких фторопластовых покрытий.

2. Научная новизна диссертации

Идея работы заключается в подготовке поверхности стальных изделий, включающей операции предварительной лазерной обработки и «холодного» фосфатирования, для нанесения гладкостного фторопластового покрытия с целью обеспечения его высокой адгезионной прочности.

Весьма интересны с точки зрения научной новизны результаты, полученные автором: установление зависимости шероховатости и морфологии обработанной

поверхности от параметров лазерной обработки (мощности лазерного излучения, скорости лазерного луча и линейности); установление повышения физико-механических свойств фторопластового покрытия, нанесённого на обработанную по разработанной технологии стальную поверхность, по сравнению с применяющимся в качестве гладкостного эпоксидным покрытием; установление возможности применения фторопластовых покрытий при особых условиях эксплуатации газопроводов в районах Крайнего Севера.

Значительные с научной и практической точек зрения также результаты, полученные при определении режимов предварительной лазерной обработки и состава «холодного» фосфатирования стальной поверхности, при сочетании которых обеспечивается наибольшее значение адгезионной прочности фторопластового покрытия.

3. Степень обоснованности и достоверности научных результатов

Большой объём экспериментальных данных, их подробный анализ и обоснованное использование современного технологического и аттестованного аналитического оборудования обеспечивают безусловную достоверность полученных результатов. Работа характеризуется как законченный научный труд с высоким качеством оформления, текст проиллюстрирован достаточным количеством рисунков и графиков. Язык, стиль диссертации и автореферата соответствуют принятым стандартам научно-исследовательской работы.

В методическом плане диссертация построена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научному исследованию: имеется анализ состояния проблемы, теоретическое обоснование решаемых задач, экспериментальные исследования. В работе, состоящей из введения, четырех глав, заключения, списка научно-технической литературы и трех приложений приводятся результаты комплексного исследования по указанной проблеме.

4. Научные результаты, их ценность

При выполнении диссертационной работы соискателем получены важные научные результаты.

1. Обоснованно выбран перспективный вариант гладкостного покрытия на основе фторопластовых полимеров и методы подготовки стальной поверхности для обеспечения адгезионной прочности покрытия.

2. Установлена зависимость шероховатости и морфологии стальной поверхности от мощности лазерного луча, его скорости и линейности. Установлено, что наибольшее влияние на шероховатость и морфологию обработанной стальной поверхности

оказывают мощность лазерного излучения, линиятура, а также совместное влияние скорости и линиятуры.

3. Разработана технология предварительной обработки стальной поверхности, включающая операции лазерной обработки и «холодного» фосфатирования для создания развитого микрорельефа поверхности.

4. Исследованы режимы лазерной обработки и определен состав «холодного» фосфатирования (Мажеф (соль: марганец, железо, фосфор) (25 г/л), $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (35 г/л), NaF (7 г/л) для обеспечения эффективного повышения адгезионной прочности фторопластового покрытия.

5. Даны рекомендации к применению внутренних гладкостных хладостойких фторопластовых покрытий для магистральных газопроводов, эксплуатируемых в районах Крайнего Севера и Арктики, на основании комплексной оценки физико-механических и защитных свойств.

6. Показано, что применение внутреннего гладкостного покрытия позволяет снизить потери давления на трение газового потока примерно в 1,5 раза, что особенно актуально при транспортировке этансодержащего газа, являющегося ценным сырьём для газохимических производств.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus); широко освещены на научных и научно-технических конференциях всероссийского и международного уровней, получен 1 патент.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов работы

На основании установленной зависимости шероховатости обработанной стальной поверхности от параметров лазерной обработки при фиксированном значении частоты диссертантом выявлено, что наибольшее влияние на её величину и морфологию поверхности оказывают мощность лазерного излучения, линиятура (плотность заливки), а также совместное влияние скорости лазерного луча и линиятуры.

Технологический подход использования фторопластового покрытия, предложенный автором в диссертационной работе, позволяет снизить потери давления на трения газового потока примерно в 1,5 раза, что особенно актуально при транспортировке этансодержащего газа, являющегося ценным сырьём для газохимических производств.

Наряду с высокой степенью научной значимости сформулированных в диссертации положений, выводов и рекомендаций, следует отметить несомненную практическую полезность работы, выраженную в разработке способа подготовки углеродистых и низколегированных сталей к нанесению полимерных покрытий, который защищен патентом РФ №2828891.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций для предварительной подготовки поверхности изделий из углеродистых и низколегированных сталей перед нанесением полимерных лакокрасочных покрытий, что подтверждено актом внедрения в производственную деятельность ООО «Научно-производственное предприятие Волоконно-Оптического и Лазерного оборудования», г. Санкт-Петербург.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационного исследования в части использования фторопластового покрытия и технологии предварительной обработки стальной поверхности целесообразны к применению на разрабатываемых или планируемых к разработке месторождениях природного газа, располагающихся в районах Крайнего Севера и Арктики.

7. Замечания и вопросы по работе

К работе имеются некоторые замечания и вопросы:

1. По тексту диссертационной работы встречаются изображения (рис. 1.6, 3.4, 3.6, 3.7, 4.1, 4.3 а), 4.4, 4.6, 4.8, 4.9 а), 4.10, 4.11, 4.13, фотографии обработанной поверхности Таблицы 3.5) без указания размерной линейки, что усложняет восприятие.

2. В главе 2 приведена информация об использовании международного стандарта ISO 15741:2016 для проведения испытаний на стойкость покрытия к изменению газового и гидравлического давления. Имеется-ли отечественный стандарт аналогичной применимости?

3. Во главе 3 приведена Таблица 3.4 без указания наименований строк и столбцов.

4. В главе 3 указано «На рисунке 3.4 приведен пример макрофотографии образца с равномерно сформированной фосфатной плёнкой с выраженной микрокристаллической структурой», однако, диссертантом не приведены результаты определения «микрокристаллической структуры» с помощью измерительных инструментов или металлографического микроскопа. В результате чего не ясно, какой смысл вкладывает диссертант в это выражение и почему считает его целесообразным для вынесения в текст диссертации?

Указанные вопросы, являясь предметом конструктивных дискуссий, ни в коей мере не снижают решающих преимуществ диссертационной работы Азарова Владимира Александровича. Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы и не подвергают сомнению выводы, сделанные по ней.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Разработка технологии повышения адгезионной прочности гладкостного хладостойкого фторопластового покрытия магистральных газопроводов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Азаров Владимир Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Официальный оппонент

Ученый секретарь института, дирекция

НИЦ «Курчатовский институт» ФНИИ КМ «Прометей»

кандидат технических наук



Бобкова Татьяна Игоревна

07.10.2025

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В.Горюнина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Почтовый адрес: 191015, Россия, Санкт-Петербург, Шпалерная ул., д. 49

Официальный сайт в сети Интернет: <https://crism-prometei.ru/>

эл. почта: Bobkova_TI@crism.ru телефон: (812) 274-12-06