

О Т З Ы В

официального оппонента, д.т.н., профессора Мнацаканян Виктории Умедовны на диссертацию Карениной Радмилы Алексеевны на тему: «Технологическое обеспечение качества резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг финишной магнитно-абразивной обработкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. – Технология машиностроения.

1. Актуальность темы диссертации

Развитие нефтегазовой отрасли сопровождается возрастающими требованиями к надёжности, эффективности и безопасности буровых работ. При этом особую значимость приобретает обеспечение устойчивой и бесперебойной работы бурильных колонн, где важную роль играют замковые соединения буровых штанг. Резьбовые элементы служат не только для соединения труб, но и для передачи крутящего момента, восприятия осевых и динамических нагрузок, герметизации и обеспечения целостности конструкции при бурении на значительных глубинах.

Согласно статистике отказов, разрушения замковых резьб составляют значительную долю от всех повреждений бурильных труб. Причинами тому служат высокая степень концентрации напряжений, воздействие переменных нагрузок, агрессивных сред, температурных перепадов, а также наличие микродефектов и низкое качество поверхностного слоя. В этих условиях надёжность замкового соединения напрямую зависит от качества изготовления резьбовых поверхностей - точности их геометрии, шероховатости поверхности и физико-механических характеристик поверхностного слоя.

Традиционные методы финишной обработки, такие как шлифование, хонингование и притирка, обеспечивая требуемые шероховатость поверхности и геометрию профиля резьбы, характеризуются высокой трудоёмкостью и недостаточной эффективностью в формировании упрочнённого поверхностного слоя при обработке высоконагруженных элементов сложной формы, что приводит к необходимости поиска и исследования более эффективных методов отделочной обработки. В связи с этим особое значение приобретает магнитно-абразивная обработка (МАО), позволяющая не только снизить шероховатость поверхности резьбы, но и сформировать упрочнённый поверхностный слой с благоприятными остаточными напряжениями сжатия. Это способствует повышению усталостной прочности, износостойкости и коррозионной устойчивости резьбовых соединений.

Таким образом, технологическое обеспечение качества резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг при помощи финишной магнитно-абразивной обработки представляет собой важную научно-

ОТЗЫВ

техническую задачу. Её решение направлено на повышение надёжности бурового инструмента, снижение эксплуатационных затрат, предотвращение аварий и повышение эффективности освоения углеводородных ресурсов.

2. Научная новизна диссертации

заключается в:

- установлении математических зависимостей и закономерностей влияния режимных факторов предложенного способа - значения магнитной индукции, частоты вращения обрабатываемого образца и времени обработки, на шероховатость и твердость резьбовых поверхностей при обработке резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг;
- выявлении зависимости влияния режимных факторов магнитно-абразивной обработки, в частности, величины магнитной индукции, на коррозионную стойкость резьбовых поверхностей.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Автором диссертационной работы проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования, направленные на решение актуальной научно-технической задачи - обеспечение равномерной шероховатости резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг.

В рамках теоретических исследований выполнен подробный анализ современных научно-технических данных в области повышения качества обработки резьбовых поверхностей. На основании выявленных недостатков существующих подходов автором разработан и обоснован способ магнитно-абразивной обработки, применение которого позволяет производить равномерную магнитно-абразивную обработку по всему резьбовому профилю.

Эффективность предложенного способа подтверждена результатами компьютерного моделирования распределения магнитного поля в рабочем зазоре. Моделирование показало, что использование в устройстве для МАО наружной резьбовой поверхности полюсного наконечника, имеющего плоскую наклонную рабочую поверхность, при котором обеспечивается соблюдение постоянного рабочего зазора, а также установка конусного наконечника со смещением относительно собственной оси и оси заготовки с использованием плоских прямых полюсных наконечников при обработке внутренней резьбовой поверхности, положительно влияет на равномерное распределение магнитной индукции.

В экспериментальной части диссертации установлены рациональные диапазоны варьирования режимных факторов магнитно-абразивной обработки. Проведен анализ влияния режимов обработки на показатели шероховатости и твердости резьбовой поверхности. Результаты экспериментов представлены в

виде математических моделей, адекватность которых подтверждена расчётами по критерию Фишера.

Научные положения, выводы и рекомендации по назначению режимных факторов магнитно-абразивной обработки последовательно обоснованы и доказаны автором с применением корректных методов теоретических и экспериментальных исследований.

4. Научные результаты, их ценность

В диссертационном исследовании автором предложен и осуществлен способ магнитно-абразивной обработки резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг. Технология включает проработанные схемы обработки наружной и внутренней резьбы, обоснованный выбор сочетания рабочих движений, диапазоны режимных факторов, а также конструктивные особенности применяемого оборудования. Разработанный способ обеспечивает формирование равномерного упрочнённого поверхностного слоя и достижение высоких показателей качества обработки в зоне среднего диаметра пятна контакта. Получены значения шероховатости на уровне $R_a = 0,4 \dots 0,5$ мкм и твёрдости до 982...985 HV.

На основе экспериментальных данных автором получены регрессионные математические модели, позволяющие количественно оценить влияние режимных факторов магнитно-абразивной обработки на параметры шероховатости и твердости, что дает возможность прогнозировать результаты обработки как для наружной, так и для внутренней резьбы замковых соединений.

Важным результатом проведенной работы является повышение коррозионной стойкости обработанных резьб. Испытания в условиях, имитирующих агрессивную среду, показали, что применение разработанного метода позволяет увеличить устойчивость резьбовых поверхностей к коррозионным воздействиям в 5 раз. Эти результаты подтверждают практическую ценность предложенного подхода и его высокую эффективность.

Результаты исследований прошли должную апробацию на всероссийских и международных конференциях. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 11 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus, получен один патент.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Автором установлены математические зависимости, описывающие влияние величины магнитной индукции, частоты вращения обрабатываемого образца и времени воздействия абразива на показатели шероховатости и твердости наружных и внутренних резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг. Данные зависимости позволяют количественно оценить степень влияния режимных факторов магнитно-абразивной обработки на качество поверхности резьбы.

На основе проведенных исследований разработан и запатентован способ магнитно-абразивной обработки (патент RU2797796C1), предусматривающий одновременное вращательное, возвратно-поступательное и осцилляционное движения обрабатываемых деталей в магнитно-абразивной среде. Такой подход обеспечивает стабильные показатели качества обработанных наружных и внутренних поверхностей резьбы.

Определены рациональные параметры обработки, позволяющие достичь шероховатости в зоне среднего диаметра пятна контакта на уровне $R_a = 0,4...0,5$ мкм и твердости до 982...985 НВ. Также установлено, что применение разработанной технологии в качестве финишной операции позволяет в 5 раз повысить коррозионную стойкость резьбовых поверхностей в условиях агрессивной среды.

Результаты работы прошли апробацию в АО НПП «Пирамида» (от 25.04.2024 г.) и ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П. Г. Коробкова» (от 17.03.2025 г.), что подтверждает практическую значимость и прикладную ценность выполненного исследования.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы на предприятиях машиностроительного, нефтегазового и энергетического комплексов, специализирующихся на производстве буровых труб и замковых соединений. Разработанный способ финишной магнитно-абразивной обработки резьбовых поверхностей может быть внедрен в существующие технологические процессы в качестве заключительной операции для повышения качества обработки. Его применение обеспечивает достижение стабильных показателей шероховатости и твердости поверхности, а также способствует формированию упрочненного слоя с высокой коррозионной стойкостью. Это особенно актуально при производстве изделий, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах и условиях переменных нагрузок. Технология может быть адаптирована к современному станочному оборудованию, включая станки с числовым программным управлением, без необходимости серьезной реконструкции производственных

мощностей. Кроме того, полученные научные и практические результаты могут быть использованы в деятельности научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, а также при разработке учебных программ и методических материалов в области технологии машиностроения.

7. Замечания и вопросы по работе

1. В литературном обзоре диссертации не упоминается один из эффективных методов отделочной обработки фасонных поверхностей - обработка не закрепленным абразивом, уплотненным инерционными силами.

2. Было бы целесообразно представить в диссертации экономическое обоснование предложенных решений, которое особенно актуально для работ технологического профиля.

3. На стр. 10 диссертации (в части теоретической и практической значимости работы) и в научных положениях указаны параметры шероховатости ($Ra=0,4...0,5$ мкм) и твердости по Виккерсу (982...985 HV), достигаемые предложенной магнитно-абразивной обработкой. Вместе с тем было бы полезно и более информативно привести здесь для сравнения эти же показатели, получаемые традиционными методами отделочной обработки.

4. Одним из основных эксплуатационных требований к замковым соединениям является их сопротивляемость усталостному разрушению, о чем в работе не раз упоминается. Следует пояснить, из каких соображений принято решение проводить испытания на коррозионную стойкость в условиях соляного тумана? Рассматривались ли другие варианты повышения коррозионной стойкости, в частности, локальное нанесение на резьбу антизадирных коррозионностойких покрытий?

5. На стр. 90 (абзац 2) автор утверждает, что от воздействия магнитного поля повышается коррозионная стойкость впадин резьбы, при этом не конкретизирует, в течение какого времени сохраняется благотворное воздействие магнитного поля. Не является ли данный эффект кратковременным?

6. Неясно, каким образом осуществляется защита ответственных узлов шпинделя фрезерного станка с ЧПУ, на котором проводится МАО, от попадания в них абразивных частиц. В дальнейшем представляется целесообразным для этих целей спроектировать и использовать специализированное устройство более простой конструкции.

7. При оформлении подрисуночных текстов и пояснений автору следовало руководствоваться требованиями ГОСТ 7.011-2011 и ГОСТ 2.105.

Указанные замечания никак не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования и важности основных полученных результатов.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Технологическое обеспечение качества резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг финишной магнитно-абразивной обработкой», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. – Технология машиностроения, 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 императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953, а ее автор, **Каренина Радмила Алексеевна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. – Технология машиностроения.

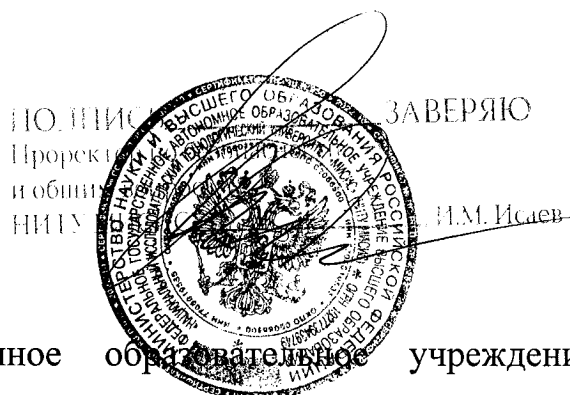
Официальный оппонент:

Профессор кафедры горного оборудования, транспорта и машиностроения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», д.т.н., профессор

Мнацаканян Виктория Умедовна



22.05.2025 г.



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Почтовый адрес: 119049, г. Москва, Ленинский проспект, д.4, стр. 1

Официальный сайт в сети Интернет: <https://misis.ru/>

эл. почта: mnatsakanyan.vu@misis.ru, телефон: +7 (499) 230-94-40