

официального оппонента, к.т.н. Хрустальной Ирины Николаевны 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

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена растущими требованиями к надежности и эффективности бурового оборудования в условиях добычи углеводородных ресурсов, а также необходимости повышения безопасности буровых операций. Особую значимость в этом контексте приобретает качество и долговечность замковых соединений буровых штанг, так как они играют ключевую роль в обеспечении механического соединения бурильных труб, передачи крутящего момента, восприятия осевых и динамических нагрузок, а также герметизации и поддержания целостности конструкции при работе на значительных глубинах.

Одним из наиболее уязвимых элементов бурового оборудования являются резьбовые соединения, которые подвержены разрушению в результате воздействия переменных нагрузок, агрессивных сред и температурных колебаний. Статистические данные свидетельствуют о том, что повреждения, возникающие в области замковых резьб, составляют значительную часть всех отказов бурильных труб. Причины этого включают высокую концентрацию напряжений, наличие микродефектов, а также недостаточную износостойкость и коррозионную устойчивость резьбовых поверхностей.

Традиционные методы обработки резьбовых соединений, такие как шлифование и хонингование, не всегда позволяют достичь необходимого качества поверхности, особенно при обработке высоконагруженных элементов сложной формы. Эти методы требуют значительных затрат времени и усилий, а также не обеспечивают достаточно высокой эффективности в улучшении эксплуатационных характеристик соединений.

В условиях этих вызовов становится очевидной необходимость разработки новых, более эффективных технологий обработки, которые бы обеспечивали требуемое качество резьбовых соединений с минимальными затратами. Магнитно-абразивная обработка (МАО) представляет собой перспективный метод финишной доводки, позволяющий не только повысить точность и чистоту обработки, но и сформировать упрочненный поверхностный слой с благоприятными остаточными напряжениями сжатия. Этот метод способствует увеличению износостойкости, усталостной прочности и коррозионной устойчивости резьбовых соединений, что особенно актуально при бурении в сложных геологических и эксплуатационных условиях.

Таким образом, исследование и внедрение методов магнитно-абразивной обработки резьбовых соединений буровых штанг является крайне актуальной задачей, направленной на

улучшение качества и долговечности бурового оборудования, повышение безопасности буровых работ и снижение эксплуатационных затрат.

2. Научная новизна диссертации

Заключается в следующем:

1. Установлены математические зависимости и закономерности влияния режимных факторов (значение магнитной индукции, частота вращения обрабатываемого образца и время обработки) предложенного способа обработки на шероховатость и твердость резбовых поверхностей при обработке резбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг;

2. Выявлены зависимости влияния режимных факторов магнитно-абразивной обработки (величина магнитной индукции) на коррозионную стойкость резбовых поверхностей.

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

Обоснованность и достоверность научных положений, изложенных в диссертационной работе, подтверждается результатами всестороннего теоретического анализа, компьютерного моделирования и комплексных экспериментальных исследований. Автором проведено моделирование распределения магнитного поля в зоне обработки, что позволило обосновать эффективность выбранной конфигурации магнитной системы для равномерного воздействия на резбовые поверхности. Проведён обзор научной и технической литературы, а также патентный поиск, в результате которого было выявлено отсутствие аналогичных технических решений, способных обеспечить стабильные параметры магнитно-абразивной обработки.

На основании анализа и обобщения полученных данных предложено техническое решение, предусматривающее применение способа магнитно-абразивной обработки замкового соединения, основанный на расположении полюсных наконечников и дополнительного конусного наконечника параллельно конусу резьбы и задании возвратно-поступательного, осцилляционного и вращательного движений заготовкам. Разработанный способ защищен патентом, что свидетельствует о его новизне и практической значимости.

Экспериментальные исследования включали изучение влияния различных параметров процесса (магнитной индукции, времени обработки, частоты вращения заготовки). По результатам экспериментов разработаны математические модели, описывающие зависимость шероховатости и твердости поверхности от режимных факторов обработки. Дополнительно автором проведена оценка влияния магнитно-абразивной обработки на коррозионную стойкость резбовой поверхности.

Все экспериментальные работы выполнены с применением исправного, сертифицированного оборудования и поверенных измерительных средств, что подтверждает достоверность полученных результатов и корректность сделанных выводов.

4. Научные результаты, их ценность

Научные результаты диссертации Карениной Р.А. выражены в следующем:

1. Применение способа магнитно-абразивной обработки резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг, включающего в себя схемы обработки наружных и внутренних резьбовых поверхностей замковых соединений, сочетание рабочих движений, диапазоны режимных факторов и технологический инструмент, позволяет получить равномерное упрочнение поверхностного слоя и качество по среднему диаметру пятна контакта замковых резьбовых поверхностей до $R_a = 0,4 \dots 0,5$ мкм и твердость до 982...985 HV.

2. Использование полученных математических зависимостей технологической системы, учитывающих влияние режимных факторов магнитно-абразивной обработки, позволяет прогнозировать параметры шероховатости и твердости по среднему диаметру пятна контакта резьбовых поверхностей при обработке наружных и внутренних резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг.

3. Разработанный способ технологической обработки резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг методом магнитно-абразивной обработки, позволяет увеличить коррозионную стойкость резьбовых поверхностей замковых соединений в условиях, имитирующих агрессивную среду, в 5 раз.

Проведённые Карениной Р.А. теоретические и экспериментальные исследования выполнены на высоком научно-техническом уровне и обладают значимой научной и прикладной ценностью. Учитывая потребности современной промышленности в эффективных методах финишной обработки резьбовых поверхностей замковых соединений буровых штанг, предложенное автором технологическое решение может быть рекомендовано к практическому применению.

Разработанная методология экспериментальных исследований отличается полнотой, последовательностью и может служить примером для аналогичных научных работ, направленных на совершенствование процессов магнитно-абразивной обработки.

Ценность полученных результатов обуславливается апробацией 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

Соискатель провёл серию экспериментальных исследований, в ходе которых были выявлены закономерности влияния магнитной индукции, времени обработки, частоты вращения образца на шероховатость и твердость при магнитно-абразивной обработке резьбовой поверхности замкового соединения буровой штанги.

Разработан новый способ магнитно-абразивной обработки замкового соединения (Патент RU2797796C1). Способ заключается в обработке внутренних и наружных резьбовых поверхностей изделия, при совершении изделиями одновременного вращательного, возвратно-поступательного и осцилляционного движений в магнитно-абразивной массе, сформированной двумя полюсными наконечниками. Способ реализован на специально разработанной установке для магнитно-абразивной обработки.

На основе статистической обработки данных экспериментальных исследований были разработаны математические модели, описывающие влияние режимных факторов магнитно-абразивной обработки на шероховатость твердость резьбовой поверхности. Выявлено, что данный метод обработки может обеспечить равномерную шероховатость с параметром $R_a = 0,4 \dots 0,5$ мкм, что способствует увеличению срока службы оборудования.

Также автором определены рациональные режимы магнитно-абразивной обработки, которые снижают шероховатость, увеличивают твердость резьбовой поверхности до 982...985 HV, а также повышают коррозионную стойкость в 5 раз.

Результаты работы прошли апробацию на ряде промышленных предприятий, в том числе 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

Основные результаты диссертации Карениной Р.А. обладают значительным потенциалом для внедрения в производственные процессы предприятий, занимающихся обработкой резьбовых поверхностей и материалов с высокими эксплуатационными требованиями. Разработанные рекомендации по выбору технологических параметров для оптимизации процесса обработки могут быть полезны технологам при составлении технологических карт и планировании производственных операций, что обеспечит улучшение качества и производительности.

Предложенные методы и технические решения, а также разработанная методика, могут послужить основой для создания новых решений в области обработки сложнопрофильных наружных и внутренних поверхностей, что откроет возможности для совершенствования существующих технологий и разработки новых подходов в области обработки.

Диссертация Карениной Р.А. открывает перспективы для дальнейших исследований в области повышения качества обработки резьбовых поверхностей. В частности, необходимо углубленное исследование динамики изменения физических и механических свойств материалов в процессе обработки, а также более детальное изучение рациональных режимов добавления смазочно-охлаждающих жидкостей и изменения технологических параметров для повышения эффективности и долговечности обрабатываемых изделий.

7. Замечания и вопросы по работе

1. На графических зависимостях шероховатости и твердости резбовых поверхностей от факторов магнитно-абразивной обработки показан большой разброс экспериментальных данных, что может снижать достоверность полученных заключений.

2. В тексте диссертации не приведено обоснование выбора параметра Ra в качестве основного критерия оценки шероховатости резбовой поверхности. Для более полной характеристики микрогеометрии поверхности целесообразным представляется использование дополнительных высотных параметров.

3. В работе была исследована твердость HV по среднему диаметру пятна контакта резбовой поверхности, но не рассмотрена возможность получения дополнительных результатов по микроструктурному анализу шлифов.

4. По тексту диссертации не ясно, насколько масштабируемы установленные технологические режимы формирования качества резбовых поверхностей при магнитно-абразивной обработке на заготовки различных типоразмеров?

5. Чем обусловлен выбор метода испытаний в камере соляного тумана по сравнению с методом погружения образцов в раствор $NaCl$ при оценке коррозионной стойкости обработанных магнитно-абразивной обработкой резбовых поверхностей?

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

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Технологическое обеспечение качества резбовых 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

Доцент Высшей школы машиностроения,
к.т.н.

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Почтовый адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, лит. Б, 1-й этаж

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

эл. почта: irina.khrustaleva@mail.ru, телефон: +7 (812)-552-93-02

Хрусталева Ирина Николаевна



Каренина Радмила Алексеевна
Хрусталева И.Н.