

**УДК 621.92**

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗАМКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ БУРЬЮШТАНГИ ПУТЕМ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НАРУЖНОЙ РЕЗЬБОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Щеглова Р.А., аспирант 2 г.о.  
Санкт-Петербургский горный университет  
Россия, г. Санкт-Петербург

В настоящее время коническая резьба очень широко используется для соединения труб нефтегазового назначения в целом и для соединения бурильных труб в частности [5]. Качество этих соединений определяется следующими параметрами: ввинчиваемостью, герметичностью и механической прочностью. Последний параметр во многом зависит от контактных давлений, возникающих между поверхностями резьбы двух частей соединения - муфтой и ниппеля.

Вибрации в резьбовых соединениях приводят к возвратно-поступательному скольжению поверхностей резьбы, которое в последствии может привести к циклической деформации, ухудшению качества приповерхностного слоя и постепенному износу контактных поверхностей. Изношенные поверхности также могут быть подвержены поверхностному расщескиванию из-за локальной концентрации напряжений в неровностях и коррозионных ямах [1].

Согласно статистическим данным компании raiseboring engineering, 90% разрушений бурильных штанг происходят в соединительной части бурильных штанг [11]. Точность и качество резьбовой поверхности обеспечивают герметичность соединений, быстрое завинчивание, а также повышают равномерность распределения нагрузки между витками резьбы, что, в свою очередь, повышает надежность оборудования в целом. В связи с этим, современные технологии бурения нуждаются в усовершенствованных технологиях финишной обработки.

Одним из способов повышения усталостной прочности резьбовых соединений является улучшение шероховатости поверхности витков резьбы. Анализ исследований, касающихся влияния шероховатости поверхности на усталостную прочность и долговечность резьбовых соединений, позволяет сделать следующие выводы:

- с уменьшением шероховатости повышается усталостная прочность деталей машин [4]. Это особенно важно в случае неподвижных резьбовых соединений;

- с уменьшением шероховатости повышается коррозионная стойкость [10]. При низкой шероховатости поверхности зазор между контактирующими поверхностями будет меньше, а полостей, в которых может скапливаться коррозийное вещество, меньше;

- с уменьшением шероховатости контактная деформация уменьшается. Это может быть связано с увеличением фактической площади контакта поверхности и, следовательно, с уменьшением давления на единицу площади поверхности.

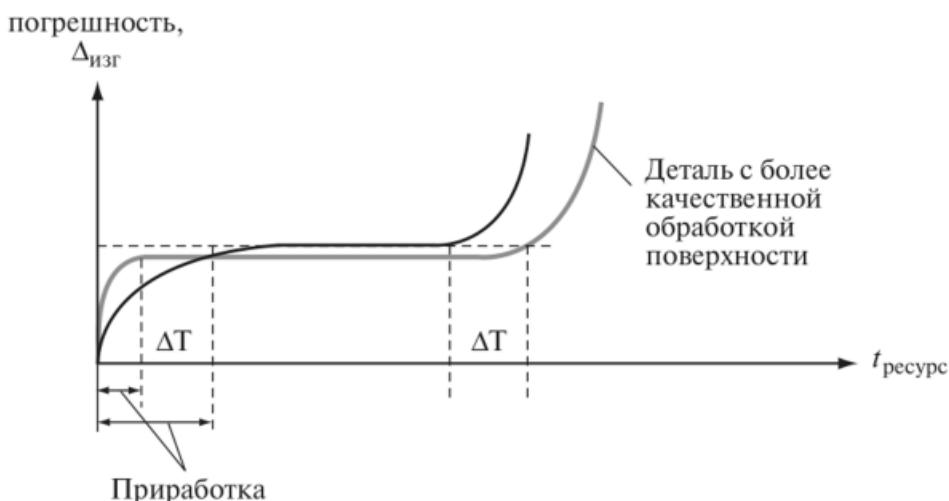


Рис. 1 Влияние шероховатости поверхности детали на эксплуатационные свойства машин

Традиционные процессы получения чистоты поверхности, такие как шлифование, хонингование и притирка создают микрозаусенцы, поверхностные повреждения и остаточные напряжения [2, 8, 13]. Таким образом, приходится прибегать к поиску новых способов финишной обработки поверхностей.

Применение метода магнитно-абразивной обработки относится к перспективным направлениям машиностроения [7], которое способно многократно увеличить качественные и эксплуатационные характеристики замкового соединения буровой штанги. Процесс МАО заключается в заполнении ферроабразивом промежутка между полюсными наконечниками и обрабатываемой деталью, которые образуют магнитную «щетку», прижимающуюся к обрабатываемой детали под действием силы магнитного поля. Между тем, физико-механические особенности метода МАО (низкие значения температуры в зоне обработки и давления на обрабатываемую поверхность) являются благополучными факторами для формирования микрорельефа поверхностей и бездефектного поверхностного слоя [9].

Опираясь на имеющиеся исследования авторских коллективов [3, 7, 12] можно сделать вывод, что при магнитно-абразивной обработке резьбы повышается долговечность и надежность резьбовых соединений, увеличивается микротвердость и снижается шероховатость резьбы. Однако, износ элементов профиля ниппеля и муфты по характеру неодинаков. Наибольшие напряжения находятся около первого витка резьбы муфты и у седьмого витка резьбы ниппеля [6]. В связи с этим было принято решение произвести магнитно-

абразивной полировку, позволяющую равномерно обработать поверхности замкового соединения буровой штанги.

На данном этапе была произведена обработка наружной резьбовой поверхности (рис.2) на образцах из конструкционной легированной стали 40Х.

Реализация способа магнитно-абразивной обработки осуществлялась на специально разработанной установке, состоящей из магнитопровода, изготовленного из электротехнической стали 10895 ГОСТ 11036-75 и электромагнитных катушек и базируется на базе фрезерного станка с ЧПУ Emco Concept Mill 250 через специальный резиновый лист.

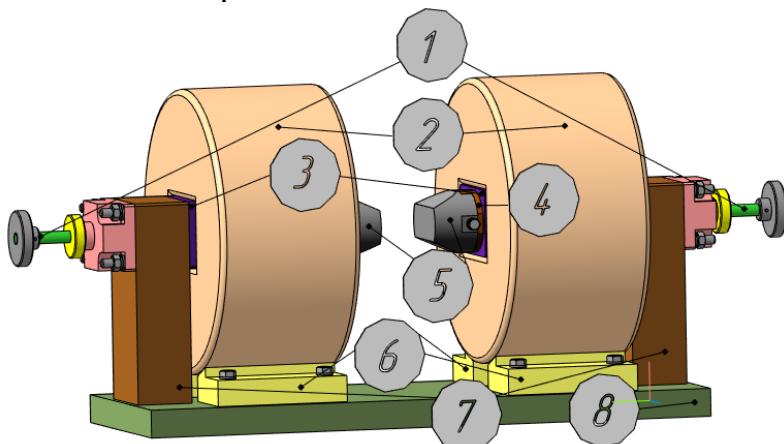


Рис. 2 – 3D-модель устройства для магнитно-абразивной обработки, где: 1 – винт для изменения рабочего зазора, 2 – электромагнитная катушка, 3 – корпус, 4 – стержень магнитопровода, 5 – магнитный наконечник, 6 – регулируемая опора, 7 – стойка, 8 – основание

Наружные резьбовые поверхности обрабатывались с одновременными вращательным, возвратно-поступательным и осцилляционным движениями образцов в магнитно-абразивной массе в межполюсном пространстве магнитно-абразивной установки (рис. 3) согласно схеме на рисунке 4.

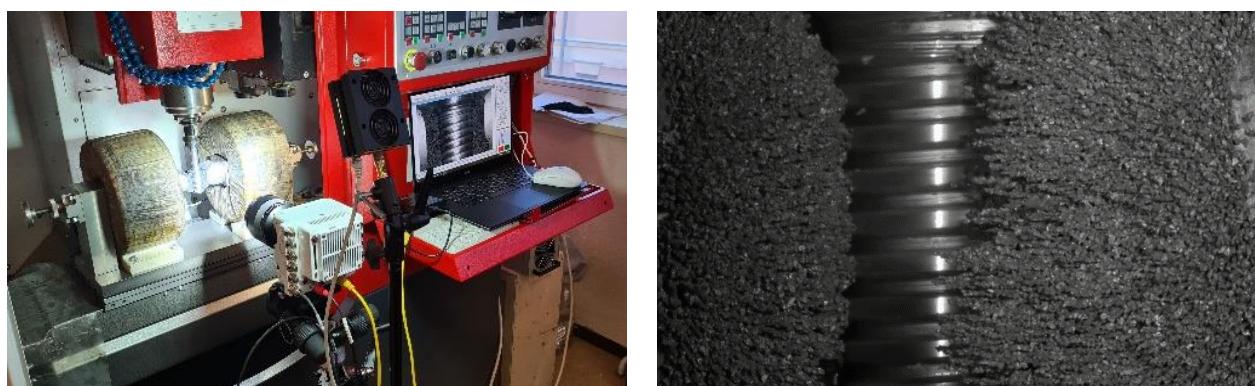


Рис. 3 Процесс магнитно-абразивной обработки наружной резьбовой поверхности буровой штанги

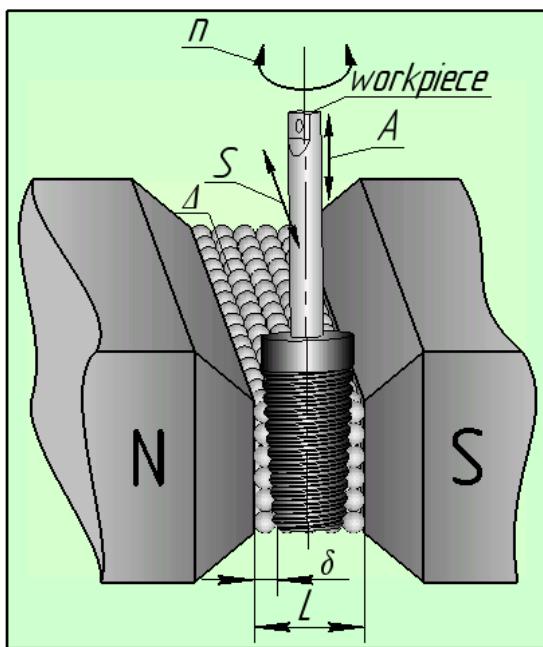


Рис. 4 Схема магнитно-абразивной обработки наружных резьбовых поверхностей

Первоначально шероховатость наружных резьбовых поверхностей находилась в пределах  $Ra = 0,322\ldots0,325$  мкм. В результате магнитно-абразивной обработки шероховатость резьбовых поверхностей снизилась до  $Ra = 0,151$  мкм, при этом зернистость магнитно-абразивного порошка  $\Delta = 160\ldots315$  мкм; магнитная индукция  $B = 0,6\ldots1,0$  Тл, время обработки  $t = 60\ldots210$  с. Инструментом являлся магнитно-абразивный материал на основе карбида титана и железа ( $TiC+Fe$ ).

Таким образом, на данном этапе была успешно проведена магнитно-абразивная обработка наружной резьбовой поверхности.

#### Список литературы:

1. Болобов, В. И., Чупин, С. А. (2015). Влияние вида упрочняющей обработки на износостойкость материалов горного оборудования. Записки Горного института, 216, 44. извлечено от <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/5164>.
2. Макаров В.Ф. Применение различных методов упрочняющей обработки деталей с целью повышения сопротивления усталостному разрушению / В. Ф. Макаров, С. П. Никитин, М. В. Песин, А. С. Горбунов // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2017. - № 9(204): Серия Прогрессивные технологии в машиностроении. - С. 28-31.
3. Максаров В.В., Васин С.А. , Кексин А.И. Повышение качества внутренних резьбовых поверхностей для высоконагруженных изделий / СТИН, № 7, 2021. pp. 11 – 14.
4. Маталин, А.А. Технология механической обработки. – М.: Машиностроение, 1977. 460 с.

5. Песин М.В. Технологическое обеспечение и повышение долговечности бурильных труб на основе моделирования и управления параметрами упрочняющей обработки резьбы: автореферат дисс. доктора технических наук : 05.02.08 [Место защиты: Дон. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2018. - 34 с.
6. Рекин С.А. Исследование и разработка методов прогнозирования износа элементов бурильных и обсадных колонн при строительстве скважин: автореферат дис. доктора технических наук: 25.00.15 / Научно-производственная фирма "Геофизика". - Уфа, 2005. - 37 с.
7. Сакулевич Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. /Сакулевич, Ф.Ю./ Мн.: Наука и техника. 1981. 328 с.
8. Халтурин О. А. Моделирование формообразования поверхности замковой резьбы / О. А. Халтурин, В. А. Иванов, М. М. Базуев // Advanced science: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. Пенза: "Наука и Просвещение", 2019. – С. 93-96.
9. Хомич, Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий. – Минск: БНТУ, 2006. – 200 с.
10. Якушев А.И., Мустаев, Р.Х ., Мавлютов Р.Р. Повышение прочности и надежности резьбовых соединений, М.: Машиностроение, 1979.
11. Jing, G., Hu, F., & Chen, Y. (2020). Failure analysis and revamping methods for loading threaded joints of raiseboring machine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 546, 052064. doi:10.1088/1755-1315/546/5/052064.
12. Maksarov V. V., Keksin A. I., Filipenko I. A. Improvement of Magnetic-Abrasive Finishing of Nonuniform Products Made of High-Speed Steel in Digital Conditions / Key Engineering Materials Submitted, № 836, 2020. pp. 71 – 77.
13. Zou, Y., Xie, H., & Zhang, Y. (2020). Study on surface quality improvement of the plane magnetic abrasive finishing process. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. doi:10.1007/s00170-020-05759-z.