

**Акулович Л.М.**, доктор технических наук, профессор;  
**Сергеев Л.Е.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Сенчуров Е.В.**, начальник отдела внедрения НТР НИИМЭСХ;  
**Германович Е.Г.**

*Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ШТОКОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены технологическое обеспечение износостойкости штоков гидроцилиндров, а также процесс их магнитно-абразивной обработки, обеспечивающий уменьшение их шероховатости. Установлено, что применение магнитно-абразивной обработки приводит к повышению их износостойкости на 15-20%.

**Ключевые слова:** шток гидроцилиндра, износостойкость, магнитно-абразивная обработка, хромирование, магнитное поле, шероховатость.

**Annotation.** The article describes the process to ensure their durability rod hydraulic cylinders , as well as the process of magnetic - abrasive machining , providing a decrease in their roughness . It was found that the use of magnetic-abrasive treatment results in an increase of their durability by 15-20 %.

**Keywords:** hydraulic cylinder rod, wear resistance , magnetic- abrasive machining , chrome plating , magnetic field, surface roughness.

**Введение.** Гидроцилиндры широко применяют в гидросистемах как источники привода рабочих органов мобильных машин и исполнительных механизмов промышленного оборудования. По функциональным признакам гидроцилиндры – это объемные гидродвигатели, предназначенные для преобразования энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию выходного звена с возвратно-поступательным движением. Причем подвижным звеном может выступать как шток, так и корпус (гильза) гидроцилиндра [1].

Без специального технологического оборудования для чистовой расточки и раскатки внутренней поверхности гильз, шлифования и полирования штоков, обеспечивающего параметры шероховатости по ГОСТ 2789-73 рабочих уплотняемых поверхностей штоков и гильз гидроцилиндров, а также хромирования наружной поверхности штоков путем электролитического нанесения пленки толщиной 20...30 мкм невозможно изготовить коррозионно- и износостойкие штоки. Высота неровностей наружной рабочей поверхности штока после хромирования и полирования должна быть не более Ra 0,16 мкм, рабочей поверхности гильзы гидроцилиндра – Ra 0,32 мкм по ГОСТ 2789–73 [2].

**Основная часть.** Получение высокого параметра шероховатости хромированных поверхностей при достаточно большой производительности и точности геометрических параметров представляют серьезную проблему, которая решается разными путями. Одним из методов финишной обработки деталей машин является магнитно-абразивная обработка (МАО) [3-5]. Метод позволяет получать на закаленных цилиндрических наружных поверхностях шероховатость Ra 0,05...0,63 мкм с высокой производительностью. С целью установления возможности финишной обработки штоков гидроцилиндров методом МАО была проведена серия опытно-экспериментальных работ.

Период установившегося изнашивания и время наступления аварийного в высокой степени зависит от свойств поверхностного слоя, образовавшегося в период приработки. Для оценки влияния условий обработки на износостойкость штоков гидропривода в период изнашивания были проведены сравнительные исследования методами МАО и шлифования.

В качестве оборудования применялась установка СФТ 2.150.00.00.000 для магнитно-абразивной обработки. Шероховатость образцов измерялась до и после обработки в трех разных сечениях на профилографе-профилометре 252-Калибр. В каждом сечении делалось по 4 замера. По результатам всех замеров каждого образца находилось среднеарифметическое значение шероховатости его поверхности.

Образцами служили штоки гидроцилиндров, изготовленные из стали 20Х ГОСТ 4543-71. Образцы подвергались термообработке до HRC 61...64, шлифованию до получения шероховатости поверхности

Ra 0,8 мкм, подготовкой под хромирование методом MAO и последующим хромированием (толщина слоя хрома 0,02...0,03 мм). Шероховатость поверхности образцов после хромирования составила Ra 0,32...0,63 мкм.

Испытания проводились на машине трения 2070 СМТ-1 в условиях трения качения [6]. Параметры и режимы при шлифовании: скорость вращения детали,  $V_d = 50$  м/мин; скорость вращения круга,  $V_k = 20$  м/с; продольная подача;  $S_{пр} = 0,5$  м/мин; круг алмазный АСВ 125/100 МП 1; при MAO: величина магнитной индукции,  $B = 0,9$  Тл; скорость резания,  $V_p = 1$  м/с; скорость осцилляции,  $V_o = 0,2$  м/с; амплитуда осцилляции,  $A = 1$  мм; величина рабочего зазора,  $\delta = 1$  мм; ферроабразивный порошок – Ж15КТ ТУ 6-09-483-81; смазочно-охлаждающие технологические средства – при шлифовании – Укринол-1,3% водный раствор, при MAO – 2% водный раствор СинМА – 1 ТУ 38.5901176-91.

Материал контртела – бронза. Обрабатываемый материал – сталь 20Х ГОСТ 4543-71, 56-62 НРС. Измерения микротвердости осуществляли методом восстановленного отпечатка. Глубина изменения микротвердости  $H_u$  оценивалась по методу косого среза. Микротвердость поверхности используемых образцов определяли на приборе ПМТ-3 согласно ГОСТ 9450-76 при нагрузке 0,49 Н. Сами наклонные срезы изготавливались на плоскошлифовальном станке ЗГ71 с магнитной плитой при интенсивном охлаждении эмульсией Укринол-1,3% водный раствор.

Удаление слоев металла производилось электрохимическим методом со скоростью 0,05 мкм/с. Вычисление величин напряжений осуществлялось путем уточнений, внесенных М.А. Бабичевым и Л.А. Гликманом. Остаточные напряжения исследовались на глубине 5 мкм [7].

Продукты износа после испытаний с образцов удаляли 10% раствором лимоннокислого аммония, нейтрализованного аммиаком. Испытания проводились при отсутствии доступа воздуха.

Полученные результаты и их обсуждение. Практическое использование метода MAO штоков гидроцилиндров заключалось в исследовании влияния времени обработки на шероховатость их поверхности до и после хромирования. Остальные параметры оставались неизменными в течение обработки всей партии образцов. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

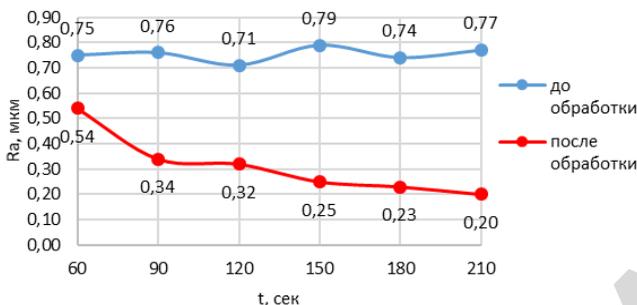


Рисунок 1 – Зависимость шероховатости поверхностей хромированных штоков гидроцилиндров от времени обработки

Проведенные исследования MAO хромированных штоков гидроцилиндров показали, что шероховатость поверхности уменьшается на 54% при изменении времени обработки от 60 до 150 сек. Дальнейшее увеличение времени обработки приводит к падению интенсивности съема материала, в результате чего изменение шероховатости при времени обработки от 60 до 210 сек равно 61%. Применение метода MAO для штоков гидроцилиндров до хромирования обеспечило за 90 сек обработки снижение шероховатости с Ra 0,8 до Ra 0,2 мкм.

Профилограммы шероховатости поверхности штоков гидроцилиндров после шлифования и MAO представлены на рисунке 2.

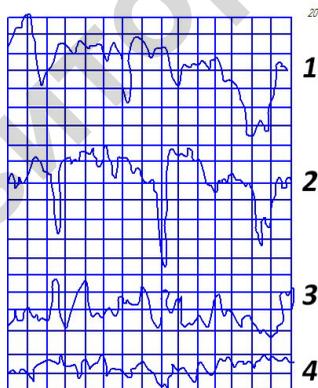


Рисунок 2 – Профилограммы исходной и обработанной поверхности штоков гидроцилиндров различными методами финишной обработки:

1 – шлифование, Ra 0,8 мкм, ВУ=20×10<sup>3</sup>, ГУ = 800; 2 – магнитно-абразивная обработка, Ra 0,4 мкм, ВУ=100×10<sup>3</sup>, ГУ = 800; 3 – магнитно-абразивная обработка, Ra 0,2 мкм, ВУ=100×10<sup>3</sup>, ГУ = 800; 4 – магнитно-абразивная обработка, Ra 0,1 мкм, ВУ=100×10<sup>3</sup>, ГУ = 800

По результатам испытаний на износостойкость построены графики изменения момента трения и температуры в зоне контакта на пути трения 15000 м, что соответствует 1,5 ч работы машины трения при угловой скорости 1500 мин<sup>-1</sup> (рисунок 3).

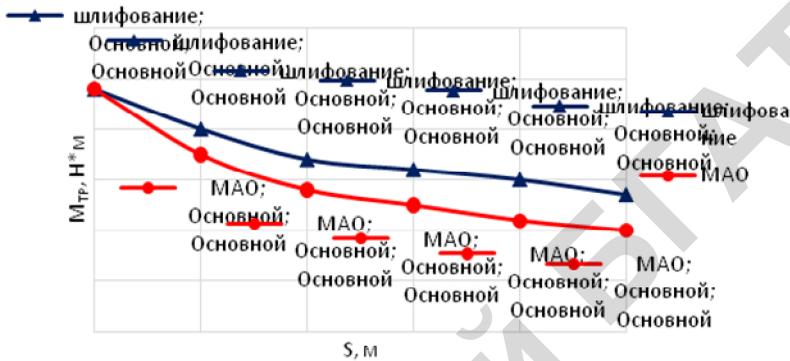


Рисунок 3 – График изменения момента трения ( $M_{тр}$ ) на пути трения ( $S$ ) 15000 м

По рисунку 3 можно установить период приработки и период, соответствующий установившемуся износу. На пути трения от 0 до 6000 м кривые отличаются на 15%. Это свидетельствует о том, что пары трения после шлифования и MAO имеют различный период приработки. На пути трения от 6000 до 15000 м, соответствующему установившемуся износу, момент трения образцов после MAO, меньше, чем момент трения образцов после шлифования в среднем на 0,7 Н·м.

**Заключение.** В результате проведенных испытаний на износостойкость штоков гидроцилиндров методами MAO и шлифования установлено, что применение MAO обеспечивает уменьшение момента трения в среднем на 0,7 Н·м, температуры на 8°C и коэффициента трения на 15-20%. Получение данных результатов объясняется более благоприятным микрорельефом и меньшей структурной неоднородностью поверхности штоков гидроцилиндров после MAO по сравнению с шлифованием.

### Список использованной литературы

1. Санкович, Е.С. Гидравлика, гидравлические машины, гидроприводы: учеб.-метод. пособие / Е. С. Санкович, А. Б. Сухоцкий. – Минск: БГТУ, 2005. – 137 с.
2. Гаврилов, К.Л. Основы гидропривода дорожно-строительных и сельскохозяйственных машин : учеб. пособие / К. Л. Гаврилов. – СПб. : Деан, 2011. – 232с.
3. Коновалов Е.Г., Шулев Г.С. Чистовая обработка деталей в магнитном поле ферромагнитными порошками. — Минск: Наука и техника, 1967. — 128с.
4. Акулович, Л.М. Основы профилирования режущего инструмента при магнитно-абразивной обработке / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2014. – 280 с.
5. Жданович, В.И. Исследование процесса магнитно-абразивной обработки наружных цилиндрических поверхностей. Автореф. дис. канд. техн. наук / В.И. Жданович; Физико-технический ин-т АН БССР – Минск, 1974. – 23с.
6. Обеспечение износостойкости изделий. Методы испытаний на износостойкость. Общие требования: ГОСТ 30480-97. – М.: Изд. Стандартов, 1997. – 11 с.
7. Давиденков, Н.Н. Избранные труды: в 2-х т. Т. 2. Механические свойства материалов и методы измерения деформаций / Н.Н. Давиденков - Киев: Наукова думка, 1981. – 656 с.