

### Библиографический список

1. Бородин, И.Ф. Электричество на очистке и сепарации семян / И.Ф. Бородин, В.Н. Шмигель // Сельский механизатор. – 1997, № 10, с. 20-22.
2. Пат. 2402383 Российская Федерация, МПК 03С7/02 Диэлектрический сепаратор зерновой смеси / Епищенко А.С., Новиков В.В., Ларионов Ю.В.; заявитель и па-

тентообладатель ФГОУ Самарская государственная сельскохозяйственная академия. - № 2009139245/03; заявл. 23.10.09; опубл. 27.10.10; Бюл. № 30. – 4 с.

3. Коновалов, В.В. Практикум по обработке результатов научных исследований с помощью ПЭВМ / В.В. Коновалов. – Пенза: ПГСХА, 2003. – 176 с.

УДК 631.3

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ АНТИФРИКЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

**Яковлев Сергей Александрович**, кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»  
432063, г. Ульяновск, Бульвар Новый Венец, 1  
E-mail: Jakseal@mail.ru

**Ключевые слова:** *электромеханическая обработка, антифрикционные свойства, поверхность, износ.*

*В статье предложена новая технология электромеханического воздействия, позволяющая повысить антифрикционные свойства деталей с одновременным снижением энергетических затрат на обработку. Приведены результаты исследований износостойкости деталей машин после различных способов упрочнения в сочетании с различными материалами.*

Качество машин и агрегатов в значительной мере определяют эксплуатационные свойства поверхностных слоев деталей. Поэтому исследования, направленные на технологическое обеспечение эксплуатационных свойств изделий при их изготовлении или ремонте, являются весьма актуальными.

Целью исследований являлось технологическое обеспечение антифрикционных свойств поверхностей деталей применением процессов электромеханической обработки (ЭМО) для повышения долговечности трущихся сопряжений.

ЭМО отличается технологической простотой и высокой эффективностью, низкими энергозатратами на выполнение операций процесса, безопасностью и экологической чистотой [1, 2]. Многочисленные исследова-

ния в области электромеханической обработки, проведенные в России и за рубежом, показали высокую конкурентоспособность этой технологии при изготовлении и восстановлении деталей машин, особенно в ремонтном производстве. Однако вопросы повышения триботехнических характеристик поверхностей после ЭМО мало изучены и требуют дополнительных исследований.

Как известно, антифрикционность – это способность сплава обеспечивать низкий коэффициент трения скольжения, следовательно, небольшие потери на трение и малую скорость изнашивания сопряженной детали. Антифрикционные свойства особенно важны в сопряжениях подшипников скольжения, поэтому объектом исследований являлись поверхности контакта стальных деталей с подшипниками скольжения,

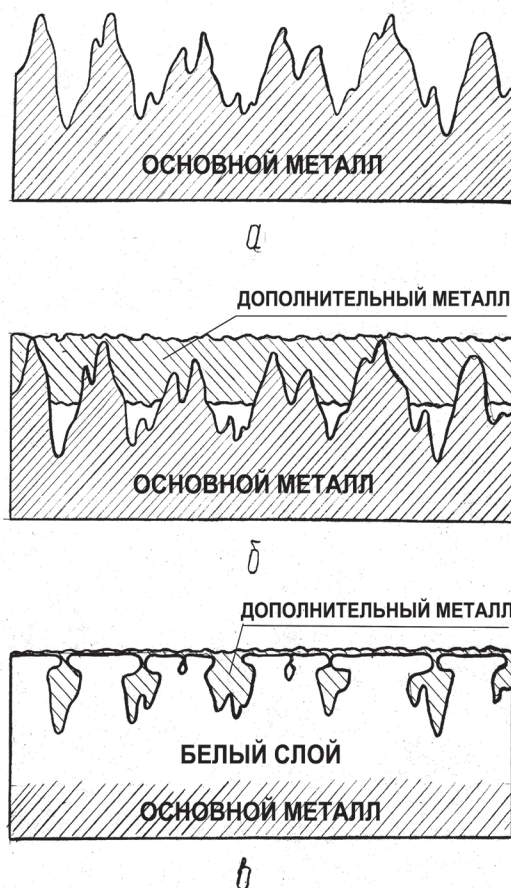
которые в основном изготавливают из сплавов меди (бронза, латунь), из чугуна, а иногда и из стали.

Для повышения антифрикционных свойств поверхностей в машиностроении и ремонтном производстве широко применяют финишную антифрикционную безабразивную обработку (ФАБО). Ее сущность заключается в том, что поверхности трения деталей покрывают тонким слоем (1...3 мкм) меди или ее сплавов, вследствие чего они приобретают высокие антифрикционные свойства и контактную жесткость. Этот способ повышает триботехнические показатели за счет заполнения полостей, устьев микротрещин и углублений микронеровностей присадочным материалом. Однако при таком способе обработки структура поверхностного слоя не изменяется и износостойкость поверхности повышается лишь частично.

Хорошие результаты показало предварительное нанесение на поверхность стальных и чугунных деталей тонкого антифрикционного слоя из меди или ее сплавов с последующим электромеханическим сглаживанием (ЭМС) твердосплавным инструментом.

На рисунке 1 представлена схема нанесения покрытий с последующим ЭМС [3]. На поверхность с исходной шероховатостью (рис. 1, а) наносят за счет принудительного трения дополнительный материал. Получается поверхность, состоящая из основного материала и дополнительного металла, частицы которого располагаются во впадинах исходного профиля, образуя незначительные пустоты (рис. 1, б). При последующем электромеханическом сглаживании в месте контакта обрабатывающего инструмента с деталью происходит деформация и местный нагрев поверхности выше температуры фазового превращения, что приводит к разрушению окисных пленок, смятию микронеровностей с одновременным плотным заполнением полостей, устьев микротрещин и углублений присадочным материалом – его «завальцовыванию» (рис. 1, в).

Такое комбинированное воздействие позволяет получить на поверхности микро рельеф поверхности из слоев с твердостью до 9 ГПа (белый упрочненный слой) и участками с нанесенным антифрикционным покрытием, что повышает антифрикционные свойства поверхностного слоя деталей и их коррозионную стойкость.



а) исходная поверхность; б) поверхность после натирания дополнительным металлом; в) поверхность после электромеханического сглаживания

**Рис. 1. Схема нанесения дополнительного антифрикционного материала с последующим ЭМС**

С целью повышения производительности такой технологии предложено одновременно наносить антифрикционный материал с помощью инструмента в виде прутка и проводить электромеханическое сглаживание твердосплавным неподвижным роликом, объединив пруток и ролик в одну электрическую рабочую цепь [4]. Та-

кой способ комбинированного воздействия на поверхность металлов был назван антифрикционной электромеханической обработкой (АЭМО). Использование прутка из антифрикционного материала для подвода электрического тока позволяет сократить непроизводительный расход электрической энергии за счет сокращения длины рабочей цепи, исключив из нее электроконтактное устройство, в котором происходит до 40% всех потерь.

Для исследования эффективности АЭМО использовали валы из стали 45, как наиболее распространенной в машиностроении. В качестве антифрикционного материала использовали медь МЗ, бронзу БрОЦС-3-5-5 и латунь Л-62. При использовании меди наблюдаются схватывания, что связано с высокой ее пластичностью. Лучшие результаты дает натирание бронзой.

При АЭМО исследовалось также влияние на перенос антифрикционных материалов скорости обработки и давления антифрикционного материала на натираемую поверхность. Наилучшие результаты

получены на следующих режимах: скорость обработки  $v=1,4...1,6$  м/с, давление антифрикционного материала 14...15 Па, подача инструмента-прутка  $s=0,1...1$  мм/об, при исходной шероховатости поверхности  $R_a$  2,5...6,3. Эти режимы довольно близки к режимам электромеханического сглаживания (ЭМС).

Для определения антифрикционных свойств деталей машин были изготовлены четыре партии роликов из стали 45. Первую партию образцов не подвергали дополнительному упрочнению, вторую партию образцов упрочняли электромеханическим сглаживанием (ЭМС), третью партию подвергали антифрикционной электромеханической обработке (АЭМО), четвертую партию упрочняли объемной закалкой в воде с последующим низким отпускком.

После взвешивания образцы подвергали износным испытаниям по схеме ролик – колодка в масле М-8В SAE 20W-20 ТУ-0253-052-04001396-02 на машине трения 2070 СМТ-1 по стандартной методике [5]. Материал колодок - нормализованная сталь

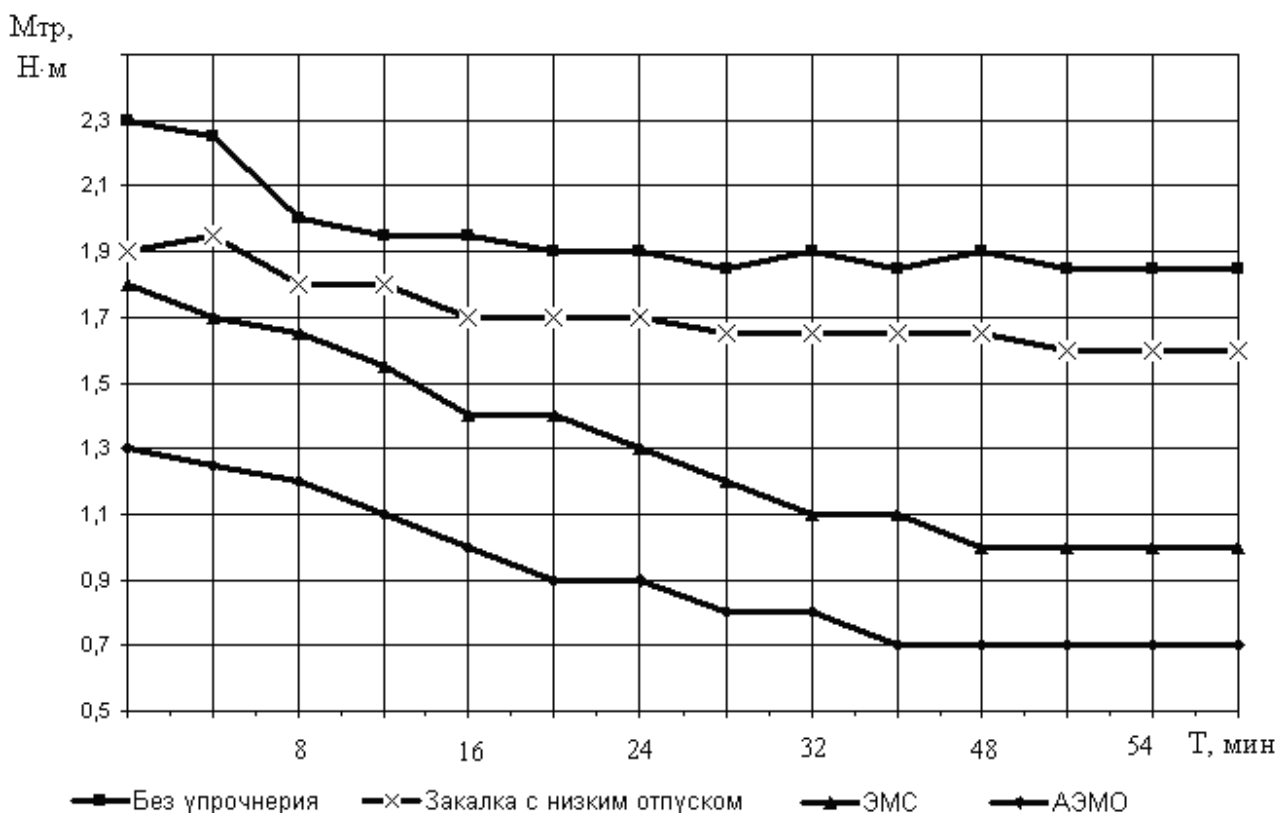


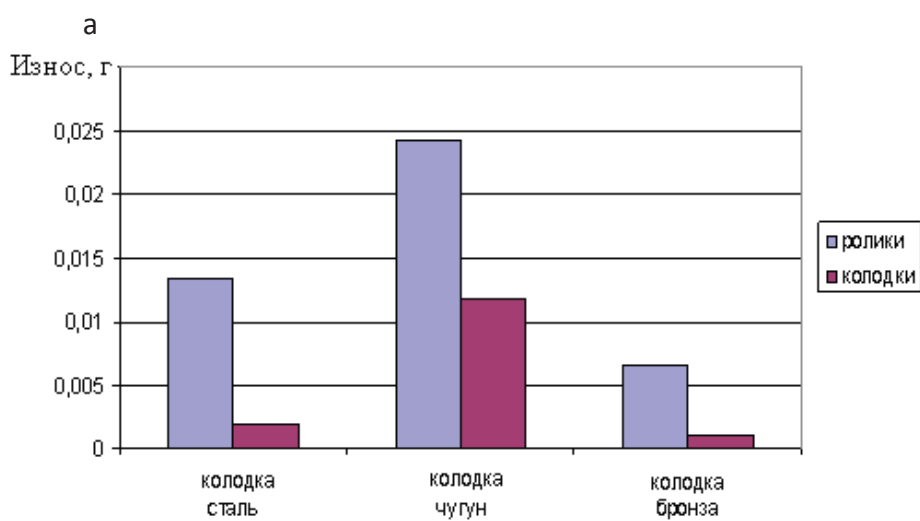
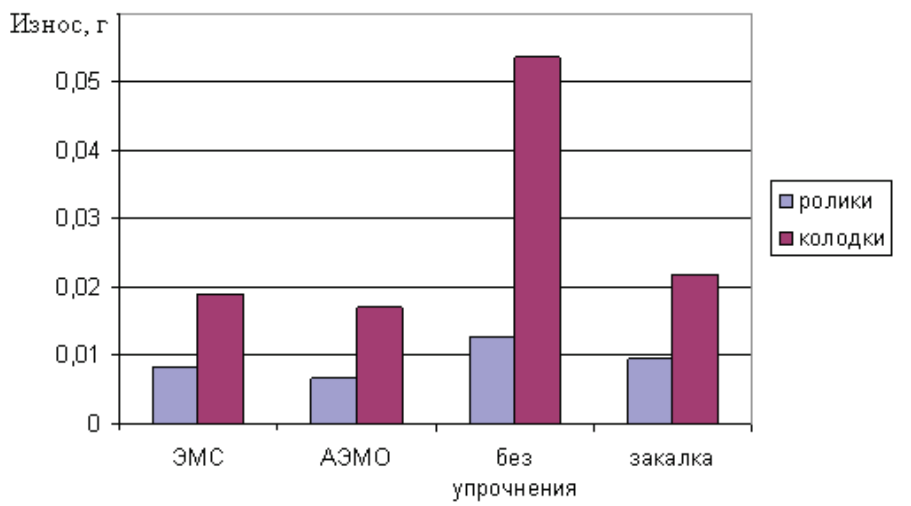
Рис. 2. Зависимость момента трения от времени приработки

45. Время испытания составляло 60 мин, частота вращения роликов - 500 мин<sup>-1</sup>, нагрузка на колодку - 600 Н.

Динамика изменения момента трения представлена на рисунке 2.

Проведя анализ динамики изменений момента трения, можно сделать вывод, что у роликов, подвергнутых АЭМО, в процессе испытаний был зарегистрирован наименьший момент трения. Это говорит о более высоких антифрикционных свойствах поверхности, что обеспечивает более низкую скорость изнашивания роликов, обработанных АЭМО, по сравнению с другими способами обработки роликов.

Сравнительная оценка износостойкости поверхностей деталей после различных методов обработки (рисунок 3, а) показала, что в сравнении с неупрочненными образцами объемная закалка с отпуском повышает износостойкость поверхности роликов в 1,32 раза, колодок - в 2,46 раза; электромеханическое сглаживание повышает износостойкость поверхности роликов в 1,57 раза, колодок - в 2,86 раза; антифрикционная электромеханическая обработка повышает износостойкость роликов в 1,9 раза, колодок - в 3,14 раза. Следует отметить повышение износостойкости поверхностей образцов после АЭМО по отношению к ЭМС для роликов в 1,21 раза, колодок - в 1,1 раза, что подтверждает повышение антифрикционных свойств деталей при применении процессов АЭМО.



**а** – ролики после различных способов обработки в паре трения со стальными колодками; **б** – ролики после АЭМО в паре трения с колодками из различных материалов

**Рис. 3. Износ роликов и колодок после испытаний на трение**

Для проверки износостойкости деталей машин после антифрикционной электромеханической обработки были проведены дополнительные исследования на износ при трении стальных роликов после АЭМО с колодками из различных материалов. Для этого были изготовлены колодки из стали 45, серого чугуна СЧ-21 и бронзы БрОСЦ-3-5-5.

На рисунке 3, б представлен средний износ роликов и колодок после проведения дополнительных износных испытаний.

Анализ данных показал, что самая высокая износостойкость наблюдается в паре трения ролика после его АЭМО с бронзовой колодкой. Пара трения стальной ролик по-

сле АЭМО - чугунная колодка дает по сравнению с другими парами трения повышенный износ как роликов, так и колодок.

По результатам трибологических испытаний можно сделать следующие выводы.

1. Выявлено значительное снижение момента трения образцов после электро-механической обработки. Минимальный момент трения имеют образцы после антифрикционной электро-механической обработки, что свидетельствует о высоких антифрикционных свойствах обработанных поверхностей.

2. Интенсивность изнашивания деталей после АЭМО по сравнению с деталями после ЭМС снижается на 10...21%.

3. Применение технологии АЭМО наиболее эффективно для деталей из стали, работающих в паре трения с деталями, изготовленными из бронзы.

#### **Библиографический список**

1. Аскинази Б.М. Упрочнение и вос-

становление деталей машин электро-механической обработкой. - М.: Машиностроение, 1989.-200 с.

2. Багмутов В.П., Паршев С.Н., Дудкина Н.Г., Захаров И.Н. Электро-механическая обработка: технологические и физические основы, свойства, реализация.- Новосибирск: Наука, 2003.-318 с.

3. Яковлев С.А., Луночкина С.Р. Теоретические предпосылки повышения коррозионной стойкости деталей машин электро-механической обработкой. Вестник УГСХА, 2006, № 1, с. 70...73.

4. Патент № 2193606 РФ, 7С23С24/02. Способ обработки стальных и чугунных поверхностей изделий/В.И.Жиганов, С.А.Яковлев; заявл. 02.02.2000, опубл. 27.11.2002. Бюл. № 33.

5. Методы экспериментальной оценки фрикционной совместимости материалов трущихся сопряжений РД 50-662-88 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Издательство стандартов, 1988. -8 с.