

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОТВЕРСТИЙ ДЕТАЛЕЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ДВУСТОРОННЕМУ ИЗНОСУ, ПРИМЕНЕНИЕМ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЗАКАЛКИ

Морозов Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология машиностроения»

Фрилинг Владимир Александрович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Материаловедение и технология машиностроения»

Шамуков Нязиф Иксанович, старший преподаватель кафедры «Материаловедение и технология машиностроения»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-97,

e-mail: alvi.mor@mail.ru

Ключевые слова: гладкие цилиндрические подвижные соединения, контактное взаимодействие, двухсторонний износ, избирательная электромеханическая закалка, износостойкость.

В работе рассмотрены взаимодействия гладких цилиндрических подвижных соединений, приводящие к неравномерному износу. Определен ряд деталей, подверженных данному виду износа, и рассмотрено его влияние на работоспособность сопряжения и механизма в целом. Апробирован способ двухсторонней избирательной электромеханической закалки поверхностей отверстия, подверженных износу. Исследовано влияние данного способа на износостойкость гладких цилиндрических соединений.

Введение

Основной проблемой отечественного сельскохозяйственного машиностроения является низкая долговечность производимых машин. Обеспечение работоспособности техники сводится, в основном, к замене старых деталей новыми, что повышает издержки на ремонт и снижает эффективность ее использования. Основой повышения работоспособности и надежности отремонтированной техники является повышение качества ремонта на основе применения современных технологий и оборудования, увеличивающих ресурс отремонтированных сборочных единиц, агрегатов и машин до 100 % уровня ресурса новых.

По результатам анализа литературных источников и практического опыта [2] установлено, что в технике большое количество разнообразных механизмов теряет свою работоспособность по причине изнашивания рабочих поверхностей

деталей гладких цилиндрических подвижных соединений, к которым относят шарниры, направляющие, подшипники скольжения и т.д. В зависимости от конструктивных особенностей машин, их назначения и выполняемых операций при взаимодействии

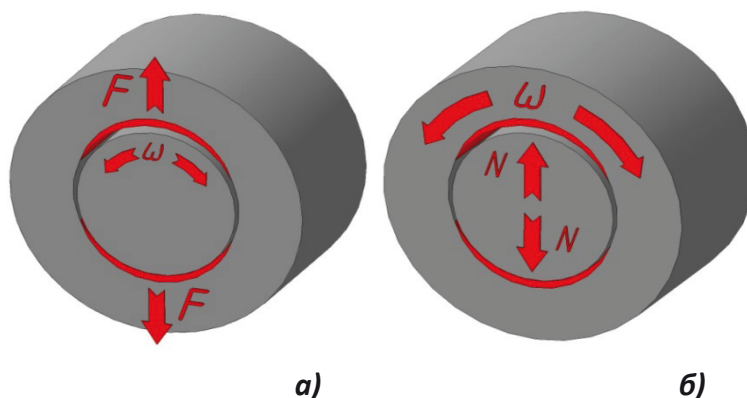


Рис. 1 - Контактное взаимодействие гладких цилиндрических соединений в процессе работы:

а) воздействие поверхности отверстия на поверхность вала;

б) воздействие поверхности вала на поверхность отверстия



а)

б)

Рис. 2 - Детали, имеющие неравномерный износ отверстия:

а) вилка карданной передачи; б) поворотный кулак автомобиля КамАЗ

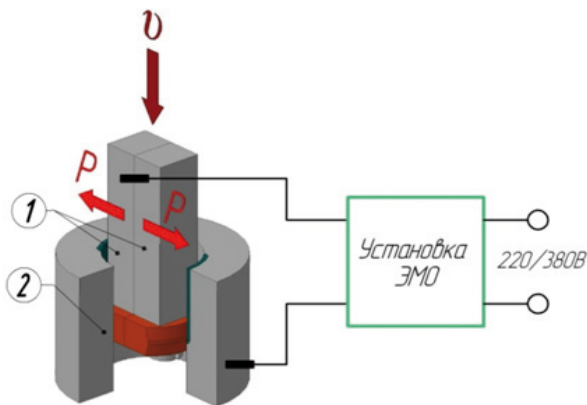


Рис. 3 – Схема процесса двусторонней ИЭМЗ: 1 – державка с инструментом; 2 – деталь



Рис. 4 – Втулка, обработанная двусторонней ИЭМЗ

гладких цилиндрических соединений нагрузки на рабочие поверхности деталей могут распределяться неравномерно.

Например, поверхность отверстия может оказывать знакопеременную радиальную нагрузку на вал. При этом вал вынужден совершать колебательное движение (рис. 1 а), либо вал, установленный в отверстие, оказывает знакопеременную нагрузку на его поверхность, совершая колебательные движения (рис. 1 б).

Для большинства деталей, работающих в условиях трения скольжения, долговечность определяется не столько величиной износа, сколько закономерностью изнашивания вдоль образующих поверхностей трения.

К деталям гладких подвижных соединений, которые в процессе эксплуатации испытывают направленный износ отверстия в виде эллипса, можно отнести отверстия вилки карданной передачи, проушины гидроцилиндров, отверстия поворотного кулака грузовых автомобилей и многие другие детали, широко применяемые в различных отраслях народного хозяйства (рис. 2).

Особенностью работы таких деталей является неравномерность распределения нормальной нагрузки и скоростей скольжения по трущимся поверхностям, что приводит к неравномерному износу вдоль образующей поверхности соединения, потере первоначальной геометрической формы, а в результате - к ухудшению работоспособности и уменьшению долговечности пары трения в целом. В настоящее время это не учитывают ни при проектировании, ни при изготовлении изделий. Это приводит к снижению конкурентоспособности выпускае-

Таблица 1

Характеристика образцов пар трения

№ п/п	Деталь	Материал	HV, МПа	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Пара трения
<i>Базовое соединение</i>					
1	Втулка, термически необработанная	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2600...2720	1,25	Колодка
	Вал, термически необработанный	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2600...2720	0,8...1,25	Ролик
<i>Соединения, включающие втулки, подвергнутые ИЭМЗ</i>					
2	Втулка, обработанная двусторонней ИЭМЗ на следующих режимах: $I = 1000A$; $P = 10H$; $u = 120$ мм/мин.	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	6820...6870	0,32	Колодка
	Вал, термически необработанный	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2600...2720	0,8...1,25	Ролик
3	Втулка, обработанная двусторонней ИЭМЗ на следующих режимах: $I = 1000A$; $P = 10H$; $u = 120$ мм/мин.	СЧ 21 ГОСТ 1412-85	7150...7190	0,46	Колодка
	Вал, термически необработанный	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2600...2720	0,8...1,25	Ролик

мой продукции и неоправданным расходам на ремонт.

В результате изнашивания отверстия соединения изменяется его геометрия, увеличивается зазор между деталями, нарушается взаимное расположение деталей, возрастают динамические нагрузки на детали.

Предельный износ деталей соединения оказывает влияние на технические, экономические и экологические показатели работы техники.

Также необходимо заметить, что восстановление изношенного отверстия представляет собой трудоёмкий многооперационный процесс.

В основном детали, имеющие характерный износ отверстия, заменяют на но-

вые, что не решает имеющуюся проблему.

На основании вышеизложенного можно заключить, что разработка эффективной технологии повышения износостойкости отверстий подвижных соединений, имеющих неравномерный износ, является актуальной задачей, решение которой отчасти позволит повысить ресурс изделия в целом.

Объекты и методы исследований

С целью снижения изнашивания отверстий анализируемых деталей на кафедре «Материаловедение и технология машиностроения» разработана технология двусторонней избирательной электрохимической закалки (ИЭМЗ) участков отверстий, подверженных износу [1 - 4] (рис. 3 - 4).

Для подтверждения эффективности



а)

предлагаемой технологии были проведены износные сравнительные исследования, направленные на установление количественных триботехнических характеристик пар трения с базовыми втулками и втулками, подвергнутыми ИЭМЗ.

Сравнительные лабораторные исследования износостойкости образцов проводили на модернизированной машине трения 2070 СМТ-1 по стандартной методике в соответствии с ГОСТом 23.224-86 по схеме «ролик-колодка» (рис. 5).

Исследованию подвергали пары трения с упрочненной и не упрочненной поверхностью контрообразца (базовое соединение) (табл. 1).

В исследованиях использовали образцы, если площадь их взаимного прилегания при установке на испытательной машине составляла не менее 90 % от номинальной расчетной поверхности контакта.

Ролик одевали на нижний шпиндель и закрепляли гайкой. Колодка при исследовании удерживалась с помощью шарика, уста-



б)

Рис. 5 – Оборудование для проведения лабораторных триботехнических исследований: а) - общий вид модернизированной машины трения 2070 СМТ-1; б) - испытательная камера

новленного в просверленном гнезде, что позволяет ей самоустанавливаться относительно ролика. Такое крепление обеспечивает хорошую воспроизводимость результатов при повторных опытах.

Исследование проводили с консистентной смазкой «Литол-24», в которую добавляли 3 % (по массе) кварцевую пыль с размером частиц 20...40 мкм (ГОСТ 800268) при частоте вращения шпинделя машины трения $n = 200 \text{ мин}^{-1}$. Нагрузка на колодку составляла 800 Н, длительность исследований - 6 часов.

В процессе проведения триботехнических исследований снимали показания момента трения и температуры в зоне трения образцов, так как данные показатели напрямую влияют на износостойкость образцов.

Момент трения измеряли в период приработки и основного износа образцов. Окончание приработки определяли показанием потенциометра машины трения СМЦ-1.

Износ определяли взвешиванием образцов на аналитических весах ВЛР-200 с

погрешностью $\pm 0,0005$ г. Перед взвешиванием образцы промывали в керосине и высушивали в сушильном шкафу.

Результаты исследований

Результаты замеров момента трения и температуры в зоне трения представлены на рис. 6, 7. Из графиков видно, что в период приработки как момент трения, так и температура имеют повышенное значение, вследствие формирования в данный интервал времени равновесной шероховатости у трущихся поверхностей. Кроме того, у базового соединения момент трения и температура значительно выше, чем у исследуемых как в период приработки, так и при установившемся трении.

Следует отметить, что период приработки исследуемых соединений в среднем на 18 минут короче, чем у базового. Такой результат можно объяснить тем, что в процессе ИЭМЗ происходит термическое упрочнение, а также частичный перенос материала бронзового инструмента на обрабатываемую поверхность. Бронза затирает острые вершины обработанной ИЭМЗ поверхности, что в последующем благоприятно влияет на характер смазывания трущихся поверхностей, исключает разрывы пленки смазочного материала. В результате снижается момент трения и, как следствие, повышается износостойкость исследуемых соединений (рис. 8).

Для подтверждения ре-

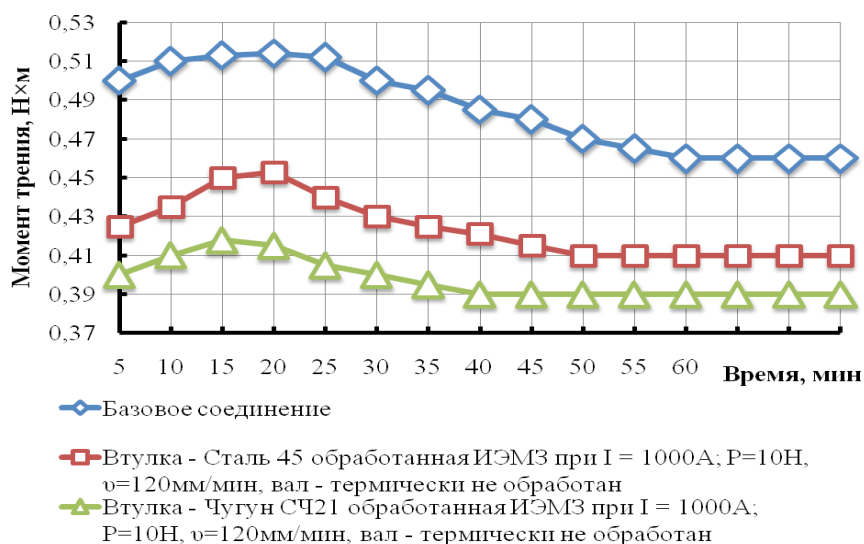


Рис. 6 – Результаты изменения момента трения образцов

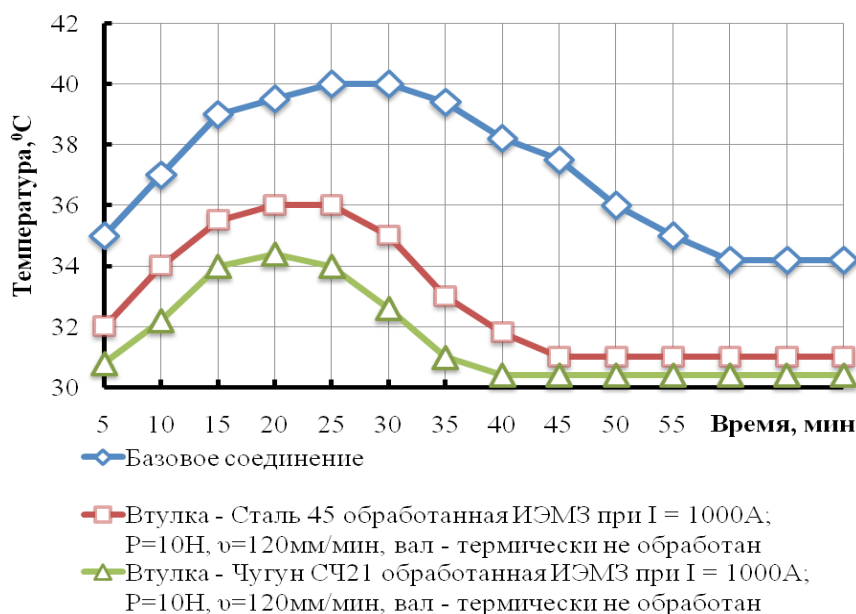


Рис. 7 – Результаты изменения температуры образцов

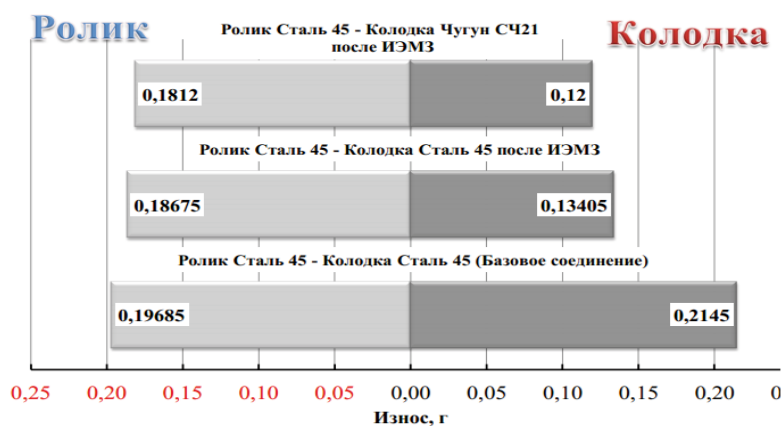


Рис. 8 - Износостойкость исследуемых образцов

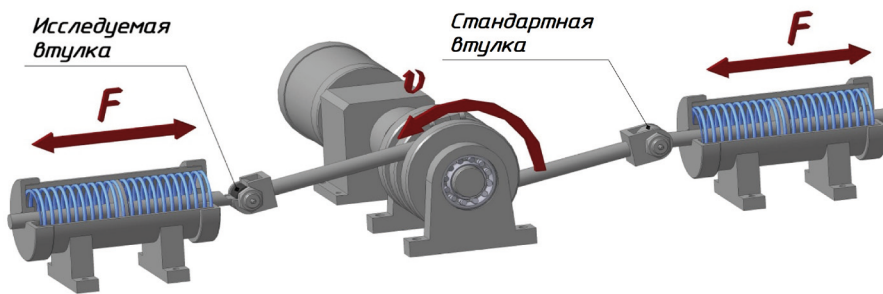


Рис. 9 – Схема работы стенда

зультатов лабораторных исследований были проведены исследования на специально сконструированном и изготовленном на кафедре «Материаловедение и технология машиностроения» стенде, который позволяет имитировать рабочий процесс механизма, вызывающего вследствие неравномерного воздействия силы трения скольжения «овализацию» отверстия. Схема работы стенда представлена на рисунке 9.

Стенд позволяет исследовать износостойкость упрочненной и не упрочненной втулок одновременно.

Разработанный стенд (рис. 10) состоит из корпуса 1, внутри которого установлен двигатель постоянного тока. Двигатель соединен с кривошипом 2, установленным в двух подшипниковых опорах 5, 6 на корпусе стенда, ременной передачей. На кривошипе установлены шатуны 3, 4.



Рис. 10 - Стенд для исследования износостойкости втулок (обозначения в тексте)

В верхней части корпуса установлены нагружающие устройства 7, 8 с оттарированными пружинами. Исследуемые образцы устанавливали в вилках нагружающих устройств и шарнирно при помощи осей соединяли со свободными концами шатунов. Исследуемые втулки ориентировали закаленными участками в направлении действия силы трения скольжения. Регулировку частоты вращения кривошипа, равную 200 мин^{-1} , осуществляли при помощи управляющего оборудования, которое состоит из реостата 9 и регулятора напряжения 10.

Радиальную нагрузку на исследуемые втулки задавали путем сжатия оттарированной пружины на каждом нагружающем устройстве. Стенд предусматривает исследование при сухом трении, а также с подводом смазочного материала в зону трения. Для этого в торце каждой оси имеются каналы для подвода смазочного материала к внутренней поверхности втулки. Пластичную смазку нагнетали по каналам через пресс-масленку.

Частота вращения маховика установки составляла 200 мин^{-1} . Нагрузку изменяли посредством оттарированных пружин нагружающих устройств.

Продолжительность исследования фиксировали электронным секундомером, которым фиксировали только чистое время работы стенда.

Измерение частоты вращения в совокупности с контролем времени работы стенда позволяло точно устанавливать на-

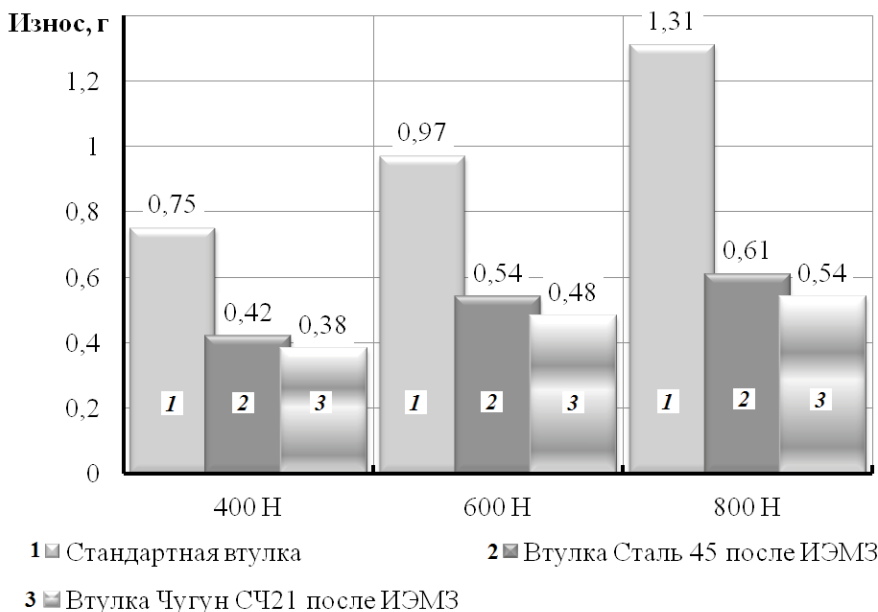


Рис. 11 - Сравнительная износостойкость втулок

работку каждой испытываемой втулки.

Длительность исследований составляла 24 часа, радиальную нагрузку на исследуемые образцы устанавливали в 400 Н, 600 Н, 800 Н. Консистентную смазку «Литол-24» с добавлением 3 % кварцевой пыли с частицами размером 20...40 мкм (по массе), подавали к парам трения через каждые 2 часа с помощью пресс-масленок, установленных в торцах осей.

Износ втулок фиксировали по изменению массы, взвешивая их на аналитических весах ВЛР-200 с погрешностью до $\pm 0,0005$ г. Взвешиванию для каждого измерения износа предшествовало промывание деталей в керосине и сушка в сушильном шкафу.

Результаты стендовых исследований представлены на рис. 11 для трех втулок в зависимости от усилия нагружения.

Выводы

Графики свидетельствуют о том, что износ втулок из стали 45 и чугуна СЧ21, обработанных двусторонней ИЭМЗ, не зависимо

от нагружения, гораздо меньше износа стандартных подобных деталей. Полученные результаты подтверждают эффективность применения двусторонней ИЭМЗ отверстий деталей, имеющих вследствие эксплуатации износ в виде эллипса.

Библиографический список

1. Фрилинг, В.А. Влияние режимов избирательной электро-механической закалки поверхности отверстия на глубину упрочненного слоя / В.А. Фрилинг// Научно – технический вестник Поволжья. - 2012.- № 2. - С. 295 - 300.
2. Федорова, Л.В. Повышение износостойкости втулки балансира трактора МТЗ-80.1 избирательной электро-механической закалкой / Л.В. Федорова, А.В. Морозов, В.А. Фрилинг // Известия ТулГУ. – 2012.- Выпуск 9. - С. 18 – 21.
3. Федоров, С.К. Исследование температурных полей в зоне контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью в процессе избирательной электро-механической закалки / С.К. Федоров, А.В. Морозов, В.А. Фрилинг // Известия ТулГУ –2012. - Выпуск 9.- С. 117 – 125.
4. Морозов, А.В. Пат. 117341 Россия, МПК В24В 39/00. Устройство для местного электро-механического упрочнения поверхности отверстия / Фрилинг В.А., Федорова Л.В., Федоров С.К. - № 117341; заявл. 12.12.2011. опубл. 27.06.2012. Бюл. № 18 – 2 с.