

УДК 631.3

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЗАКАЛКА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШЛИЦЕВЫХ ВТУЛОК ПОЛОСОВЫМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ИСТОЧНИКОМ

*А.В. Морозов, кандидат технических наук, доцент,
Д.Р. Мушарапов, магистрант 2 курса инженерного факультета
ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА, Ульяновск, Россия*

Ключевые слова: Шлицевые соединения, шлицевая втулка, износ, электромеханическая закалка, микроструктура, микротвердость.

В данной работе рассмотрен характер поврежденных шлицевых соединений. Отдельное внимание уделено износу рабочих поверхностей шлицевых втулок, на основании чего предложен наиболее эффективный способ электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевой втулки полосовым высокотемпературным источником. Проведены лабораторные исследования микроструктуры и микротвердости закаленных рабочих поверхностей шлицевой втулки.

Введение. В конструкциях серийно выпускаемых тракторов и сельскохозяйственных машин, а также в разрабатываемых перспективных машинах, широко применяются шлицевые соединения для передачи мощности от силового агрегата к двигателям, рабочим органам и другим узлам и агрегатам машины. Особенностью шлицевых соединений тракторов и сельскохозяйственных машин является то, что величина нагрузки, условия работы и условия сочленения в процессе работы изменяются в широких пределах и в ряде случаев, при экстремальных условиях, отклоняются от допустимых значений в зависимости от объективно и субъективно складывающихся условий технической эксплуатации машин. На работоспособность шлицевого соединения влияет нарушение соосности сочленения, технические неисправности и поломки приводимых рабочих органов, узлов, различные дорожные, почвенно-климатические условия, глубина обработки почвы, забиваемость, залипание почвой, урожайность и др. факторы. Поэтому надежность и долговечность шлицевых соединений во многом определяет надежность и долговечность машины в целом. Вместе с тем работоспособность шлицевых соединений в серийных машинах в ряде случаев невысокая. Необходимость ее повышения возрастает, поскольку наблюдается рост удельной мощности передаваемой силовыми передачами машин.

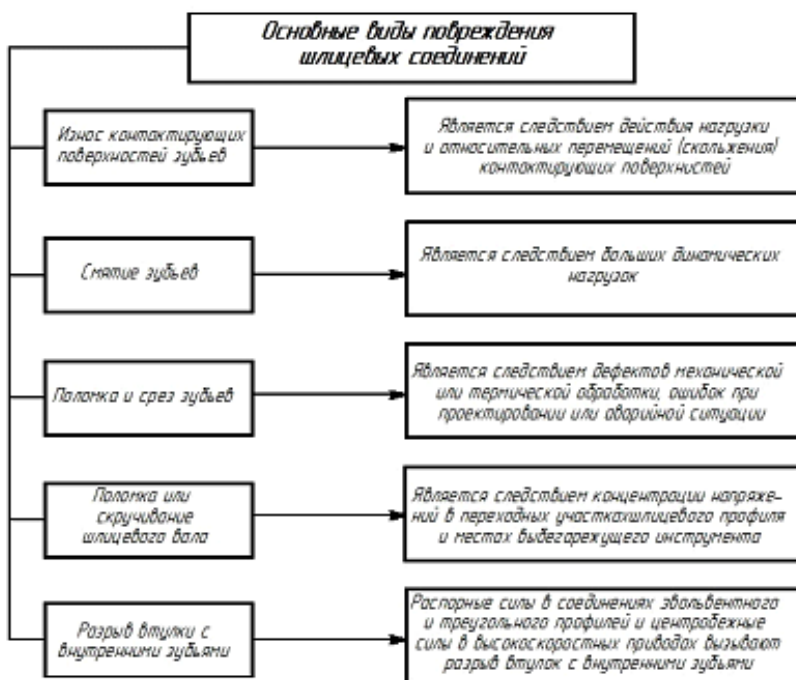


Рисунок 1 - Дефекты шлицевых соединений и причины их возникновения

Наибольшее распространение в отечественном машиностроении в настоящее время имеют прямобочные шлицевые соединения, доля которых составляет около 80%. Применяют прямобочные шлицевые соединения в таких тракторах как Т-74; К-701; Т-25; Т-150; и др., так же и применяют в автомобилях ГАЗ-69; ЗИЛ-130; УАЗ-452; ГАЗ-53Ф и др., в различной мобильной технике сельскохозяйственного назначения.

Характер повреждения шлицевых соединений зависит от условий нагружения, конструкции, технологии изготовления и др. Большое влияние оказывает материал шлицевых деталей, вид и режимы упрочняющей обработки, точность изготовления, зазоры в соединении и смазка.

Известны следующие основные виды повреждения шлицевых соединений (рисунок 1):

Износ зубьев после приработки пропорционален числу циклов нагружения причем с увеличением твердости скорость изнашивания

снижается.

Из проведенного анализа следует отметить, что из вышеперечисленных повреждений шлицевых соединений преобладает износ контактирующих поверхностей зубьев в виде выработки в месте сопряжения вала со втулкой. Это основная причина выхода из строя шлицевых соединений в трансмиссиях тракторов, автомобилей и техники сельскохозяйственного назначения. Применение упрочняющих технологий с целью повышения долговечности шлицевых соединений является необходимой операцией в общем технологическом цикле их изготовления.

Распространенным способом поверхностного упрочнения применительно к деталям шлицевого соединения, является закалка ТВЧ. В связи с технологическими особенностями данный способ в основном применяется для упрочнения рабочих поверхностей шлицевых валов, и практически не применяется для закалки шлицевых втулок, особенно малого диаметра (менее 40 мм). Кроме того, было установлено, что отсутствуют эффективные технологии поверхностного упрочнения рабочей поверхности шлицевых втулок данного диаметра. В связи с этим втулки эксплуатируются с низкими эксплуатационными свойствами рабочих поверхностей, что существенно лимитирует срок их эксплуатации и сопряжения в целом. Вместе с тем следует отметить, что изготовление шлицевых втулок более трудоемкий и затратный процесс, чем изготовление шлицевых валов.

Методика исследований. На основании вышеизложенного, с учетом ранее проведенных исследований [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], нами предлагается способ электромеханической закалки (ЭМЗ) рабочих поверхностей шлицевых втулок полосовым высокотемпературным источником (рисунок 2).

Данный способ заключается в том, что оправку со шлицевым бронзовым инструментом (количество шлицов инструмента, соответствует количеству шлицов втулки) [8, 9] подводят к верхней части шлицевой втулки, поворотом оправки обеспечивают надежное прижатие рабочей части инструмента к одной из сторон рабочей поверхности втулки. В дальнейшем от установки электромеханической обработки подается технологический ток на втулку и инструмент ($j = 220...250 \text{ А/мм}^2$) и одновременно осуществляется вертикальное перемещение инструмента к нижней части втулки. После перемещения инструмента к нижней части втулки, ток отключается, инструмент поворотом в обратную сторону прижимается к противоположной боковой поверхности шлицевой втулки, после чего производится повторное включение технологического тока той же плотности и инструмент вертикально перемещается к верхней части шлицевой втулки.

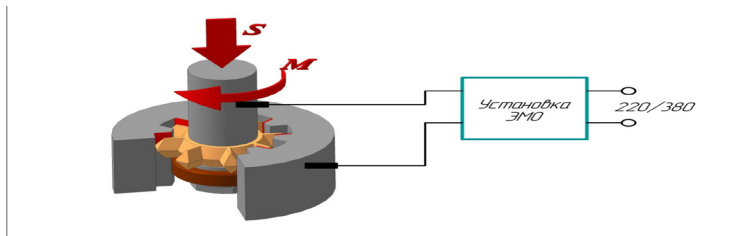


Рисунок 2 - Схема процесса электрохимической закаливания рабочих поверхностей шлицевой втулки



Рисунок 3 - Образец шлицевой втулки после ЭМЗ

Экспериментальная часть. Для оценки качества и прогнозирования работоспособности обработанной ЭМЗ рабочей поверхности втулки проводились металлографические исследования полученной структуры. На рисунке 3 представлен образец шлицевой втулки после ЭМЗ ее рабочих поверхностей. Темные участки на данной втулке свидетельствуют о воздействии на них концентрированными потоками тепловой энергии.

Из обработанных ЭМЗ втулок для проведения металлографических исследований изготавливали микрошлифы в соответствии с методикой ГОСТ 2789 – 73.

Выявление микроструктуры образцов осуществляли травлением в 5% растворе азотной кислоты в течении 8 с. После травления образцы промывали проточной водой и просушивали при помощи листов фильтровальной бумаги.

Исследование микроструктуры полученных шлифов проводили при увеличении в 140 и 320 раз с помощью исследовательского микроскопа МИМ – 7. Испытание на микротвердость проводили с помощью микротвердомера ПМТ– 3 алмазной пирамидкой с углом при вершине 136°.

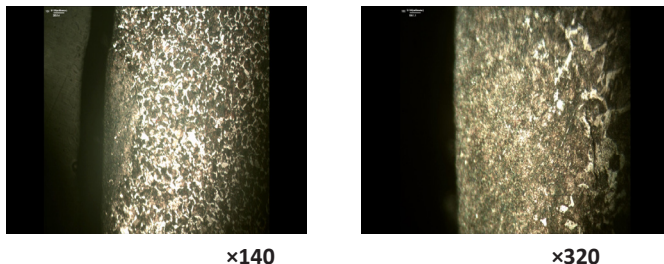


Рисунок 4 - Микроструктура рабочей поверхности втулки после ЭМЗ

После травления в результате макроструктурного анализа на поверхностях подвергнутых ЭМЗ были выявлены участки темного цвета характерные для закаленных областей. В основном участки имели сегментную форму, что свидетельствует о характере температурного воздействия.

Высокие свойства закаленных участков объясняются возникновением в нем бесструктурного мартенсита, характеризующегося, большой дисперсностью структуры, значительной концентрационной неоднородностью и существенными искажениями кристаллического строения.

На рисунке 4 представлены микрофотографии поверхностного слоя рабочих поверхностей шлицевых втулок упрочненных ЭМЗ.

Кинетика образования аустенита в доэвтектоидной стали при нагреве характеризуется определенными особенностями, связанными с наличием в ней структурно свободного феррита. При высокоскоростном нагреве доэвтектоидной стали в условиях ЭМЗ становится возможным независимое превращение структурно свободного феррита в безуглеродистое γ -железо, т.е. без взаимодействия между ним и науглероженным: аустенитом. С повышением скорости нагрева растворение избыточного феррита в аустените постепенно «подавляется», в результате чего все большая часть феррита перегревается до более высоких температур, при которых создаются термодинамические предпосылки для его бездиффузионного превращения в аустенит, типичного для чистого железа, с последующим образованием в таких областях малоуглеродистого мартенсита.

На рисунке 5 представлен график распределения твердости по глубине рабочих поверхностей шлицев исследуемых образцов, обработанных ЭМЗ. Замер микротвердости проводили по центру упрочненного участка.

Выводы. Анализируя полученные результаты (рисунок 5) можно отметить, что твердость обработанной ЭМЗ рабочих поверхностей шлице-

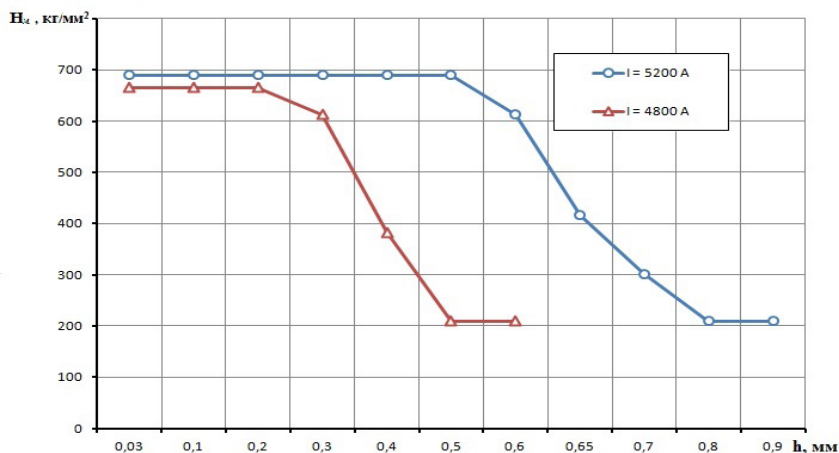


Рисунок 5 – График распределения микротвердости по глубине шлицевой втулки из стали 40X после ЭМЗ рабочей поверхности в зависимости от силы тока при $v = 66$ мм/мин

вой втулки при силе тока 5200 А повысилась до 687 кгс/мм², что практически в 3 раза выше первоначальной твердости. Глубина упрочненного слоя на данном режиме составляет 0,6 мм. Также следует отметить, что при силе тока 4800 А, в сравнении с предыдущим режимом, при незначительном снижении твердости глубина упрочненного слоя составляет 0,3 мм.

Библиографический список

1. Морозов, А.В. Разработка классификации процессов электромеханической обработки отверстий движущимся высокотемпературным полосовым источником / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2015. - № 3. С. 44-50.
2. Морозов, А.В. Повышение послеремонтного ресурса сопряжения привода выталкивателя штампа станка ПШ-2 применением процессов электромеханической обработки / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов // Журнал «Научное обозрение», № 4. Москва 2012. С 230-236.
3. Федорова, Л.В. Исследование влияния содержания углерода на микротвердость при избирательной электромеханической закалке трибонагруженного участка отверстия / Л.В. Федорова, А.В. Морозов, В.А. Фрилинг // Известия ТулГУ. - Выпуск 3, 2012. С 9-14.

4. Морозов, А.В. Исследование микротвердости упрочненных участков на поверхности отверстия сформированных сегментной электромеханической закалкой / А. В. Морозов, Н.И. Шамуков, Н.Н. Горев // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения Материалы IV Международной научно-практической конференции. Редакционная коллегия: главный редактор В.А. Исайчев. 2012. С. 104-109.
5. Федорова, Л.В. Повышение износостойкости втулки балансира трактора МТЗ-80.1 избирательной электромеханической закалкой / Л.В. Федорова, А.В. Морозов, В.А. Фрилинг // Известия ТулГУ. - Выпуск 9, 2012. С 18-21.
6. Федорова, Л.В. Повышение эффективности электромеханической закалики отверстий гладких цилиндрических подвижных сопряжений, испытывающих одностороннюю радиальную нагрузку/ Л.В. Федорова, А.В. Морозов, В.А. Фрилинг // Журнал «Ремонт, восстановление, модернизация», № 8. Москва 2012. С 49-53.
7. Федоров, С.К. Электромеханическая поверхностная закалка втулок трака бульдозера «KOMATSU» / С.К. Федоров, А.В. Морозов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. Научный журнал, № 3. Барнаул 2013. С 102-107.
8. Пат. № 2572677 Российская Федерация, В23D43/00. Инструмент для электромеханической закалики рабочих поверхностей шлицевых втулок / А.В. Морозов, Н.Н. Горев, Д.Р. Мушарапов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина».- Заявл. 16.09.2014; опубл. 20.01.2016 Бюл. № 2.
9. Пат. № 154591 Российская Федерация, В23D43/00. Инструмент для электромеханической закалики рабочих поверхностей шлицевых втулок / А.В. Морозов, Н.Н. Горев, Д.Р. Мушарапов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина».- Заявл. 16.09.2014; 27.08.2015 Бюл. № 24.

ELECTROMECHANICAL HARDENING THE WORKING SURFACES OF THE SLOTTED BUSHINGS BANDPASS HIGH-TEMPERATURE SOURCE

Morozov A.V., Musharapov D.R.

Key words: *Spline connection, splined bushing, wear, Electromechanical hardening, microstructure, microhardness.*

In this paper, the nature of the damage splines. Special attention is paid to the wear of the working surfaces of the slotted bushings on the basis of which propose the most effective method of Electromechanical hardening the working surfaces of the slotted sleeve bandpass high-temperature source. Laboratory investigations of the microstructure and the microhardness of the hardened working surfaces of the slotted sleeve.