

УДК 631.3

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НА ПОВЕРХНОСТИ СВЕРНУТЫХ ВТУЛОК ИЗ Бр.ОЦС4-4-2,5 НЕСВОБОДНЫМ ОБЪЕМНЫМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ДОРНОВАНИЕМ

*А.В. Морозов, кандидат технических наук, доцент
тел. 8(8422) 55-95-97 alvi.mor@mail.ru*

*Г.Д. Федотов, кандидат технических наук, доцент
тел. 8(8422) 55-95-90 gdf.ugsha@mail.ru*

*Д.Р. Мушарапов, магистрант 1 курса damir1993233@rambler.ru
ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА*

Ключевые слова: свернутые бронзовые втулки, объемное электромеханическое дорнование, свинец.

В работе рассмотрено положительное влияние мягких металлов на поверхности трения на снижение коэффициента трения, времени приработки и повышение долговечности подшипников скольжения. Экспериментально подтверждено выделение свинца на поверхности свернутых втулок из Бр. ОЦС 4-4-2,5 в результате обработки объемным электромеханическим дорнованием.

Задача повышения эксплуатационной надежности деталей машин приобретает все большее значение в связи с увеличением механической и тепловой напряженности узлов трения. Подшипники скольжения с мягкими вкладышами, широко распространенные в технике, работают в условиях граничной смазки. Даже подшипники скольжения, предназначенные для работы в режиме жидкостного трения вынуждены работать в условиях ограниченной смазки во время пуска и остановки машины. В связи с этим интенсивность изнашивания подшипников скольжения, работающих в условиях внешнего трения, определяется совместимостью контактирующих материалов.

Однако поверхности всех реальных подшипниковых материалов покрыты пленками сложного состава и взаимодействие между валом и

вкладышем происходит через пленки, покрывающие их поверхности, и составом пленок, разделяющих контактирующие поверхности, можно управлять процессом трения и изнашивания, применяя дополнительные технологические операции.

Процесс деформирования отдельных, наиболее нагруженных, участков должен проходить только в поверхностных слоях, не вовлекая в деформацию ниже расположенные слои. Облегченная поверхностная деформация с низким значением коэффициента трения достигается при помощи следующих технологических процессов.

1. Нанесение тонких поверхностных плёнок мягких металлов, полимерных покрытий или твёрдых смазок.

2. Образование тонких мягких плёнок в процессе контактирования поверхностей вследствие эффекта схватывания с мягкой структурной составляющей сплава или резкого разупрочнения поверхностных слоёв, а также в результате эффекта избирательного переноса.

3. Размягчение отдельных контактных участков поверхностей вследствие высокого уровня нагрева, создающегося на участках с пониженной теплопроводностью.

Применение объемного электромеханического дорнования (ОЭМД) для подшипников скольжения с мягкими вкладышами позволяет сформировать на границе раздела пленку из антифрикционных легкоплавких металлов из матричного материала вкладыша за счет высоких температур и давлений в зоне контакта инструмента с обрабатываемой втулкой.

Основным преимуществом мягких металлов по сравнению с другими антифрикционными материалами является возможность их применения при высоких нагрузках, а также при криогенных ($-200\text{ }^{\circ}\text{C}$) и высоких температурах (до $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$), слабая зависимость коэффициента трения от условий нагружения, отсутствие газовой выделений. Кроме того, покрытия из мягких металлов обладают хорошей адгезией к металлам, высокой износостойкостью, тепло- и электропроводностью. Они обеспечивают возможность получения покрытий с плавным увеличением сопротивления сдвигу по нормали к поверхности трения.

В работе приведены результаты исследований по влиянию режимов несвободного ОЭМД [1] на выделение свинца из матричного материала свернутой втулки из Бр.ОЦС 4-4-2,5 к поверхности.

Втулки устанавливали в обоймы с зазором H_{11}/h_{11} , после чего осуществляли ОЭМД по схеме сжатия на вертикально-фрезерном станке 6В11 твердосплавным инструментом – дорном (Т15К6) диаметром $D = 30\text{ мм}$.

Из обработанных втулок были изготовлены фрагменты. Для сравнения влияния режимов ОЭМД на свойства обработанной поверхности исследовались фрагменты необработанной втулки и втулок, обработанных ОЭМД на различных режимах [2, 3].

Электронно-микроскопические изображения были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа XL30 ESEM-TMP производства фирмы FEI/Philips Electron Optics.

Микрорентгеноспектральный анализ проводился с помощью спектрометра волновой дисперсии (INCA Wave 700) производства фирмы Oxford Instruments установленного на данном сканирующем электронном микроскопе.

С поверхности образцов, подготовленных из обработанных ОЭМД втулок, были получены электронно-микроскопические изображения распределения свинца на внутренних поверхностях втулок. На картах (рисунок 1) светлый цвет соответствует распределению свинца на поверхности втулки.

В электронно-микроскопическом изображении в отраженных электронах видны области химических элементов с большим атомным номером (более светлые – предположительно свинцово-содержащие области).

С целью идентификации прогнозируемого результата поверхность необработанной втулки сравнивали с поверхностью втулок, обработанных ОЭМД (см. рисунок 1).

С увеличением силы тока (рисунок 1 б, в), и, как следствие, увеличением температуры в зоне контакта инструмента с поверхностью втулки, наблюдается увеличение количества выделенного свинца. Данное явление объясняется тем, что свинец практически нерастворим в оловянных бронзах в твердом состоянии [4]. Структура оловянно-цинково-свинцовых бронз БрОЦС4-4-2,5 состоит из кристаллов α - твердого раствора и включений свинца. Под действием высокой температуры и давления в процессе ОЭМД некоторая часть свинца выдавливается на поверхность из приповерхностных слоев (рисунок 3).

Увеличение натяга ОЭМД способствует «размазыванию» выделившегося свинца по поверхности втулки (рисунок 1, в).

Данные по содержанию химических элементов на поверхности свернутых втулок из Бр ОЦС 4-4-2,5, обработанных ОЭМД были сняты в трех точках (рисунок 2), а результаты сведены в таблицу.

Из таблицы видно, что доля свинца в исследуемых областях (точках) на поверхности свернутой втулки из Бр ОЦС 4-4-2,5 после ОЭМД существенно превышает его содержание в основе. В связи, с чем можно

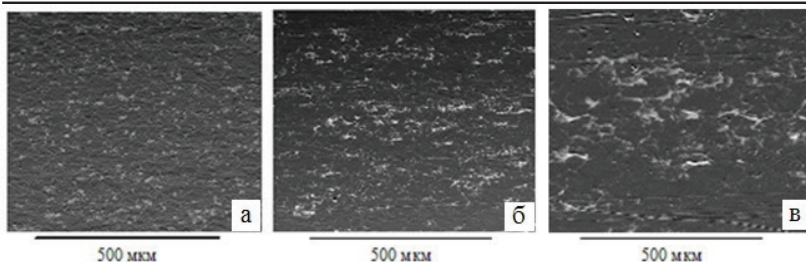


Рисунок 1 - Электронно-микроскопические изображения поверхности свернутой втулки из Бр ОЦС 4-4-2,5, $d = 30$ мм: а – не обработанная; б – после ОЭМД (сила тока $I = 4400$ А; натяг $i = 0,1$ мм; скорость перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности $u = 220$ мм/мин); в – после ОЭМД (сила тока $I = 5200$ А; натяг $i = 0,5$; скорость перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности $u = 420$ мм/мин)

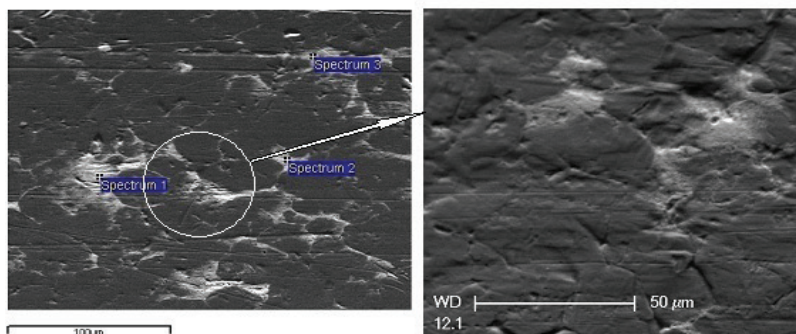


Рисунок 2 –Точки количественного анализа свинца на поверхности свернутой втулки из Бр ОЦС 4-4-2,5 после ОЭМД на режимах: $I = 5200$ А; $i = 0,5$; $u = 420$ мм/мин

сделать вывод о том, что в результате несвободного ОЭМД свернутых втулок можно не только получать качественное прессовое соединение [5], но и влиять на процесс трения подшипника скольжения за счет формирования благоприятной шероховатости и элементного состава на поверхности втулки [6].

Таблица - Содержание химических элементов на поверхности свернутых втулок из Бр ОЦС 4-4-2,5

Место анализа	Массовая доля элементов, %			
	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Sn</i>	<i>Pb</i>
Основа	89,0±0,4	3,78±0,08	3,56±0,06	1,8±0,3
Точка 1	35,2±0,2	1,61±0,07	0,61±0,06	60,5±0,3
Точка 2	8,53±0,09	0,61±0,06	<0,06	91,2±0,5
Точка 3	28,8±0,3	2,3±0,07	1,22±0,06	60,6±0,2

Библиографический список

1. Морозов А.В. Объемное электромеханическое дорнование тонкостенных стальных втулок / Монография. – Ульяновск, УГСХА им. П.А. Столыпина, 2013 г. - 193 с.
2. Морозов А.В., Байгулов А.В. Формирование свойств поверхности при объемном электромеханическом дорновании втулок из бронзы Бр ОЦС 5-5-5. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. Научно- теоретический журнал, № 4. Ульяновск 2011. С 116-121.
3. Морозов А.В., Байгулов А.В. Рентгеноструктурный анализ поверхности втулки, изготовленной из бронзы Бр ОЦС 5-5-5, обработанной объемным электромеханическим дорнованием. Вестник ФГБОУ ВПО МГАУ, №2. Москва 2011. С 31-33.
4. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди. под ред. Шухардина С.В. Наука, 1979 г.
5. Морозов А.В., Абрамов А.Е., Байгулов А.В. Качество прессового соединения, полученного объемным электромеханическим дорнованием бронзовых втулок в замкнутом объеме. Журнал «Научное обозрение», № 1. Москва 2013. С 91-97.
6. Морозов А.В., Байгулов А.В. Влияние режимов объемного электромеханического дорнования на износостойкость бронзовых втулок. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. Научно- теоретический журнал, № 1. Ульяновск 2013. С 155-160.

THE FORMATION OF THE ELEMENTAL COMPOSITION ON the SURFACE OF THE ROLLED UP SLEEVES OF OF BrOTsS 4-4-2,5 VOLUME ELECTROMECHANICAL DORNOVANIEM

Morozov A.V., Fedotov G.D., Masharipov D.R.

Key words: wrapped bronze bushing, three-dimensional Electromechanical burnishing, lead.

The paper considers the positive influence of soft metal on the friction surfaces to reduce friction, the running time and increase the durability of bearings. Experimentally confirmed the allocation of lead on the surface of the rolled up sleeves of BrOTsS 4-4-2,5 as a result of processing volume Electromechanical dornovaniem.