

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕМОНТА ГРУППЫ ВАЛ – ВКЛАДЫШ  
ВОДЯНЫХ НАСОСОВ ДВС**

**ШТЕМПЕЛЬ О. П., ФРУЦКИЙ В. А.**

*(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой;  
г. Новополоцк, Республика Беларусь)*

*В работе сделан анализ основных методов восстановления параметров рабочих поверхностей вкладышей подшипников скольжения водяных насосов ДВС, предложен свой метод проведения процесса восстановления вкладышей вала насоса водяной помпы. Согласно предложенному методу, восстановление вала проводится методами наплавки и напыления, а восстановление вкладышей можно проводить методами селективного лазерного спекания (технология SLS). Проведены исследования возможностей применения различных вариантов восстановления. Произведен сравнительный анализ методов получения деталей и их свойств.*

**Ключевые слова:** *износостойкость, восстановление, вкладыши, подшипники скольжения, насосы водяной помпы, трибосопряжение.*

**Введение.** Решение задачи реставрации и увеличения несущей способности подшипников скольжения, а также увеличения их износостойкости является проблемой многочисленных научно-исследовательских работ [1–3]. При этом попадание инородных частиц и загрязнений в подшипники скольжения приводит к появлению рисок и задиров, коррозионных оспин, избыточной выработке как самого подшипника, так и сопряженного с ним вала [3]. Существует ряд способов восстановления изношенных вкладышей подшипников, включающий закрепление на вкладышах дополнительного компенсационного слоя материала и механическую обработку антифрикционного слоя в заданные размеры [4–6]. Развитие научно-технического прогресса в машиностроении в части создания и применения новых материалов и методов их получения и обработки приводит к созданию материалов, обладающих уникальными свойствами, необходимыми в данных условиях эксплуатации. Поэтому исследования, направленные на разрешение теоретических и практических вопросов, возникающих при восстановлении вкладышей подшипников скольжения остаются актуальными.

**Цель работы.** Одним из перспективных способов восстановления эксплуатационных характеристик подшипников скольжения является применение многокомпонентных материалов, содержащих определенный набор структурных

составляющих и легирующих элементов, способных взять на себя определенные функции. При этом, согласно правилу Шарпи, они должны располагаться определенным образом в сечении рабочего слоя детали.

Целью работы является создание трибосопряжения близкого по свойствам к оловянистым и оловянно-свинцовистым бронзам со сталью.

**Выделение нерешенного.** В работе будет рассмотрен вопрос развития метода восстановления вкладышей вала и сопряженных подшипников водяных насосов ДВС с помощью селективного лазерного спекания (технология SLS) и селективного лазерного сплавления (технология SLM).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Варианты многоэлементных покрытий были рассмотрены в работах [8, 9, 10] и проанализированы области их применения. После анализа условий эксплуатации и режимов работы, за основу предложено принять материал, содержащий: Cu-18%, В-1,8%, основу при этом составляли отходы обработки серого чугуна (СЧ 20) стружка 2 группы фракцией в 63–120 мкм.

Варианты нанесения порошковых материалов при ремонте валов более подробно рассматривались в работах [11–14]. При восстановлении подшипников нанесение материала проводилось методами селективного лазерного спекания и селективного лазерного сплавления. При этом ставилась задача добиться эксплуатационных характеристик на уровне антифрикционных бронз (таблица).

Таблица. – МикродюрOMETрический анализ материала на основе композита

Введенные легирующие элементы	Технология	МикродюрOMETрические характеристики фаз		Твердость рабочего слоя, НВ
		Микротвердость Н <sub>20</sub> , МПа	Количество, %	
1	2	3	4	5
Исходная стружка+В+Cu	SLM	До 500	3,5	110±16
		500 – 1000	53	
		1000 – 1500	18	
		1500 – 2000	15	
		2000 – 2500	10,5	
Исходная стружка+В+Cu	SLS+ SLM	До 500	6,9	160±12
		500 – 1000	20	
		1000 – 1500	31,5	
		1500 – 2000	40,5	
		>3000	1,1	
Исходная стружка+В+Cu	SLM+ SLS	До 500	21,9	240±12
		500 – 1000	26	
		1000 – 1500	31,5	
		1500 – 2000	20,5	
		>3000	4,1	

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
Исходная стружка+V+Cu	SLS	До 500	18,8	115±16
		500 – 1000	21,9	
		1000 – 1500	40,7	
		1500 – 2000	18,8	

При отработке технологии SLS смесь порошков равномерно распределяли по поверхности втулки и затем подвергали лазерному спеканию. При отработке технологии SLM смесь порошков подавали непосредственно в зону сплавления. При отработке совместных технологий изначально материал сплавляли, образуя матричный слой, а затем поверх матрицы наносили смесь порошков для последнего спекания. Таким образом достигали строения материала, отвечающее принципу Шарпи, при котором существует матрица-воспринимающая основные нагрузки, а вокруг и внутри матрицы располагается антифрикционный слой, который наносился во взаимно перпендикулярных направлениях.

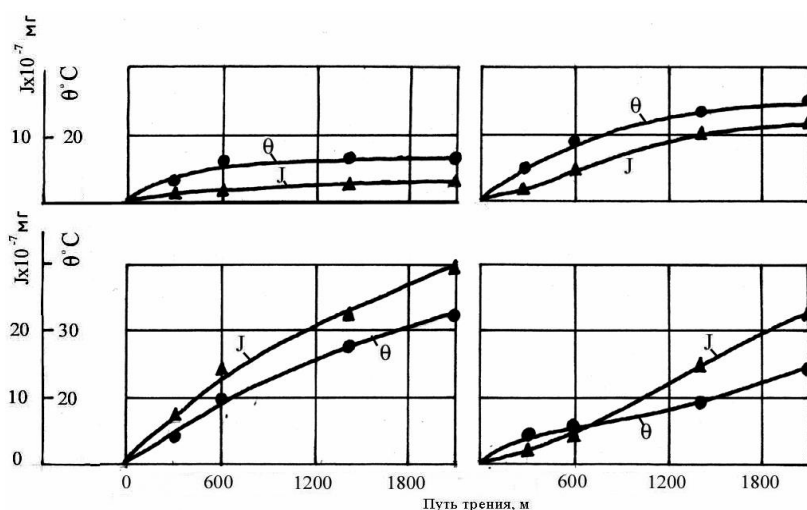


Рисунок. – Изменение температуры и износа вкладыша с покрытием из отходов в процессе испытаний при переменной нагрузке.

Технологии получения: а) SLM + SLS; б) SLS + SLM; в) SLM; г) SLS

**Заключение.** На эксплуатационные характеристики покрытия существенное влияние оказывают не только химический состав наносимого материала, но и метод его нанесения, определяющий микроструктуру полученного рабочего слоя. Наименьшая теплопроводность и соответственно неудовлетворительные эксплуатационные свойства характерны для покрытий нанесённых, методом SLM. Это обусловлено крайне низкой теплопроводностью дисперсной эвтектической механической смеси бористого феррита и бороцементита. При этом смесь наносилась наплавлением, что не позволяет получать четко выраженную структуру материала. Увеличение теплопроводности покрытий с доэвтектической

концентрацией бора, обусловленное уменьшением доли эвтектики за счет увеличения количества бористого феррита, обеспечивающее повышение эксплуатационных свойств, при этом создание композиционной структуры материала, соответствующей правилу Шарпи, путем сочетаний технологий SLM + SLS соответствует наилучшим показателям эксплуатационных свойств.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Камынин В.В. Разработка и использование антифрикционных чугунов для тяжело нагруженных узлов трения: Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук: 05.16.01. – Курск, 2000. – 18 с.
2. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; Под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003 – 672 с.
3. Ragutkin A.V., Sidorov M.I., Stavrovskij M.E. Some Aspects of Antifriction Coatings Application Efficiency by Means of Finishing Nonabrasive Antifriction Treatment. Journal of Mining Institute. 2019. Vol. 236, p. 239–244.
4. 3. Климов А.А. Исследование графитных включений в микроструктурах чугуна тормозных локомотивных колодок // А.А. Климов, А.В. Стручков, В.Б. Бондарик, В.П. Ильинский, С.В. Домнин, В.П. Кирпиченко / Вестник ПНИПУ. – 2017. – Т. 19 – № 3 – с 19–32.
5. Штемпель О.П. Интенсификация диффузионного легирования металлических порошков для защитных покрытий в подвижных порошковых смесях: Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук / ПГУ.- Новополоцк, 2003. – 24 с.
6. Авсиевич А.М. Технология формирования износостойких газотермических покрытий из диффузионно-легированных самофлюсующихся порошков на железной основе: Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук / БНТУ. – Минск, 2003. – 24 с.
7. Лысенко Ю.В., Балакин В.А. Экспериментальные исследования температуры в теплонагруженных узлах трения // Трение и износ. – Т. 24, 2003. – № 2. – С. 179–185.
8. Сороговец В.И. Получение износостойких покрытий плазменной наплавкой диффузионно-легированных самофлюсующихся порошков: Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук: 05.02.01. – Новополоцк, 2001. – 24 с.
9. Константинов В.М., Фруцкий В.А. Газотермические покрытия из диффузионно-легированной стружки, как альтернатива антифрикционным бронзам // Ремонт, восстановление, модернизация, - 2002. – № 6. – С. 36–39.
10. Константинов В.М., Фруцкий В.А. Взаимосвязь структуры и свойств антифрикционных газотермических покрытий из боромедненной чугунной стружки // Вестник Полоцкого государственного университета, серия В, 2003. – Т. 2. – № 2. – С. 7–11.
11. Пилипенко С.В., Фруцкий В.А. Альтернативные материалы для ремонта роторной группы насос-моторов. // Вестник Полоцкого государственного университета, серия В, 2019. – № 3. – С. 102-106.
12. Ярошевич В.К., Белоцерковский М.А. Антифрикционные покрытия из металлических порошков. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 174 с.
13. Смирнов Е.В., Ионин В.Е. Виды переноса тепловой энергии в металлических плазменно-напыленных покрытиях и некоторая качественная оценка их теплопроводности // Инженерно-физический журнал. – 1970. – Т. 18. – № 4. – С. 17–20.
14. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением: Теория, технология и оборудование. – М.: Металлургия, 1992. – 432 с.