УДК 621.762.27

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-7-242-25-28

Е. В. Агеев, А. С. Переверзев

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СПЕЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ
ИЗ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ СВИНЦОВИСТОЙ БРОНЗЫ,
ПОЛУЧЕННОЙ В КЕРОСИНЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОМ***

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск

e-mail: chaser-93@yandex.ru

В статье представлены результаты исследования износостойкости спеченных образцов из электроэрозионной свинцовой бронзы. Дисперсные частицы получали путем электроэрозионного диспергирования отходов сплава БрС30 в углеродсодержащей среде – осветительном керосине. Затем полученные электроэрозионные материалы подвергали прессованию с помощью ручного настольного пресса Herzog TP 20 при давлении 1500 МПа и спеканию в печи Nabertherm GmbH RS 80/300/13 в течение 2 часов при температуре 827 °С в среде аргона. Далее исследовали шероховатость поверхности полученных образцов, коэффициент трения и фактор износа образцов.

Коэффициент трения и скорость износа поверхности образцов и контртела измеряли на автоматизированной машине трения по стандартной схеме испытания «шарик – диск». Испытания проводили на воздухе при нагрузке 2 Н и линейной скорости 10 см/с, радиусом кривизны износа 5–6 мм, путь трения составлял 200 метров.

Показано, что шероховатость по трем измерениям поверхности образца составляет $R_a = 0,38$ мкм, высота неровностей профиля по 10 точкам $R_z = 10,3$. Среднее арифметическое отклонение профиля спеченного изделия соответствует 8 классу шероховатости деталей. Высота неровностей профиля по 10 точкам соответствуют 6 классу шероховатости деталей. Коэффициент трения составил 0,395. Фактор износа образца составил $347 \times 10^{-6} \text{ мм}^3 \text{Н}^{-1} \text{м}^{-1}$.

Ключевые слова: электроэрозионное диспергирование, свинцовистая бронза, спеченные изделия, износостойкость.

E. V. Ageev, A. S. Pereverzev

**ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF WEAR RESISTANCE OF SINTERED ITEMS
FROM ELECTROEROSION LEAD BRONZE OBTAINED IN KEROSIN LIGHT**

South-Western State University, Kursk

The article presents the results of a study of the wear resistance of sintered samples of lead erosion bronze. Dispersed particles were obtained by electroerosive dispersion of BrS30 alloy waste in a carbon-containing medium - illuminating kerosene. Then, the obtained erosion materials were pressed using a Herzog TP 20 hand-held table press at a pressure of 1500 MPa and sintered in a Nabertherm GmbH RS 80/300/13 furnace for 2 hours at a temperature of 827 °C in argon atmosphere. Then studied the surface roughness of the obtained samples, the friction coefficient and the wear factor of the samples.

The friction coefficient and the wear rate of the surface of the samples and the counterbody were measured on an automated friction machine according to the standard ball-disk test scheme. The tests were carried out in air at a load of 2 N and a linear speed of 10 cm / sec, a radius of curvature of wear of 5-6 mm, the friction path was 200 meters.

It was shown that the roughness by three measurements of the sample surface is $R_a = 0.38 \text{ }\mu\text{m}$, the height of the profile irregularities at 10 points $R_z = 10.3$. The arithmetic mean deviation of the profile of the sintered product corresponds to the 8th class of roughness of the parts. The height of the profile irregularities at 10 points corresponds to the 6th class of roughness of the parts. The friction coefficient was 0.395. The wear factor of the sample was $347 \times 10^{-6} \text{ mm}^3 \text{N}^{-1} \text{m}^{-1}$.

Keywords: electroerosive dispersion, lead bronze, sintered products, wear resistance.

Введение

Свинцовистая бронза БрС30 характеризуется хорошими антифрикционными свойствами и высоким сопротивлением заеданию, поэтому применяется для высоконагруженных подшипников.

Свинцовистые бронзы находят применение преимущественно в качестве антифрикционных деталей узлов трения-скольжения машин. По сравнению с оловянными бронзами, которые тоже предназначены к антифрикционному применению, свинцовистые бронзы имеют пре-

имущества по экономическим и эксплуатационным показателям: свинец менее дефицитен, чем олово, а теплопроводность свинцовых бронз в 4 раза выше теплопроводности оловянных бронз, то есть свинцовые бронзы обеспечивают лучшие условия теплоотвода от поверхности трения [1].

В связи с широким применением свинцовистых бронз в промышленности остро стоит вопрос об утилизации скапливающихся отходов.

Существует множество методов переработки металлоотходов в пригодные для практического применения материалы: размол, дробление. Но энергозатратность этих методов довольно высока [2–5].

Примененный в данной работе метод электроэрозионного диспергирования, отличающийся невысокой энергозатратностью, позволяет измельчать металлоотходы до микро- и нанодробей, в том числе и отходы свинцовистой бронзы. Получаемые таким способом частицы могут быть повторно использованы для восстановления и упрочнения изношенных узлов и деталей машин [6].

Целью данной работы являлось проведение исследования спеченных образцов из электроэрозионной свинцовистой бронзы, полученной из отходов сплава БрС30 в керосине осветительном.

Материалы и методы исследования

Для получения электроэрозионных материалов отходы свинцовой бронзы загружались в реактор установки электроэрозионного диспергирования [7], заполненный рабочей жидкостью – керосином осветительным. При этом использовали следующие параметры работы установки:

- частота следования импульсов 95...105 Гц;
- напряжение на электродах 190...200 В;
- емкость конденсаторов 65,5 мкФ [8–10].

В результате электроискровых разрядов в зоне контакта электродов и с диспергируемым материалом отходов образовывались дисперсные частицы, которые в дальнейшем подвергали прессованию и спеканию.

Прессование проводили с помощью ручного настольного пресса Herzog TP 20 при давлении 1500 МПа. Спекание проводили в печи Nabertherm GmbH RS 80/300/13 в течение 2 часов при температуре 827 °С в среде аргона. Полученные образцы исследовали различными методами.

Коэффициент трения и скорость износа поверхности образцов и контртела измеряли на автоматизированной машине трения Tribometer по стандартной схеме испытания «шарик-диск». Испытания проводили на воздухе при нагрузке 2 Н и линейной скорости 10 см/с, радиусом кривизны износа 5–6 мм, путь трения составлял 200 м. В результате проведенных испытаний оценивали износостойкость образца и статистического партнера (шарика) по фактору износа.

Результаты и их обсуждение

Результаты испытаний представлены анализом исследования шероховатости (рис. 1); оптического изображения пятна износа контртела (шарика) после многократных проходов по исследуемой поверхности образца (рис. 2), зоны механического контакта контртела – образец (рис. 3), профилем бороздки износа поверхности образца (рис. 4) и сводной таблицей трибологических характеристик образца.

Рис. 1. Шероховатость поверхности образца

Экспериментально установлены следующие параметры шероховатости спеченного образца: среднее арифметическое отклонение профиля $R_a = 0,38$; высота неровностей профиля по 10 точкам $R_z = 10,3$.

Рис. 2. Оптическое изображение пятна износа контртела (шарика) после многократных проходов по исследуемой поверхности образца

Рис. 3. Зона механического контакта контртело – образец

Рис. 4. Профиль бороздки износа поверхности образца

Трибологические характеристики

Коэффициент трения (μ)					Фактор износа статистического партнера, $\text{мм}^3 \cdot \text{H}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} \times 10^{-6}$	Фактор износа образца, $\text{мм}^3 \cdot \text{H}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} \times 10^{-6}$
Начальный	min	max	mean	Std. dev.		
0,259	0,259	0,494	0,395	0,060	2,305	347

Выводы

Экспериментально установлены следующие трибологические характеристики спеченных образцов из электроэрозионной свинцовистой бронзы, полученной из отходов сплава БрС30 в осветительном керосине:

1. Параметры шероховатости спеченного образца: среднее арифметическое отклонение

профиля $R_a = 0,38$; высота неровностей профиля по 10 точкам $R_z = 10,3$;

2. Ширина бороздки износа составила 396,26 мкм;

3. Среднее значение коэффициента трения составило 0,395.

4. Фактор износа образца и статистического партнера составил $347 \times 10^{-6} \text{ мм}^3 \text{H}^{-1} \text{м}^{-1}$

и $2,305 \times 10^{-6} \text{ мм}^3 \text{ Н}^{-1} \text{ м}^{-1}$ соответственно.

Приведенные результаты исследования позволяют определить наиболее рациональную область применения полученных спеченных изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Ч. 1. Материаловедение. Стандарт третьего поколения : учеб. пособие / В. М. Александров. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет, 2015. – 327 с.
2. Новиков, Е. П. Микроанализ электронскровых покрытий на основе электроэрозионных порошков / Е. П. Новиков, Е. В. Агеева, А. Ю. Алтухов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – № 3 (72). – С. 34–40.
3. Агеева, Е. В. Рентгеноспектральный микроанализ порошка, полученного из отходов быстрорежущей стали электроэрозионным диспергированием в керосине / Е. В. Агеев, Е. А. Воробьев // Вестник машиностроения. – 2014. – № 11. – С. 71–72.
4. Фазовый состав частиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием сплава в бутиловом спирте / Е. В. Агеева, А. Ю. Алтухов, С. С. Гулидин, Е. В. Агеев, А. А. Горохов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2016. – № 1 (18). – С. 20–25.
5. Агеев, Е. В. Применение медных порошков в производстве и ремонте деталей автомобилей / Е. В. Агеев, Н. М. Хорьякова, В. С. Малюхов // Современные автомобильные материалы и технологии: сб. ст. V Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2013. – С. 18–23.
6. Агеев, Е. В. Электрическая эрозия в производстве порошковых материалов / Е. В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии : сб. ст. I Междунар. науч.-тех. конф. / Курск. гос. техн. ун-т. – Курск, 2009. – С. 11–14.
7. Агеев, Е. В. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов. Патент РФ № 2449859. 10.05.2012.
8. Переверзев, А. С. Проведение рентгеноспектрального микроанализа порошка свинцовой бронзы, полученного электроэрозионным диспергированием в дистиллированной воде / А. С. Переверзев, Е. В. Агеев // Прогрессивные материалы и технологии изготовления заготовок : Материалы Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых. – Рыбинск : РГТУ им. П. А. Соловьева, 2018. – С. 31–34.
9. Размерный анализ электроэрозионного порошка свинцовой бронзы, полученного в дистиллированной воде / А. С. Переверзев, Е. В. Агеев, А. С. Ось-минина, И. Ю. Григоров // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2018. – № 4 – С. 42–49.
10. Переверзев, А. С. Влияние напряжения на электродах на производительность процесса электроэрозионного диспергирования отходов свинцовой бронзы в дистиллированной воде / А. С. Осьминина, А. С. Переверзев // Молодежь и XXI век – 2018 : Материалы VIII Международной молодежной научной конференции. – Курск, 2018. – С. 170–173.