Е. В. Агеева, Б. Н. Сабельников

**РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО
ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА, ПОЛУЧЕННОГО В СРЕДЕ ЭТИЛОВОГО СПИРТА
ИЗ ОТХОДОВ БЕЗВОЛЬФРАМОВОГО ТВЕРДОГО СПЛАВА МАРКИ КНТ16**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск

e-mail: ageeva-ev@yandex.ru, sabelnikovboris1@mail.ru

Первое появление безвольфрамовых твердых сплавов (БВТС) отмечено еще в начале 30-х годов прошлого столетия, но они не получили должного внимания и, соответственно, распространения по причине недостаточной прочности и были вытеснены вольфрамсодержащими сплавами таких групп, как ВК, ТК и ТТК. Однако развивающийся огромными темпами дефицит дорогостоящего вольфрама подтолкнул в конце 50-х годов вернуться к поискам твердых сплавов, состав которых не включает вольфрам.

В связи со все большим ростом спроса на безвольфрамовые твердые сплавы в промышленности остро стоит проблема переработки их отходов с возможностью повторного применения.

Целью настоящей работы являлось проведение рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) порошкового материала (ПМ), полученного электроэрозионным диспергированием (ЭЭД) в этиловом спирте из отходов безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16.

Полученный порошковый материал исследовали с помощью энергодисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп «QUANTA 600 FEG». В ходе проведения научного исследования были получены спектры характеристического рентгеновского излучения на поверхности экспериментально полученного образца.

Результаты, полученные в ходе проведения научного исследования могут быть использованы при создании экологически безопасных ресурсосберегающих процессов переработки отходов безвольфрамовых твердых сплавов в порошковые материалы.

Ключевые слова: безвольфрамовые твердые сплавы, КНТ16, порошковый материал, электроэрозионное диспергирование, рентгеноспектральный микроанализ.

E. V. Ageeva, B. N. Sabel'nikov

X-RAY SPECTRAL MICROANALYSIS OF ELECTROEROSIVE POWDER MATERIAL OBTAINED IN AN ETHYL ALCOHOL MEDIUM FROM WASTE OF A NON-TUNGSTEN HARD ALLOY OF THE KNT16 BRAND

Southwest State University, Kursk

The first appearance of tungsten-free hard alloys (TFHA) was noted in the early 30s of the last century, but they did not receive due attention and, accordingly, spread due to insufficient strength and were replaced by tungsten-containing alloys of such groups as VK, TC and TTK. However, the rapidly developing shortage of expensive tungsten pushed in the late 50s to return to the search for hard alloys, the composition of which does not include tungsten.

Due to the growing demand for tungsten-free hard alloys, the problem of recycling their waste with the possibility of reuse is acute in the industry.

The purpose of this work was to conduct x-ray spectral microanalysis (RSMA) of powder material (PM) obtained by electroerosive dispersion (EED) in ethyl alcohol from waste of a non-tungsten hard alloy of the KNT16 brand.

The resulting powder material was examined using an energy-dispersion x-ray analyzer from EDAX, built into a scanning electron microscope "QUANTA 600 FEG". In the course of scientific research, the spectra of characteristic x-ray radiation on the surface of the experimentally obtained sample were obtained.

The results obtained in the course of scientific research can be used to create environmentally friendly resource-saving processes for processing waste of tungsten-free hard alloys into powder materials.

Keywords: tungsten-free hard alloys, KNT16, powder material, electroerosive dispersion, x-ray spectral microanalysis.

Первое появление безвольфрамовых твердых сплавов (БВТС) отмечено еще в начале 30-х годов прошлого столетия, но они не получили должного внимания и, соответственно, распространения по причине недостаточной прочности и были вытеснены вольфрамсодержащими сплавами таких групп, как ВК, ТК и ТТК. Однако развивающийся огромными темпами дефицит дорогостоящего вольфрама подтолкнул в конце 50-х годов вернуться к поискам твердых сплавов, состав которых не включает вольфрам [1–3].

С 1973 года в нашей стране налажено производство БВТС на основе карбида титана (МНТ-А2 и сплавы группы ТН) карбонитрида титана (группа КНТ) сложного карбида титана и ниобия (группа ТМ) [4, 5].

Карбид и карбонитрид титана не столь дефицитны, процесс их получения достаточно прост, а по показателям твердости они даже превосходят карбид вольфрама, их окалиностойкость выше, причем наличие тонкой окисной пленки, которая образуется на поверхности изделий, выступает в процессе эксплуатации инструмента при высоких температурах в роли твердой смазки. Благодаря этому свойству БВТС имеют достаточно низкий коэффициент трения и довольно хорошо сопротивляются износу.

Кроме того, безвольфрамовые твердые сплавы также имеют ряд преимуществ по сравнению с вольфрамсодержащими твердыми сплавами по таким параметрам, как твердость,

окалиностойкость, износостойкость при высоких температурах. По причине незначительной склонности к схватыванию (температура схватывания БВТС со сталью в вакууме примерно на 200 °С выше, чем для сплавов группы ТК) БВТС рекомендуется использовать в процессах обработки углеродистых и легированных сталей. Так, для обработки стали 45 наиболее перспективными являются сплавы КНТ16, КНТ20, КНТ30; для обработки стали ШХ15 – КНТ16 [3].

В связи с все большим ростом спроса на БВТС в промышленности остро стоит проблема переработки их отходов с возможностью повторного применения.

Определенно, немалого внимания заслуживает способ переработки практически любого материала, являющегося проводником электрического тока, в том числе и отходов БВТС, выделяющийся среди других способов сравнительно невысокими энергозатратами и экологической чистотой процесса – процесс электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) [6–8].

Целью настоящей работы являлось проведение рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) порошкового материала (ПМ), полученного электроэрозионным диспергированием в этиловом спирте из отходов безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16.

На рис. 1 представлена блок-схема научных исследований ПМ безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16 полученного электроэрозионным диспергированием в этиловом спирте.

Рис. 1. Блок-схема научных исследований порошка БВТС марки КНТ16, полученного электроэрозионным диспергированием в этиловом спирте

Для осуществления намеченных исследований использовались отходы безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16 в виде отрабо-

танных твердосплавных пластин. В качестве же рабочей жидкости применяли этиловый спирт.

Реактор, с находящейся в нем рабочей жидкостью (этиловым спиртом), заполняли отходами твердого сплава. При этом процесс получения электроэрозионных микро-, наноматериалов проходил при следующих рабочих параметрах установки:

- диапазон частота следования импульсов равен 95–105 Гц;

- диапазон напряжения на электродах 195–205 В;

- показатель емкости разрядных конденсаторов равный 25,5 мкФ.

Полученный порошок исследовали различными методами.

Исследование фазового состава порошка «КНТ-16» проводили методом рентгеновской дифракции на дифрактометре RigakuUltima IV в излучении Cu-K_α (длина волны $\lambda = 0,154178$ нм) с использованием щелей Соллера.

В ходе научного исследования, с помощью энергодисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп «QUANTA 600 FEG», были получены спектры характеристического рентгеновского излучения на поверхности образца. На рис. 2 представлен рентгеноспектральный микроанализ экспериментального порошкового материала БВТС марки КНТ16.

В таблице, приведенной ниже, представлен элементный состав полученного порошка безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16.

Рис. 2. Спектрограмма экспериментального порошка БВТС марки КНТ16

**Элементный состав полученного порошка
безвольфрамового твердого сплава марки КНТ16**

Элемент	Массовая доля, %	Атомарная доля, %
O	12,22	31,40
W	3,08	0,69
Mo	5,78	3,03
Ti	60,78	52,17
Fe	0,20	0,15
Ni	17,94	12,56
Итого	100	100

По результатам данных рентгеноспектрального микроанализа установлено, что основными элементами в ПМ БВТС, полученном методом электроэрозионного диспергирования отходов сплава марки КНТ16 в этиловом спирте, являются титан (Ti), никель (Ni), кислород (O) и молибден (Mo).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Агеев, Е. В.* Износостойкие безвольфрамовые твердосплавные порошковые материалы для восстановления изношенных деталей автомобилей / Е. В. Агеев, Б. Н. Сабельников // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 1 (68). – С. 11–17.
2. *Сабельников, Б. Н.* Материальный баланс процесса электроэрозионного диспергирования отходов твердого сплава марки КНТ-16 в спирте этиловом / Б. Н. Сабельников, Е. В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2019) : Сборник статей XI Международной научно-технической конференции. – 2019. – С. 294–298.
3. *Агеев, Е. В.* Применение порошка твердого сплава КНТ-16 полученного электроэрозионным диспергированием для восстановления и упрочнения деталей в машиностроении / Е. В. Агеев, Б. Н. Сабельников ; под общ. ред. В. Ю. Лавриненко // Инновационные технологии реновации в машиностроении : Сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвященной 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2019. – С. 292–296.
4. *Переверзев, А. С.* Материальный баланс процесса электроэрозионного диспергирования отходов свинцовой бронзы в осветительном керосине / А. С. Переверзев, А. С. Осьминина // Наука молодых – будущее России : сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых. – Курск. – 2017. – С. 125–128.
5. *Новиков, Е. П.* Изучение формы и морфологии порошка, полученного из отходов алюминия методом электроэрозионного диспергирования / Е. П. Новиков, Е. В. Агеева, Д. А. Чумак-Жунь // Курск : Известия ЮЗГУ. Серия : Техника и технологии. – 2015. – № 4 (17). – С. 13–17.
6. Исследование физико-технологических свойств порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Е. В. Агеев, В. Н. Гадалов, Д. Н. Романенко, В. Б. Тригуб, В. В. Самойлов, Е. В. Агеева // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12–2. – С. 336–340.
7. *Ageeva, E. V.* Propertie sand characterizations of powders produced from waste carbides / E. V. Ageeva, E. V. Ageev, A. S. Osminina // Журнал нано- и электронной физики. – 2013. – Т. 5. – № 4. – С. 04038-1-04038-2.
8. *Переверзев, А. С.* Получение порошковых материалов методом электроэрозионного диспергирования из отходов свинцовистой бронзы / А. С. Переверзев, Е. В. Агеева, А. С. Осьминина // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2017) : сб. ст. IX Международ. науч.-техн. конф. – Курск, 2017. – С. 7–10.