

Е. П. Новиков, О. В. Кругляков, А. Е. Агеева

**ТВЕРДОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ СПЕЧЕННОГО ЭЛЕКТРОКОРУНДА
ИЗ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ ПОРОШКОВ***

Юго-Западный государственный университет

e-mail: evgeniy-novikov-92@mail.ru

Представлены результаты исследования твердости и прочности электрокорунда, изготовленного искровым плазменным спеканием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием электротехнического алюминия в дистиллированной воде. Показана высокая эффективность рециклинга электротехнического алюминия марки АД0Е путем его переработки электроэрозионным диспергированием в порошки и повторными применением в качестве шихты при получении электрокорунда искровым плазменным спеканием.

Ключевые слова: отходы алюминия, электроэрозионное диспергирование, электрокорунд, твердость, прочность.

E. P. Novikov, O. V. Kruglyakov, A. E. Ageeva

**HARDNESS AND STRENGTH OF CORUNDUM
OBTAINED FROM ELECTROEROSIVE POWDERS**

South-West State University

The results of the study of the hardness and strength of electrocorundum produced by spark plasma sintering of powders obtained by electroerosive dispersion of electrical aluminum in distilled water are presented. The high efficiency of recycling electrical aluminum grade AD0 by processing it by electroerosive dispersion into powders and repeated application as a charge for obtaining electrocorundum by spark plasma sintering is shown.

Keywords: aluminum waste, electroerosive dispersion, electrocorundum, hardness, strength.

© Новиков Е. П., Кругляков О. В., Агеева А. Е., 2023.

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (МК-2539.2022.4).

Введение

В настоящее время порошки оксида алюминия (корунда) широко используются в производстве абразивных тугоплавких материалов для металлообрабатывающей, машиностроительной и химико-металлургической промышленности [1–3]. На данный момент существуют различные способы их производства.

Один из наиболее распространенных промышленных способов получения порошкового $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунда) заключается в высокотемпературном (выше 1200 °С) обжиге на воздухе гидроксида алюминия (гидраргиллита) или оксигидроксида алюминия (бемита) без или с добавками кристаллов-затравок и/или легирующих веществ [4–6].

Одним из наиболее перспективных способов получения оксидов металлов с низкой себестоимостью, невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса является способ электроэрозионного дисперги-

рования (ЭЭД) [7–10]. Однако свойства электрокорунда, изготовленного из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием, изучены недостаточно, что затрудняет их практическое применение.

Целью настоящей работы являлось исследование твердости и прочности электрокорунда, изготовленного искровым плазменным спеканием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием электротехнического алюминия марки АД0Е в дистиллированной воде.

Материалы и методы проведения исследований

Для получения порошков оксида алюминия на экспериментальной установке методом электроэрозионного диспергирования использовали отходы электротехнического алюминия марки АД0Е, предварительно нарезанные по 5...7 см [7–10]. Куски проволоки загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью – дистилли-



Рис. 1. Блок-схема методики исследования твердости по Роквеллу

рованной водой. При этом использовали следующие электрические параметры установки: частота следования импульсов – 50 Гц; напряжение на электродах – 90 В; емкость конденсаторов – 65 мкФ.

Спекание полученной электроэрозионной шихты проводили на установке искрового плазменного спекания SPS 25-10 «Thermal Technology» (США) при давлении 30 МПа, температуре 560 °С и времени выдержки 3 минуты.

Твердость электрокорунда определяли с помощью прибора «Instron 600 MRD» (Великобритания). Блок-схема методики исследования твердости по Роквеллу представлена на рис. 1.

Предел прочности электрокорунда определяли с помощью прибора «Instron 300 LX-B1-C3-J1C» (Великобритания). Блок-схема методики исследования предела прочности при поперечном изгибе представлена на рис. 2.



Рис. 2. Блок-схема методики исследования предела прочности при поперечном изгибе

Результаты исследований

Результаты исследования твердости и предела прочности при изгибе исследуемого электрокорунда представлены ниже в таблице.

Экспериментально установлено, что электрокорунд, полученный искровым плазменным спеканием электроэрозионной шихты, обладает значительной твердостью. Данный результат

был достигнут благодаря применению искрового плазменного спекания электроэрозионной шихты, которое за счет короткого времени рабочего цикла, высокого давления и равномерного распределения тепла по образцу способствует образованию мелкодисперсной беспористой микроструктуры.

Исследуемые параметры

Исследуемый параметр	Значение параметра
Твердость HRA	<u>84,7</u> 83,5
Предел прочности при сжатии, МПа	<u>3720</u> 2900

Примечание: в знаменателе представлено значение параметра промышленного электрокорунда, полученное в аналогичных условиях испытаний.

Экспериментально установлено, что электрокорунд, полученный искровым плазменным спеканием электроэрозионной шихты, обладает более высоким пределом прочности по сравнению с промышленным.

Повышению прочности электрокорунда, полученного искровым плазменным спеканием электроэрозионной шихты, способствует высокая дисперсность и сферическая форма частиц, а также относительно мелкий размер зерна и беспористая бездефектная структура.

Выводы

1. Показана высокая эффективность рециклинга электротехнического алюминия марки АД0Е путем его переработки электроэрозионным диспергированием в порошки и повторным применением в качестве шихты при получении электрокорунда искровым плазменным спеканием.

2. Электрокорунд, получаемый электроэрозионным диспергированием алюминиевых отходов, может быть использован в металлообрабатывающей, машиностроительной и химико-металлургической промышленности. Также корунд можно применять как огнеупорный материал. Керамика на основе оксида алюминия обладает высокой твердостью, огнеупорностью и антифрикционными свойствами, а также является хорошим изолятором. Она используется в горелках газоразрядных ламп, подложек интегральных схем, в запорных элементах кера-

мических трубопроводных кранов, в зубных протезах и так далее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев, Н. Г. Стандартный образец ориентации из монокристаллов корунда / Н. Г. Афанасьев, К. А. Кабачный, Е. К. Колесников // Приборы. – 2019. – № 9 (231). – С. 42–45.
2. Печенкин, И. Г. Вклад ВИМСа в создание отечественных синтетических корундов / И. Г. Печенкин, И. Г. Луговская // Разведка и охрана недр. – 2019. – № 8. – С. 8–19.
3. Паляницин, П. С. К вопросу ресурсо- и энергосбережения в производстве корунда / П. С. Паляницин, П. А. Петров, В. Ю. Бажин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24. – № 6 (155). – С. 1347–1356.
4. Зенкин, М. И. Композиционная керамика на основе корунда, армированная углеродными нанотрубками / М. И. Зенкин, А. А. Атапин, Н. А. Макаров // Успехи в химии и химической технологии. – 2019. – Т. 33. – № 4 (214). – С. 78–80.
5. Сорокина, Е. С. Зависимость формы кристаллов корунда от состава примесей / Е. С. Сорокина // Записки Российского минералогического общества. – 2021. – Т. 150. – № 3. – С. 145–153.
6. Кисон, В. Э. Разработка новой плазменной технологии получения чистого белого корунда / В. Э. Кисон, А. С. Мустафаев, В. С. Сухомлинов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2021. – Т. 21. – № 3. – С. 380–385.
7. Новиков, Е. П. Свойства порошков корунда, полученных электродиспергированием металлоотходов / Е. П. Новиков, В. О. Поданов, А. Е. Агеева // Вестник ВолгГТУ. – 2022. – № 7 (266). – С. 90–94.
8. Агеева, А. Е. Размерный анализ частиц порошка электрокорунда, полученного электродиспергированием отходов алюминия марки АД0Е / А. Е. Агеева, Е. П. Новиков // Современные материалы, техника и технологии. – 2022. – № 4 (43). – С. 12–21.
9. Агеев, Е. В. Оптимизация процесса получения частиц электрокорунда электродиспергированием отходов алюминия марки АД0Е в воде / Е. В. Агеев, Е. П. Новиков, А. Е. Агеева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия : Техника и технологии. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 72–89.
10. Параметрические показатели формы частиц электрокорунда, полученного электродиспергированием отходов электротехнического алюминия марки АД0Е / Е. В. Агеев, А. И. Пыхтин, Е. П. Новиков, А. Е. Агеева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия : Техника и технологии. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 40–53.