

СВС–ЭКСТРУЗИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ С НАНОРАЗМЕРНОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

А.М. Столин д-р техн. наук, проф., П.М. Бажин канд. техн. наук
Учреждение Российской академии наук Институт структурной макрокинетики
и проблем материаловедения
(г. Черноголовка, Российская Федерация)

Проблема защитных покрытий на металлических поверхностях материалов в настоящее время является одной из важнейших народнохозяйственных проблем, успешное решение которой позволит повысить качество и долговечность работы машин и механизмов, сэкономить дефицитные материалы и огромные материальные, энергетические и трудовые ресурсы.

Одним из наиболее экономически выгодных и технологически перспективных методов для локальной обработки является электроискровое легирование (ЭИЛ). Однако, для успешной реализации ЭИЛ, необходимо решить проблему с расходуемыми электродами.

Принципиально новый подход в организации технологического процесса получения электродов для ЭИЛ открывается в связи с применением метода СВС–экструзии. Данный метод сочетает процесс горения экзотермической смеси исходных компонент и сдвиговое деформирование горячих продуктов синтеза. Этот способ обеспечивает синтез материала и получение изделия в одной установке и соединяет в себе достоинства как экструзии (возможность получения изделий нужного профиля с минимальной последующей обработкой), так и СВС–технологий (экономичность, простота оборудования, малое время процесса, отсутствие необходимости высоких усилий при деформировании, отсутствие энергозатрат на внешний нагрев заготовки). Изготовление изделий СВС–экструзией существенно упрощается, т. к. синтез материала и формирование заготовок происходит за несколько секунд (вместо часов) в одном технологическом цикле. Этот метод, позволяет изготавливать электроды без пластифицирующих добавок, необходимых для мундштучного прессования, и не требует высокотемпературного спекания.

Как технологическая операция СВС–экструзия имеет вполне однозначное и четкое назначение – придание синтезированным продуктам горения определенной формы и размера путем продавливания их через формующую матрицу. При этом структурообразование изделия происходит в условиях высокотемпературного деформирования. Именно эта особенность метода привлекает внимание к СВС–экструзии не только как к эффективному способу переработки тугоплавких материалов, но и как к процессу, в котором проявляется их малоизученное свойство – способность к пластическому деформированию в области высоких температур и при сравнительно невысоких давлениях.

В работе предложен следующий состав исходной шихты: $\text{TiO}_2 + \text{C} + \text{B} + \text{Al} + \text{Zr}$. Выбран такой состав из соображений, что в результате СВС-синтеза и протекания последовательных реакций металлотермического восстановления титана алюминием и цирконием и его взаимодействия с сажей и аморфным бором, образуется однородная смесь из TiC , TiB_2 и эвтектики $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$.

По данным рентгенофазового анализа (рисунок 1а) керамический композит содержит следующие фазы: TiC , TiB_2 , ZrO_2 (две модификации – моноклинная и тетрагональная), Al_2O_3 . Как видно из рентгенограммы, интенсивность пиков не велика, что указывает на мелкодисперсную микроструктуру полученных керамических материалов.

На рисунок 1б представлена микроструктура экструдированного композиционного керамического композита. Светлая фаза – оксид циркония ZrO_2 , темная фаза – Al_2O_3 . Они образуют эвтектику, состоящую из вытянутых жгутиков (ZrO_2) толщиной менее 100 нм и керамической матрицы Al_2O_3 . Эвтектика $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ окружена зернами TiC и TiB_2 размерами порядка 1–2 мкм. Встречаются отдельные хлопьевидные зерна ZrO_2 размерами до 5 мкм.

Полученным электродным материалом на установке для ЭИЛ SE-5/01 упрочняли подложки из стали 45. Режим легирования $U = 50 \text{ В}$, $C = 240 \text{ мкФ}$. На поверхности подложки образуется многофазное покрытие (рисунок 2) толщиной 5–20 мкм, которое не поддается травлению обычными реактивами, что затрудняет определение размеров структурных составляющих покрытия. По данным микроструктурного анализа на сканирующем (растровом) электронном микроскопе LEO-1450 в комбинации с энергодисперсионным микроанализатором INCA Energy (EDS system) образуется переходная зона размерами 5–10 мкм.

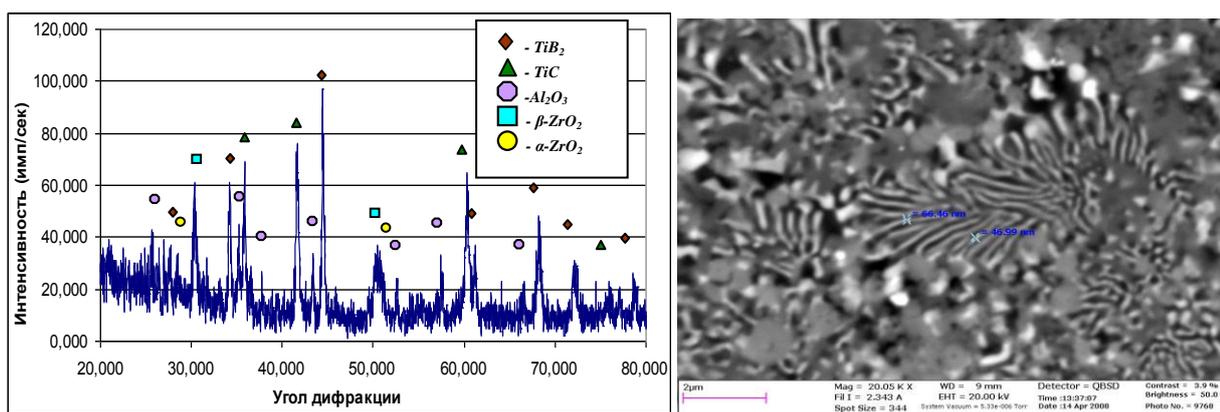


Рисунок 1 – Микроструктура и рентгенограмма электродного материала

Проводились сравнительные испытания по исследованию износостойкости легированных слоев полученными СВС-электродами и стандартными (промышленными) карбидвольфрамовыми группами ВК, ТК в паре покрытие – сталь проводились на универсальной испытательной машине трения Einhell SB 701 с подключенной тензометрической державкой и регистрирующей аппаратурой с программным обеспечением ZetLab. Износ покрытия определялся весовым ме-

тодом через 5 мин работы установки при частоте вращения 1000 об/мин. Испытания показали, что износостойкость покрытий, нанесенных СВС-электродами с наноразмерной структурой, увеличилась в 2,5–4 раза.

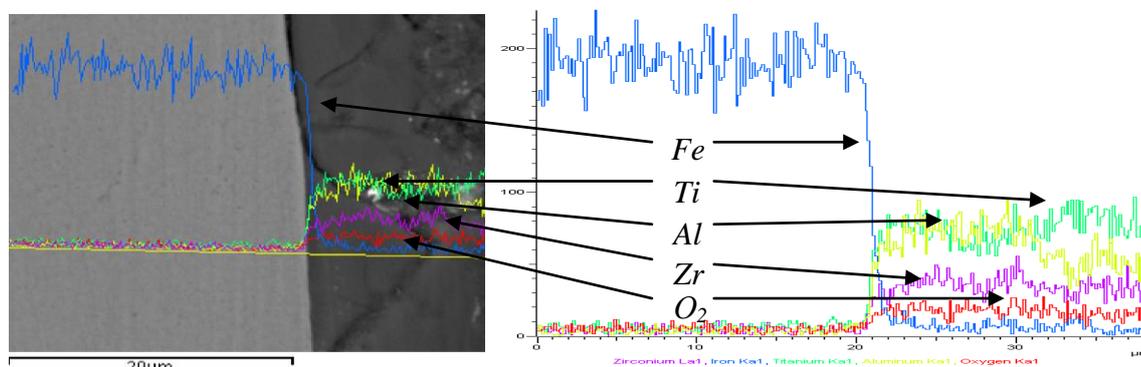


Рисунок 2 – Распределение элементов сталь45 – покрытие

Литература

1. Подлесов В.В., Радугин А.В., Столин А.М., Мержанов А.Г. Технологические основы СВС-экструзии.// ИФЖ., 1992. – Т.63. – №5. – С. 525–537.
2. Стельмах Л.С., Столин А.М., Мержанов А.Г. Математическое моделирование СВС-экструзии. Ч1. Тепловые модели.// ИФЖ, 1993. – Т.64. – №3. – С.83–89.
3. Бажин П.М., Столин А.М., Щербаков В.А., Замяткина Е.В. Композитная нанокерамика, полученная методом СВС-экструзии.// ДАН, Химическая технология. 2010.– Т. 430.– № 5.– С. 650–653.

УДК 621.793

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ОСНОВЫ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Ф.И. Пантелеенко¹ д-р техн. наук, проф., чл.–корр., Б.Б.Хина² д.ф.–м.н.,
В.В.Саранцев³, канд. техн. наук

¹Белорусский национальный технический университет

²Физико–технический институт НАН Беларуси
(Минск, Республика Беларусь)

Введение. Разработка новых энергосберегающих способов восстановления и упрочнения деталей машин за счет нанесения покрытий на их рабочие поверхности является актуальной задачей. Перспективными являются электрофизические методы, основанные на использовании концентрированных потоков энергии. Одним из таких методов является технология нанесения покрытий методом электроискрового легирования (ЭИЛ) [1]. К числу существующих огра-