

УДК 66.091 + 542.913

## ПОЛУЧЕНИЕ МА СВС КОМПОЗИТОВ Cu/ZrO<sub>2</sub>

А.И. ЛЕЦКО, Т.Л. ТАЛАКО, \*Т.Ф. ГРИГОРЬЕВА

Государственное научное учреждение

«ИНСТИТУТ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НАН Беларуси»

\*«ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЁРДОГО ТЕЛА И МЕХАНОХИМИИ СО РАН»

Минск, Беларусь; Новосибирск, Россия

Композиционные материалы с металлической матрицей по своим эксплуатационным характеристикам существенно превосходят обычные литые сплавы. Наиболее распространенным методом получения литых композиционных материалов является механическое замешивание дисперсных частиц в расплав. Основной проблемой этого метода является низкая смачиваемость упрочняющих фаз расплавленным металлом, особенно это касается оксидных фаз.

Механохимическое получение прекурсоров проводилась в планетарных шаровых мельницах АГО с водяным охлаждением (объем барабана 250 см<sup>3</sup>, диаметр шаров 5 мм, загрузка 200 г, навеска обрабатываемого образца 10 г, скорость вращения барабанов вокруг общей оси ~1000 об/мин). СВС осуществляли в атмосфере аргона, образец поджигали вольфрамовой спиралью, нагреваемой электрическим током. Температуру и скорость горения оценивали термометрическим методом (хромель-алюмелевые термопары диаметром 0,2 мм) с использованием внешнего 2-канального 24-разрядного АЦП ADSC24-2T.

Рентгенодифракционные исследования проводились с помощью дифрактометров URD-63.

Для исследования структуры полученных образцов был использован сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) высокого разрешения MIRA\TESCAN с приставкой для микрорентгеновского спектрального анализа (МРСА). Диаметр электронного зонда составлял 5,2 нм, область возбуждения – 100 нм. Получены изображения в прямых и обратно рассеянных электронах, что позволило исследовать распределение химических элементов по поверхности.

ИК спектры поглощения регистрировались на спектрометре IFS-66. Образцы к съёмке готовили по стандартной методике.

Первоначально в качестве прекурсора использовался механокомпозит CuO/Zr, полученный после 20 с МА смеси стехиометрического состава, в котором, кроме исходных оксида меди и циркония, содержится незначительное количество закиси меди Cu<sub>2</sub>O. Процесс в этой системе протекает в режиме теплового взрыва. Зафиксировать параметры горения в данном случае не удалось, это обусловлено инерционностью применяемого оборудования.



Для того, чтобы снизить скорость и температуру горения за счёт уменьшения концентрации реагирующих веществ при получении композита  $\text{Cu/ZrO}_2$  в качестве восстанавливающего оксид меди агента можно использовать твёрдый раствор циркония в меди, интерметаллиды  $\text{Cu}_x\text{Zr}_y$  или композит  $\text{Cu/Zr}$ . В этой работе для восстановления оксида меди был использован механокомпозит, полученный путём механической активации смеси  $\text{Cu} + 20 \text{ мас.}\% \text{ Zr}$  в течение 20 мин. Рентгенографические исследования свидетельствуют о формировании структуры, для которой характерны несколько уширенные дифракционные отражения меди и очень размытые отражения циркония. Микрорентгеноспектральный анализ свидетельствует о формировании композиционной структуры. Более чётко распределение фаз меди и циркония показывают данные электронной микроскопии, полученные в характеристических излучениях, как меди, так и циркония, из которых видно, что локальные участки циркония очень размыты, однако размеры их  $\sim 1\text{-}3 \text{ мкм}$ .

СВС процесс, где в качестве прекурсора был использован механокомпозит  $\text{CuO/Cu/Zr}$ , полученный путем совместной активации смеси  $\text{CuO} + \text{механокомпозит Cu } 20 \% \text{ Zr}$  в течение 4 минут, меняет механизм от взрывного взаимодействия между реагентами к стационарному режиму горения. Скорость горения составляла  $\approx 2 \text{ мм/с}$ , при этом скорость подъема температуры была порядка  $730 \text{ }^\circ\text{C/с}$ . Температура горения  $1044 \text{ }^\circ\text{C}$ . На термограмме присутствуют две изотермические площадки. Первая фиксируется при достижении температурного максимума, и, скорей всего, свидетельствует о протекании процесса плавления. Вторая (при температуре  $580\text{--}590 \text{ }^\circ\text{C}$ ) отвечает за пост-процессы, проходящие в зоне догорания.

Продукт СВС представляет собой смесь меди и оксида циркония с примесью  $\text{Cu}_2\text{O}$ , имеющую композитную структуру, формирование которой подтверждается электронной микроскопией в характеристических излучениях меди, циркония и кислорода.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке интеграционного проекта БРФФИ (Т09СО-014) и СО РАН (№ 138).