СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПСЕВДОСПЛАВОВ Al-ZrW₂O₈

<u>В.С. ШАДРИН</u>^{1,2}, С.Н. КУЛЬКОВ^{1,2} ¹Томский государственный университет ²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН E-mail: vshadrin91@gmail.com

Разработка нового класса алюминиевых материалов, упрочненных неметаллическими частицами с аномальными свойствами привлекает интерес исследователей по всему миру и является актуальной задачей для различных областей промышленности. Применение вольфрамата циркония (ZrW₂O₈), благодаря его изотропному отрицательному коэффициенту теплового расширения (KTP) [1], позволит наряду с возможностью создания материалов с контролируемым КТР повысить прочностные характеристики материала за счет сочетания механизмов дисперсного упрочнения и формирования внутренних напряжений за счет несовпадения КТР компонентов. Однако ZrW_2O_8 при комнатной температуре находится в метастабильном состоянии и при нагревании разлагается на составляющие оксиды WO₃ и ZrO_2 [2].

Целью настоящей работы было изучение фазовых превращений при спекании алюминия с вольфраматом циркония, структуры и свойств полученных псевдосплавов.

В качестве исходных компонентов были использованы порошок технически чистого алюминия АСД-6 и порошок вольфрамата циркония ZrW_2O_8 , полученный гидротермальным методом [3]. Содержание вольфрамата циркония составляло 10 мас.%. Образцы были изготовлены методом холодного одноосного прессования в стальной пресс-форме, давление прессования составляло 80 МПа. Спекание образцов проводили в атмосфере аргона при температуре 600 °С со временем изотермической выдержки 1 и 5 ч. Исследование структуры полученных образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе Tescan VEGA 3. Изучение фазового состава и структурных параметров проводили рентгеновскими методами. Определение микротвердости проводили на микротвердомере ПМТ-3 с нагрузкой на индентор 100 г.

На рисунке 1 представлено изображение структуры материала, полученного из смеси порошков после механической активации в течение 1 мин и отжига в течение 1 ч. Видно, что присутствуют по крайней мере две составляющие — пористая матрица (1) и вытянутые темные области (2), в которых распределены светлые частицы. Содержание светлых частиц в матрице и темных областях — 3 % и 20 %, соответственно. Проведенный рентгенофазовый анализ образцов после спекания в течение 1 часа показал наличие в структуре материала Al, WAl₁₂ и ZrAl₃ (рис. 2). Микротвердость матрицы составила 195 МПа, областей (2) – 455 МПа.



Рисунок 1 - Структура спеченного образца. Т=600 °С, выдержка 1ч.



Рисунок 2 - Рентгенограмма спеченного образца, Т=600 °С, выдержка 1ч.

Увеличение времени изотермической выдержки до 5 ч привело к уменьшению пористости до 30 %. При этом в структуре материала сформировались вытянутые частицы, средний размер которых составил 30 мкм в продольном и 3 мкм в поперечном направлении (рисунок 3). Проведенный рентгенофазовый анализ образцов после спекания в течение 5 часов показал наличие в структуре материала алюминия и вольфрамата циркония (рисунок 4). Увеличение времени выдержки до 5 ч привело к росту значения твердости как матрицы до 300 МПа, так и твердости областей, содержащих микроволокна вольфрамата циркония до 530 МПа.





Рисунок 3 - Структура спеченного образца. Т=600 °С, выдержка 1ч.

Рисунок 4 - Рентгенограмма спеченного образца, Т=600 °С, выдержка 5ч.

Полученные данные о формировании фазового состава позволяют предположить, что формирование структуры псевдосплава протекает через фазу разложения вольфрамата циркония и синтеза интерметаллидов WAl₁₂ и ZrAl₃ с последующим формированием микроволокон ZrW₂O₈. Показано, что твердость материала возрастает с увеличением времени спекания. Для понимания процесса формирования структуры композита необходимы более детальные исследования с применением термогравиметрического анализа совмещенного с дифференциальной сканирующей калориметрией (ТГ – ДСК анализ) и высокотемпературного *in situ* рентгеноструктурного анализа.

Список литературы

- 1. Evans J. S. O. Negative thermal expansion materials. The Royal Society of Chemistry, Dalton Trans., 1999, pp. 3317 3326.
- Wu G., Zhou C., Zhang Q., Pei R. Decomposition of ZrW₂O₈ in Al matrix and the influence of heat treatment on ZrW₂O₈/Al–Si thermal expansion. Scripta Materialia, 2015, vol. 96, pp. 29 32.
- Dedova E.S., Shadrin V.S., Gubanov A.I., Kulkov S.N. The preparation and structural features of zirconium tungstate possessing abnormal thermal properties. Inorganic Materials: Applied Research, 2014, vol. 5, no. 5, pp. 471 – 475.