

ВЛИЯНИЕ ZrW_2O_8 НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЯ

Шадрин В.С.,¹ Дедова Е.С.,² Ше В.Р.¹

Научный руководитель: Кульков С.Н., д.ф.-м.н., профессор^{1,2,3}

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

²Институт Физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, г. Томск, пр. Академический, 2/4

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vshadrin91@gmail.com

Введение

Возрастание требований к прочностным свойствам конструкционных материалов определяет необходимость разработки и внедрения альтернативных механизмов упрочнения. Дисперсное упрочнение металлических материалов позволяет качественно повысить их механические свойства. Однако, введение частиц, обладающих отрицательным коэффициентом теплового расширения (КТР), в металлическую матрицу усиливают упрочняющий эффект за счет формирования внутренних сжимающих напряжений, вызванных различием КТР исходных компонентов. В связи с вышесказанным, вольфрамат циркония является одним из наиболее перспективных материалов, благодаря изотропному отрицательному КТР, равному $-9,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$, от очень низких ($-270 \text{ }^\circ\text{C}$) до высоких ($770 \text{ }^\circ\text{C}$) температур.

Целью работы является изучение влияния ZrW_2O_8 на структуру, фазовый состав и механических свойств алюминия при введении ZrW_2O_8 .

Материалы и методика

В качестве исходных компонентов для создания композиционных материалов Al – ZrW_2O_8 использовали порошок алюминия (т.ч.) и порошок вольфрамата циркония, полученный отжигом прекурсора $ZrW_2O_7(OH_{1,5}, Cl_{0,5}) \cdot 2H_2O$ с выдержкой в течение 1 часа при температуре $570 \text{ }^\circ\text{C}$ [1]. Количество добавки ZrW_2O_8 в исходной порошковой смеси составляло 0; 0,1; 1 и 10 вес.%. Для изучения свойств материала Al – ZrW_2O_8 производилось прессование образцов на механическом прессе с последующим спеканием при температуре $600 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 1 часа.

Исследование фазового состава и структурных параметров композиционных материалов осуществлялось на рентгеновском дифрактометре с фильтрованным $CuK\alpha$ -излучением. Исследование формы и размеров частиц проводилось на растровом электронном микроскопе Philips SEM 515. Испытания на сжатие образцов осуществлялись на испытательной установке «INSTRON – 1185» со скоростью нагружения $0,2 \text{ мм/с}$. Измерение твердости по Виккерсу (HV) проводилось на

микротвердомере ПМТ – 3 с нагрузкой на индентор 50 г.

Результаты и обсуждение

Результаты растровой электронной микроскопии композиционных материалов Al – ZrW_2O_8 показали, что с увеличением содержания вводимой добавки ZrW_2O_8 на поверхности образцов наблюдались белые частицы, при этом их средний размер менялся от $0,5 \text{ мкм}$ для композита Al – 0,1 вес. % ZrW_2O_8 до 1 мкм в Al – 10 вес.% ZrW_2O_8 . Распределение частиц по размерам носило унимодальный характер, преимущественное количество частиц находилось в интервале от $0,5$ до 1 мкм . Элементный анализ показал, что отношение атомов циркония (Zr) и вольфрама (W) удовлетворяет стехиометрии вольфрамата циркония (Zr:W = 1:2). Видно, что с ростом весовой доли ZrW_2O_8 пористость алюминиевых материалов увеличивалась (рис. 1).

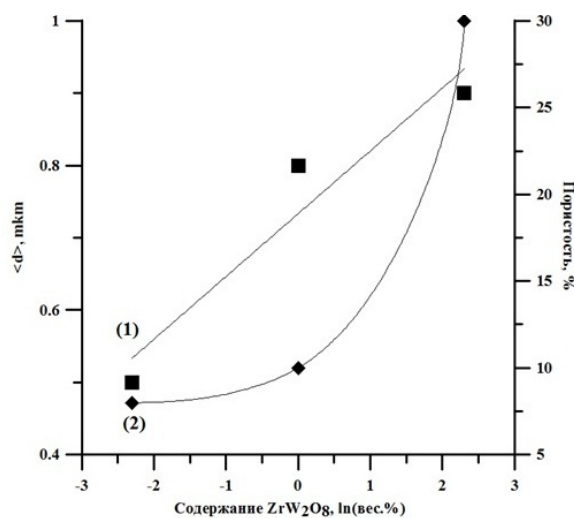


Рис. 1. Зависимость размера частиц (1) и пористости (2) в Al – ZrW_2O_8 от содержания ZrW_2O_8

Фрагменты рентгенограмм образцов представлены на рисунке 2. Видно, что при содержании ZrW_2O_8 менее 1 вес. % присутствовали только максимумы, соответствующие кубической модификации Al, линии ZrW_2O_8 появлялись при концентрации вольфрамата циркония выше 1 вес. %. Введение 10 вес. % ZrW_2O_8 привело к появлению

интенсивных рефлексов, принадлежащих вольфрамату циркония. Расчет параметров решетки показал, что в композитах, содержащих 10 вес. % ZrW_2O_8 , у алюминия он равен $4,0479 \text{ \AA}$, у ZrW_2O_8 – $9,1298 \text{ \AA}$. Полученные значения отличаются от литературных данных [2,3], что может быть обусловлено двумя факторами: микролегированием матрицы вследствие взаимодействия исходных материалов при получении композиционных материалов и наличием остаточных механических напряжений.

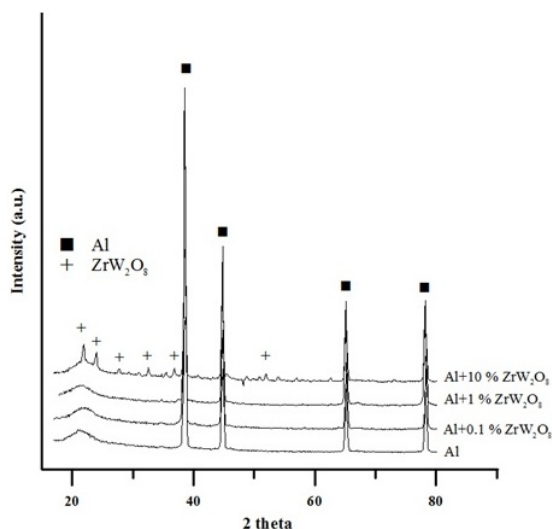


Рис.2. Рентгенограммы чистого алюминия и композиционных материалов Al – ZrW_2O_8

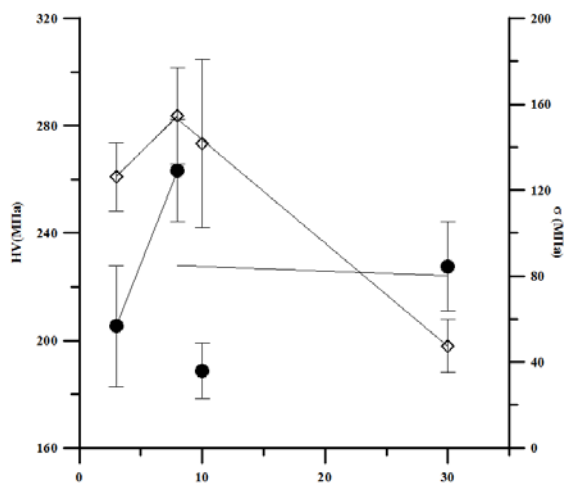


Рис.3. Зависимость предела прочности и микротвердости от пористости

Если предположить, что причиной разницы значений параметров являются остаточные механические напряжения, то, например, в модели линейно-напряженного состояния можно оценить их величину: напряжения сжатия равные 260 МПа. Для образцов из чистого алюминия предел прочности составил 125 ± 10 МПа, значение микротвердости 205 ± 10 МПа. Введение 0,1 вес. % вольфрамата циркония привело к росту механических свойств: предел прочности составил 155 МПа, значение микротвердости 263 МПа. Дальнейшее увеличение содержания вольфрамата циркония способствовало резкому уменьшению величины предела прочности и микротвердости. Снижение механических свойств может быть связано с ростом пористости в композиционных материалах, обусловленным увеличением содержания ZrW_2O_8 в металлической матрице (рис. 3).

Заключение

Исследованы структура и фазовый состав алюминиевых композиционных материалов, упрочненных частицами ZrW_2O_8 . Кубическая модификация вольфрамата циркония в материале представлена в виде белых включений размером не более 1 мкм. Вычисленные значения параметров решетки $a(Al)$ и $a(ZrW_2O_8)$ не соответствовали значениям, представленным в литературе. Отличие может быть обусловлено влиянием микролегирования матрицы вследствие взаимодействия Al и ZrW_2O_8 в процессе получения композиционного материала и остаточными механическими напряжениями, возникающими в результате разницы КТР матрицы и упрочнителя. Экспериментально установлено, что введение 0,1 вес. % вольфрамата циркония в качестве добавки приводит к повышению механических свойств композитов Al – ZrW_2O_8 на 25 % по сравнению с аналогичными свойствами чистого алюминия.

Литература:

1. Дедова Е.С. Исследование фазовых превращений при синтезе вольфрамата циркония / Е.С. Дедова, А.И. Губанов, С.Н. Кульков // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – №10/2.
2. Химическая энциклопедия: в 5-ти т. / Редкол.: Кнунянц И. Л. (гл. ред.). – М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т. 1. – С. 116.
3. Negative Thermal Expansion from 0.3 to 1050 Kelvin in ZrW_2O_8 / T.A. Mary [et al.] // Science. – 1996. – vol. 272. – P. 90 – 92.