

МИНОБРНАУКИ РФ
Российский фонд фундаментальных исследований
Национальный исследовательский Томский государственный университет
НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета
Физико-технический факультет
Механико-математический факультет
Совет молодых учёных ТГУ

Международная молодежная научная конференция
«Актуальные проблемы современной механики
сплошных сред и небесной механики»
17–19 ноября 2014 г., Томск

International Youth Scientific Conference
«Current issues of
continuum mechanics and celestial mechanics – 2014»,
17–19 November, 2014



Томск-2014

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 14-01-31144 мол_а.

Литература

1. *Meyers M.A., Mishra A., Benson D.J.* Mechanical properties of nanocrystalline materials // *Progress in materials Sciences*. 2006. Vol. 51. P. 427–556.
2. *Валиев Р.З., Александров И.В.* Объемные наноструктурные металлические материалы. М.: Академкнига, 2007. 397 с.
3. *Meyer L.W., Hockauf M., Kruger L., Schneider I.* Compressive behaviour of ultrafine-grained AA6063T6 over a wide range of strains and strain rates // *International journal of materials research*. 2007. Vol. 98, № 3. P. 191–199.
4. *Скрипняк В.А., Скрипняк Е.Г., Козулин А.А., Скрипняк В.В.* Влияние структурированного поверхностного слоя на циклическую долговечность легких сплавов // *Изв. высших учебных заведений. Физика*. 2012. Т. 55, № 9–3. С. 109–113.
5. *Хомская И. В., Зельдович В. И., Шорохов Е. В. и др.* Структура титана, подвергнутого высокоскоростному прессованию при различных температурах // *Деформация и разрушение материалов*. 2010. № 4. С. 15–19.
6. *Козулин А.А., Скрипняк В.А., Красношейкин В.А., Скрипняк В.В., Каравацкий А.К.* Исследование физико-механических свойств ультрамелкозернистых магниевых сплавов после интенсивной пластической деформации // *Изв. вузов. Физика*. 2014. Т. 57. № 9. С. 98–104.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПСЕВДОСПЛАВОВ Al – ZrW₂O₈ THE STUDY ON STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al – ZrW₂O₈ PSEUDO ALLOYS

**В.С. Шадрин, Е.С. Дедова, С.Н. Кульков
V.S. Shadrin, E.S. Dedova, S.N. Kulkov**

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

¹National Research Tomsk State University

²Institute of strength physics and materials science RAS

vshadrin91@gmail.com, lsdedova@yandex.ru, kulkov@ms.tsc.ru

Вольфрамат циркония (ZrW₂O₈) – это материал с аномальными тепловыми свойствами. Он обладает значительным отрицательным коэффициентом теплового расширения (КТР), $\alpha \approx -9 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$, в широком температурном интервале от –273 до 770 °С. Традиционно вольфрамат циркония применяют для изготовления композиционных материалов с контролируемым тепловым расширением для применения в тех областях, где постоянство размеров играет решающую роль. В таких исследованиях ZrW₂O₈ рассматривается исключительно как компенсатор КТР и его влиянию на механические свойства изготовленного материала уделяется мало внимания.

Дисперсное упрочнение металлических материалов позволяет качественно повысить их механические свойства. Однако, введение частиц, обладающих отрицательным КТР, в металлическую матрицу позволяет усилить упрочняющий эффект за счет формирования внутренних сжимающих напряжений, вызванных различием КТР исходных компонентов. Проведенные расчеты показывают, что внутренние напряжения, возникающие за счет несовпадения КТР компонентов, могут достигать 2,1 ГПа [1].

Целью настоящей работы было исследование влияния ZrW_2O_8 на структуру, фазовый состав и механические свойства алюминия.

Для изготовления псевдосплавов порошок алюминия (т.ч.) смешивали с порошком ZrW_2O_8 , полученным отжигом прекурсора $ZrW_2O_7(OH_{1,5},Cl_{0,5}) \cdot 2H_2O$ с выдержкой в течение 1 часа при температуре 570 °С [2], в различных весовых отношениях: 0; 0,1; 0,5; 1; 5 и 10 мас. % ZrW_2O_8 . Методом холодного изостатического прессования были изготовлены образцы цилиндрической формы $\sim \phi 20 \text{ мм} \times 4 \text{ мм}$, которые в дальнейшем спекались в течение 1 часа при 600 °С.

Результаты растровой электронной микроскопии псевдосплавов 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 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). С ростом весовой доли ZrW_2O_8 пористость алюминиевых материалов увеличивалась.

На рентгенограммах фиксировались только пики, соответствующие кубической фазе алюминия и кубической модификации вольфрамата циркония. Полученные значения параметров решетки отличались от литературных данных [3], что может быть обусловлено наличием внутренних сжимающих напряжений в материале. В модели линейно-напряженного состояния можно оценить их величину: напряжения сжатия равные 260 МПа.

Испытания на сжатие образцов осуществлялись на испытательной установке «INSTRON – 1185» со скоростью нагружения 0,2 мм/с. Измерение твердости по Виккерсу (HV) проводилось на микротвердомере ПМТ – 3 с нагрузкой на индентор 50 г. Для образцов из чистого алюминия предел прочности на сжатие составил 125 ± 10 МПа, значение микротвердости 205 ± 10 МПа. Введение 0,5 мас. % вольфрамата циркония привело к росту механических свойств: предел прочности составил 173 МПа, значение микротвердости 284 МПа. Дальнейшее увеличение содержания вольфрамата циркония способствовало резкому уменьшению величины предела прочности и микротвердости. Снижение механических свойств может быть

связано с возрастанием пористости, обусловленным увеличением содержания ZrW_2O_8 в металлической матрице. Таким образом экспериментально установлено, что введение 0,5 мас. % ZrW_2O_8 в качестве упрочняющей приводит к возрастанию механических характеристик в среднем на 25%.

Литература

1. *Shadrin V.S., Dedova E.S., Kulkov S.N.* Structure and mechanical properties of Al – ZrW_2O_8 composites. In L.A. Gomze (Editor) 3rd International Conference on Competitive Materials and Technology Processes, Miskolc-Lillafüred, Hungary, p 174.

2. *Дедова Е.С., Шадрин В.С., Губанов А.И., Кульков С.Н.* Получение и особенности структуры вольфрамата циркония с аномальными тепловыми свойствами // Перспективные материалы. 2014, №5, С. 22–26.

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.