

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ Al-Mg-B**

П.Ю. Никитин, И.А. Жуков, Я.А. Дубкова

Научный руководитель: к.т.н. И.А. Жуков

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: upavelru@yandex.ru

**REGULARITIES OF FORMATION OF THE PHASE COMPOSITION OF MATERIALS
OBTAINED FROM POWDER MIXTURES Al-Mg-B**

P.Y. Nikitin, I.A. Zhukov, Y.A. Dubkova

Scientific Supervisor: Ph.D. I.A. Zhukov

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: upavelru@yandex.ru

Abstract. *In this paper studied regularities of formation of the phase composition of materials obtained from powder mixtures Al-Mg-B. It was found that the average particle size of maximally reduced after 4 hour mechanical treatment. Number of AlMgB₁₄ in the sample obtained from the powder mixture after 4 hours of mechanical activation consist 74 wt %. While number of AlMgB₁₄ in the sample obtained from the powder mixture after 5 hours of mechanical activation is lower and consist 68 wt %.*

Введение. Развитие промышленности обуславливает интерес к внедрению материалов, способных выдерживать постоянные нагрузки при работе в экстремальных условиях. Это особенно актуально для деталей машин, поверхности которых контактируют между собой: валов, подшипников, режущих инструментов. В этой области не прекращаются исследования по разработке и внедрению новых материалов, обладающих высокой твердостью и износостойкостью. Одним из таких материалов является алюминидо-магниевый борид - AlMgB₁₄ [1]. При твердости свыше 32 ГПа материалы на основе алюминидо-магниевого борида могут иметь коэффициент трения скольжения ~ 0,02 [2]. В литературе недостаточно сведений о подобных материалах - их структуре и свойствах. Таким образом, целью работы является синтез и изучение закономерностей формирования фазового состава материалов, полученных из порошковых смесей Al-Mg-B.

Материалы и методы исследования. В качестве исходных материалов использовались порошки алюминия (средний размер частиц 15 мкм), магния (средний размер частиц 45 мкм) и бора (средний размер частиц 0,8 мкм). Исходные порошки смешивались в стехиометрическом соотношении (13 масс. % Al + 12 масс. % Mg + 75 масс. % B). Полученные порошковые смеси подвергались механической активации в планетарной мельнице. В качестве мелющих тел использовались стальные шары диаметром 8,7 мм. Отношение массы порошковой смеси к массе шаров составляло 1:2. Обработка порошков осуществлялась в барабане планетарной мельнице в среде аргона с предварительным вакуумированием. Частота вращения барабанов составляла 14 Гц. Из порошковых смесей прессовались образцы в стальной пресс-форме диаметром 10 мм при давлении 130 МПа. Термообработка прессовок осуществлялась в

высокотемпературной вакуумной печи в среде аргона при максимальной температуре 1300 °С и выдержке 1 час. Размер частиц порошков измерялся на приборе Fritsch ANALYSETTE 22. Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре Shimadzu XRD-6000. Исследование микроструктуры порошков было выполнено с использованием микроскопа Philips SEM 515.

Результаты. На рисунке 1 представлена зависимость среднего размера частиц смеси порошков Al-Mg-V от времени обработки в планетарной мельнице. Из рисунка видно, что после 1 часа обработки порошковой смеси в планетарной мельнице значительно уменьшается средний размер частиц с 10,9 мкм до 1,9 мкм.

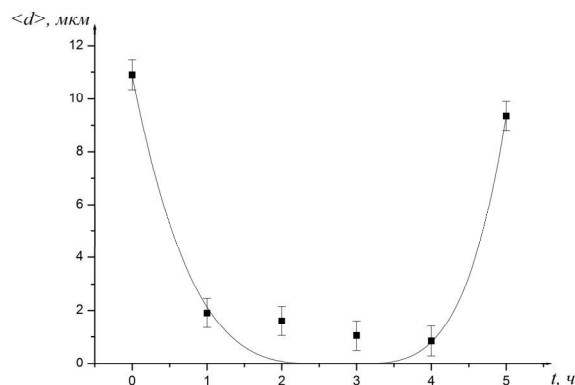


Рис. 1. Зависимость среднего размера частиц от времени обработки порошковой смеси в планетарной мельнице

Рост среднего размера частиц после 5 часов механической активации, вероятно, связан с тем, что наноразмерные частицы в ходе длительной механической активации агломерируются между собой под действием сил Вандер-Ваальса [3, 4]. На рисунке 2 представлено РЭМ-изображение порошковой смеси после 5 часов механической активации. Из рисунка можно видеть, что смесь представлена как мелкими отдельными частицами ~ 5 мкм, так и крупными агломератами ~ 60 мкм, состоящими, по-видимому, из наноразмерных частиц алюминия, магния и бора.

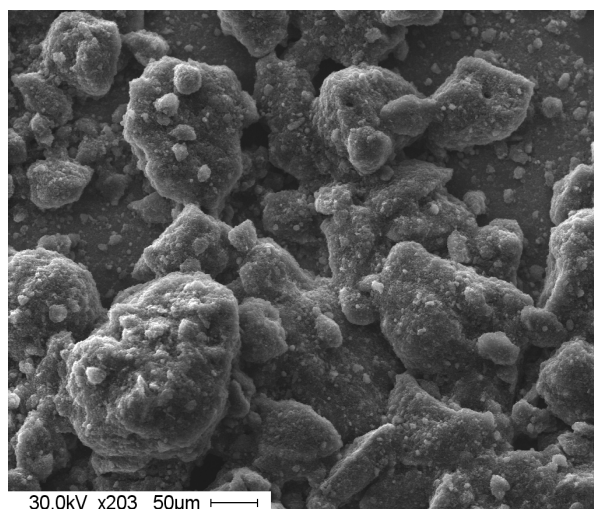


Рис. 2. РЭМ-Изображение порошковой смеси Al-Mg-V после 5 часов механической активации

Результаты рентгенофазового анализа порошковых смесей до термообработки показали, что фазовый состав представлен алюминием, магнием и рентгеноаморфной фазой, принадлежащей бору, на что указывает высокий фон на малых углах дифракции.

Содержание фазы $AlMgB_{14}$ в образцах после термообработки при температуре 1300 °С представлено в таблице 1:

Таблица 1

*Содержание фазы $AlMgB_{14}$ в образцах после термообработки
в зависимости от времени механической активации*

№	Время механической активации	Содержание фазы $AlMgB_{14}$, масс. %
1	Исходная смесь	53%
2	4 часа	74%
3	5 часов	68%

Согласно полученным данным механическая активация порошковой смеси приводит к увеличению содержания фазы $AlMgB_{14}$ в спеченных образцах. Содержание фазы $AlMgB_{14}$ для образцов, полученных из не активированной смеси составляет 53%, а для образцов, полученных из порошковой смеси после 4 часов активации составляет 74%.

При этом дальнейшая механическая обработка приводит к снижению целевой фазы и росту примесей: содержание фазы $AlMgB_{14}$ в образцах, полученных из порошковой смеси после 5 часов механической обработки составляет 68%.

Заключение. Порошковые смеси Al-Mg-B механически активировались в планетарном смесителе в течение 5 часов. Максимальное уменьшение среднего размера частиц смеси наблюдается после 4 часов механической активации. Дальнейшая обработка приводит к агломерации наноразмерных частиц под действием Вандер-Ваальсовых сил. Содержание фазы $AlMgB_{14}$ для образцов, полученных из порошковой смеси после 4 часов механической активации, максимально и составляет 74%.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-10272).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Russel, B. Cook. Industrial Materials for the Future // Handbook of Tribology. – 1991. – № 4.
2. Austin Harold Shaw. Wear-resistance, lubricity, and adhesion of femtosecond pulsed laser deposited $AlMgB_{14}$ -based thin films. // Graduate Theses and Dissertations. – 2011.
3. B.A. Cook, J.L. Harringa, T.L. Lewis, A.M. Russell, Y. Lee. Processing studies and selected properties of ultra-hard $AlMgB_{14}$ // Journal of Advanced Materials. – 2004. – Т. 36. – № 3. – С. 56.
4. Sauter C. et al. Influence of hydrostatic pressure and sound amplitude on the ultrasound induced dispersion and de-agglomeration of nanoparticles // Ultrasonics sonochemistry. – 2008. – Т. 15. – № 4. – С. 517-523.