

**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ Al-Mg**

С.Д. Соколов, 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: [srezhenka.sokolik@gmail.com](mailto:srezhenka.sokolik@gmail.com)

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF Al-Mg POWDER MATERIALS**

S.D. Sokolov, I.A. Zhukov, Ya.A. Dubkova

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

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

E-mail: [srezhenka.sokolik@gmail.com](mailto:srezhenka.sokolik@gmail.com)

***Abstract.** In this paper presents the results of studies of Al-Mg alloy depending on the time of mechanical activation in a planetary mill. It is shown that the increase in mechanical activation time more than 7 hours leads to the appearance of agglomerates of powder particles.*

**Введение.** Алюминиево-магниевые материалы в соотношении 50 масс. % - 50 масс. % могут быть использованы в качестве компонентов высокоэнергетических материалов, улучшая показатели состава взрывчатых веществ, ракетных топлив, а также в качестве прекурсоров для создания соединений  $AlMgB_{14}$  [1] и многих других. Сплавы этой системы воспламеняются при гораздо более низких температурах с меньшей задержкой зажигания и более высокой скоростью горения. На сегодняшний день известно получение алюминиево-магниевого порошка (ПАМ) согласно ГОСТ 5593-78 из сплава алюминия и магния, методом распыления в герметичную камеру. В зависимости от марки (ПАМ-1 – ПАМ-6) дисперсность промышленно выпускаемых порошков составляет от 210 мкм до 5 мкм, соответственно. Альтернативным способом может быть сплавление технически чистого алюминия и магния с дальнейшим помолом и механической активацией в планетарных мельницах. Процессы измельчения широко применяются в промышленности и порошковой металлургии, в производстве катализаторов и лекарственных препаратов, во многих других отраслях промышленности. Механически активированные частицы обладают повышенной реакционной способностью, легче вступают в химические реакции, чем порошковые смеси, полученные другими методами [2].

**Цель работы:** Исследование влияния механической активации в планетарной мельнице на свойства порошков системы Al – Mg.

**Материалы и методы исследования.** В качестве исходных материалов использовался технически чистый алюминий марки А0 и технически чистый магний марки Mg95. Получение сплава осуществлялось использованием метода литья в шамотно-графитовый тигель. Технически чистый алюминий загружался в тигель и помещался в печь. При достижении температуры плавления 700 °С, его извлекали из печи и в расплав добавляли магний, плавка проводилась в среде аргона.

Измельчение полученного слитка производилось в несколько этапов. Сначала слиток измельчали от крупных осколков до фрагментов средних размеров, а после – в планетарной мельнице. Порошок

загружался в емкость с мелющими телами, которая заполнялась аргоном. В качестве мелющих тел использовались шары из стали 40ХС диаметром 9,5 мм. Коэффициент соотношения массы шаров к массе порошка составлял 3:1. Частота вращения мельницы ( $\nu$ ) составляла 14 Гц. Механическая активация проводилась в течение 9 часов.

**Результаты.** На рис. 1 представлены РЭМ-изображения структуры порошков алюминиево-магниевого сплава. По полученным изображениям методом случайных секущих [3] был рассчитан средний размер частиц порошков.

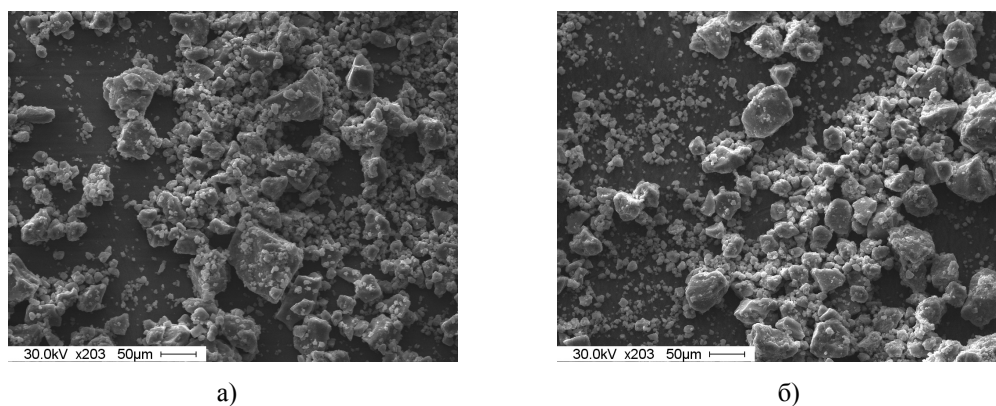


Рис. 1. РЭМ-изображение порошка Al-Mg после: 7 часов обработки (а), 8-9 часов обработки (б)

На рис. 2 приведены гистограммы распределения частиц по размерам. Из полученных данных можно сделать вывод, что механическая активация в течение 8 – 9 часов приводит к измельчению частиц порошков и дает более узкое распределение частиц по размерам.

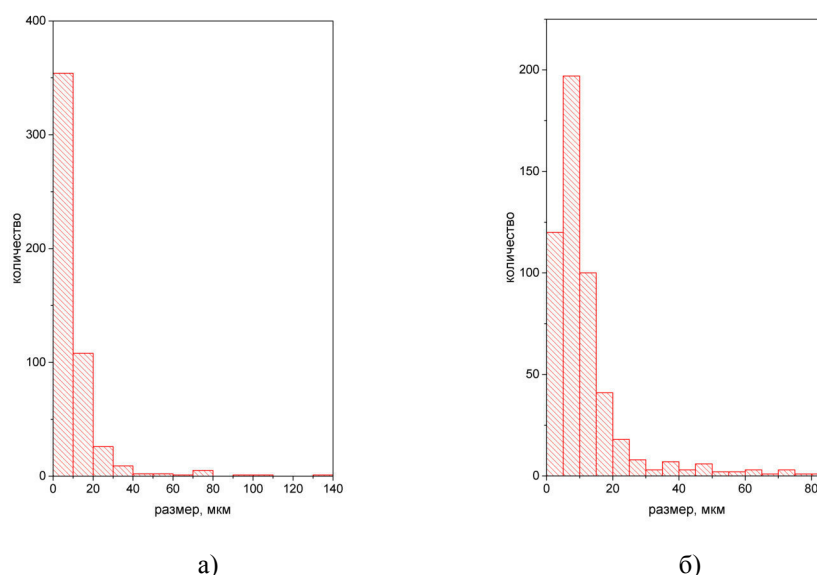


Рис. 2. Гистограмма распределения частиц по размерам: 7 часов обработки (а), 8-9 часов обработки (б)

На основе экспериментальных данных был построен график зависимости среднего размера частиц порошка Al – Mg от времени измельчения в планетарной мельнице (Рис. 3).

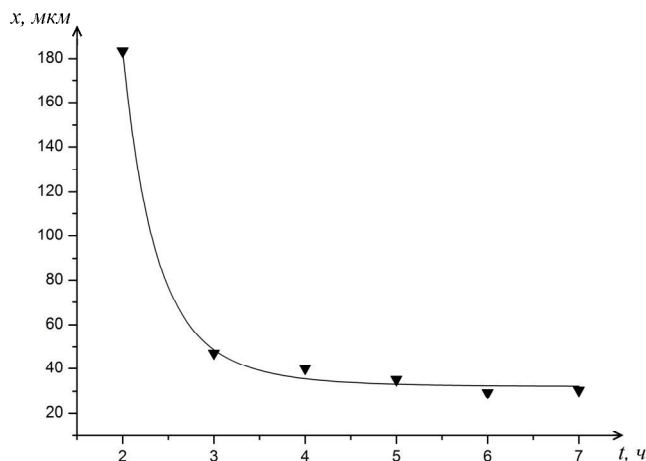


Рис.3. Зависимость среднего размера частиц от времени обработки в планетарной мельнице

Из полученной зависимости видно, что после второго часа механической активации порошковой смеси в планетарной мельнице средний размер частиц значительно уменьшается от 180 мкм до 30 мкм.

Проведен термоанализ синтезированных порошковых материалов. Получены ТГ/ДСК кривые для синтезируемых порошков в зависимости от продолжительности механической активации. Полученные данные были сравнены с промышленно получаемым порошком ПАМ.

Также проведены эксперименты по исследованию скорости горения и теплоты сгорания высокоэнергетических материалов, полученных с использованием синтезированных порошков системы Al-Mg.

**Выводы.** Получены зависимости размера частиц порошков системы Al- Mg от продолжительности механической активации в планетарной мельнице. Установлено, что обработка материалов более двух часов приводит к значительному уменьшению размера частиц. Установлено, что более узкое распределение частиц по размерам соответствует порошкам после 8 и 9 часов механической активации.

Исследования, связанные с синтезом порошков системы Al-Mg выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-10272).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cook B. A. et al. A new class of ultra-hard materials based on AlMgB14 //Scripta materialia. – 2000. – Т. 42. – №. 6. – С. 597-602.
2. Черник Г. и др. Измельчение и механическое легирование в планетарных мельницах //Наноиндустрия. – 2007. – №. 5. – С. 32-35.
3. Реков А. М., Корниенко В. Т., Корниенко Э. О. Определение параметров прецизионных малобазных делительных сеток по их изображениям. – 2010. – С.131-138.