

Закономерности горения и фазовый состав продуктов в системе Ti+Al+Mg:

влияние начальной температуры и механической активации

Кочетов Н.А., Сычев А.Е.®

Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова РАН

@ sytschev@ism.ac.ru

АБСТРАКТ

В данной работе синтез в системе Ti-Al-Mg реализован двумя методами – проведением до синтеза предварительного нагрева или механической активации (МА). Процесс осуществлялся как в режиме горения, так и в режиме теплового взрыва (ТВ). Для активированных и исходных смесей изучены зависимости удлинения образцов после горения, а также зависимости скоростей и максимальных температур горения, от начальной температуры образцов и наличия Mg в смеси. Исследован фазовый состав продуктов синтеза и исходных смесей после активации. Определена зависимость дисперсности и выхода композитных частиц после МА. Экспериментально определена продолжительность МА (5 мин), при которой активированная смесь (Ti+Al+Mg) имеет самое большое значение максимальной температуры горения. Определен режим синтеза, при котором в продуктах присутствует тройная фаза $Al_{18}Ti_2Mg_3$.

Методика эксперимента

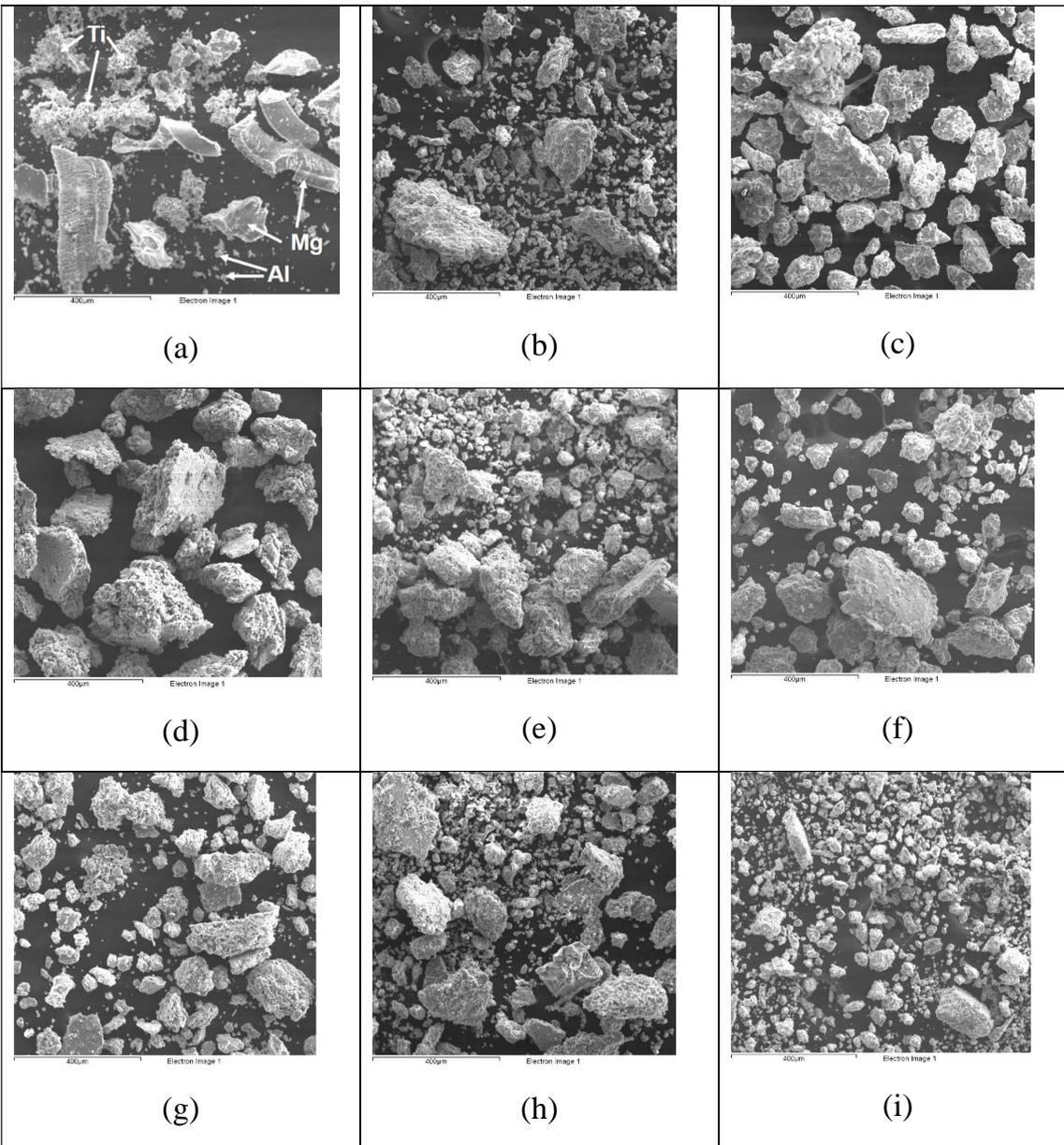


Рис. 1. Фотографии частиц исходной смеси Ti+Al+Mg (a) и смесей Ti+Al+Mg после МА продолжительностью: (б) - 1 мин, (в) - 3 мин, (г) - 5 мин, (д) - 7 мин, (е) - 9 мин, (ж) - 12 мин, (з) - 15 мин, (и) - 18 мин.

- В экспериментах использовался порошок магния марки МПФ-3 со средним размером частиц около 170 мкм, порошок титана ПТМ, с размером частиц менее 100 мкм и порошок алюминия АСД-4 со средним размером частиц около 10 мкм.
- Порошок алюминия АСД-4 содержит основного вещества 99.2 масс. %, порошки титана ПТМ и магния МПФ-3 содержат не менее 99 масс. % основного компонента (соответственно, титана и магния).
- Порошки исходных металлов в требуемых весовых пропорциях (Ti 61 масс. %, Al 34 масс. %, Mg 5 масс. %), для получения смеси (Ti+Al+Mg) и (Ti 64 масс. %, Al 36 масс. %) для получения смеси (Ti+Al) перемешивались сухим смешением в фарфоровой ступке до визуального отсутствия неоднородностей.
- Механоактивация смесей порошков осуществлялась в механоактиваторе АГО-2 с водяным охлаждением в воздушной атмосфере при ускорении 90 g. Соотношение массы шаров к массе активируемой смеси составляло 20:1. Продолжительность активации составляла от 1 до 25 мин.

Влияние МА на параметры процесса горения в системе Ti-Al-Mg

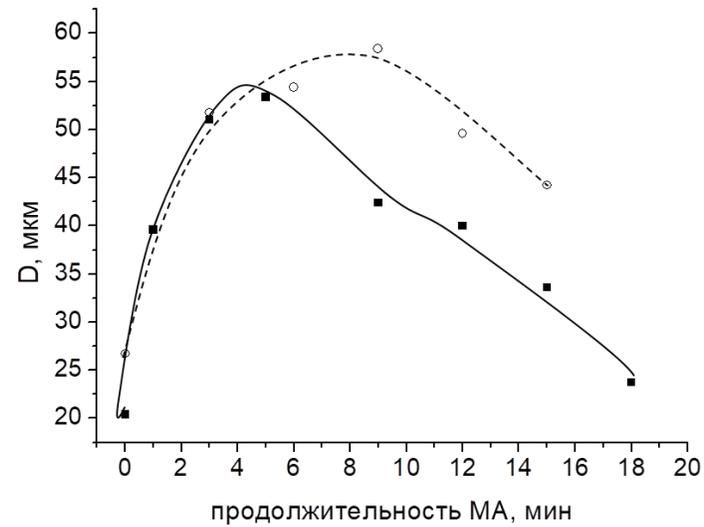


Рис. 2. Зависимость среднего размера частиц (D) от продолжительности МА для смесей: ■ - Ti+Al+Mg, ○ - Ti+Al

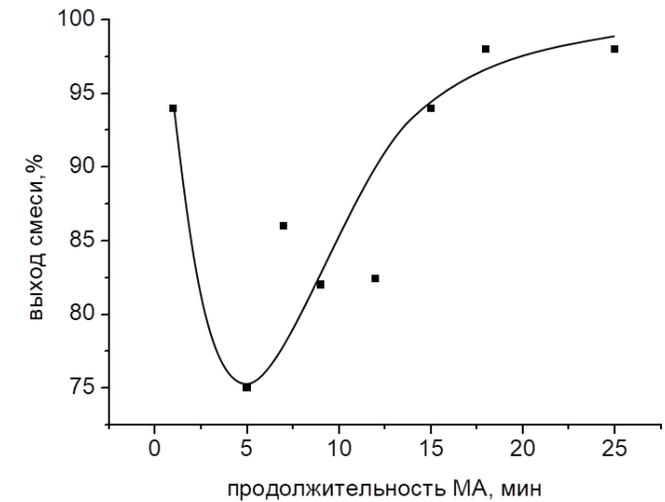


Рис. 3. Зависимость выхода смеси (%) после МА от продолжительности МА для смеси.

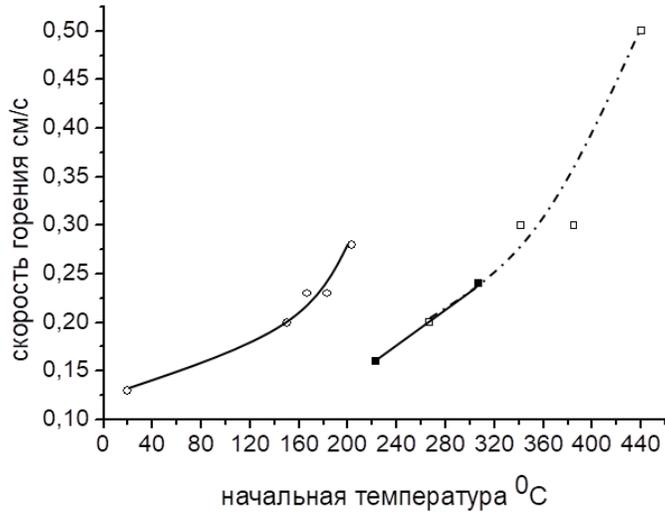


Рис.4. Зависимость скорости горения от начальной температуры для образцов, спрессованных из смесей: ■ - Ti+Al+Mg, □ - Ti+Al, ○ - Ti+Al+Mg после МА.

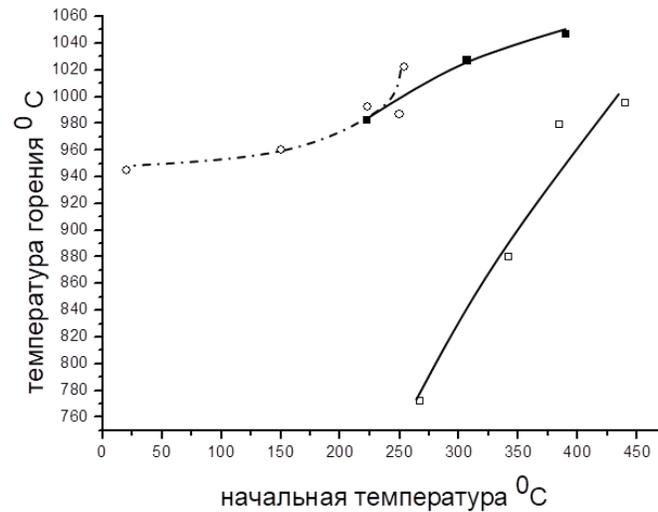


Рис. 5. Зависимость максимальной температуры горения от начальной температуры для образцов, спрессованных из смесей: ■ - Ti+Al+Mg, □ - Ti+Al, ○ - Ti+Al+Mg после МА.

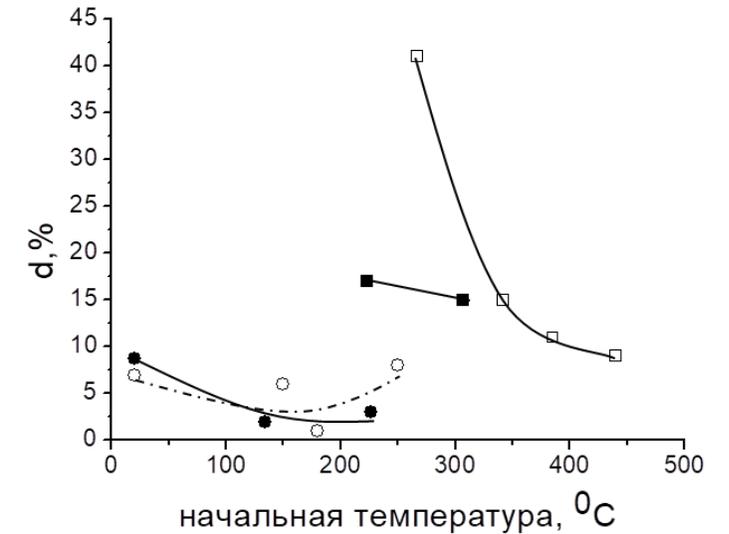


Рис.6. Зависимость относительного удлинения образцов (d) от начальной температуры для смесей: ■ - Ti+Al+Mg, □ - Ti+Al, ○ - Ti+Al+Mg после МА, ● - Ti+Al после МА.

Рентгенофазовый анализ синтезированного материала

При нагреве образца из МА смеси (Ti+Al+Mg) до температуры выше 250 °С синтез происходит в режиме ТВ. В отличие от продуктов этой смеси, полученных без предварительного подогрева, продукты ТВ содержат тройную фазу $\text{Al}_{18}\text{Ti}_5\text{Mg}_3$. Фаза $\text{Ti}_5\text{Al}_{11}$ в продуктах ТВ МА смеси (Ti+Al+Mg) отсутствует (Рис.7).

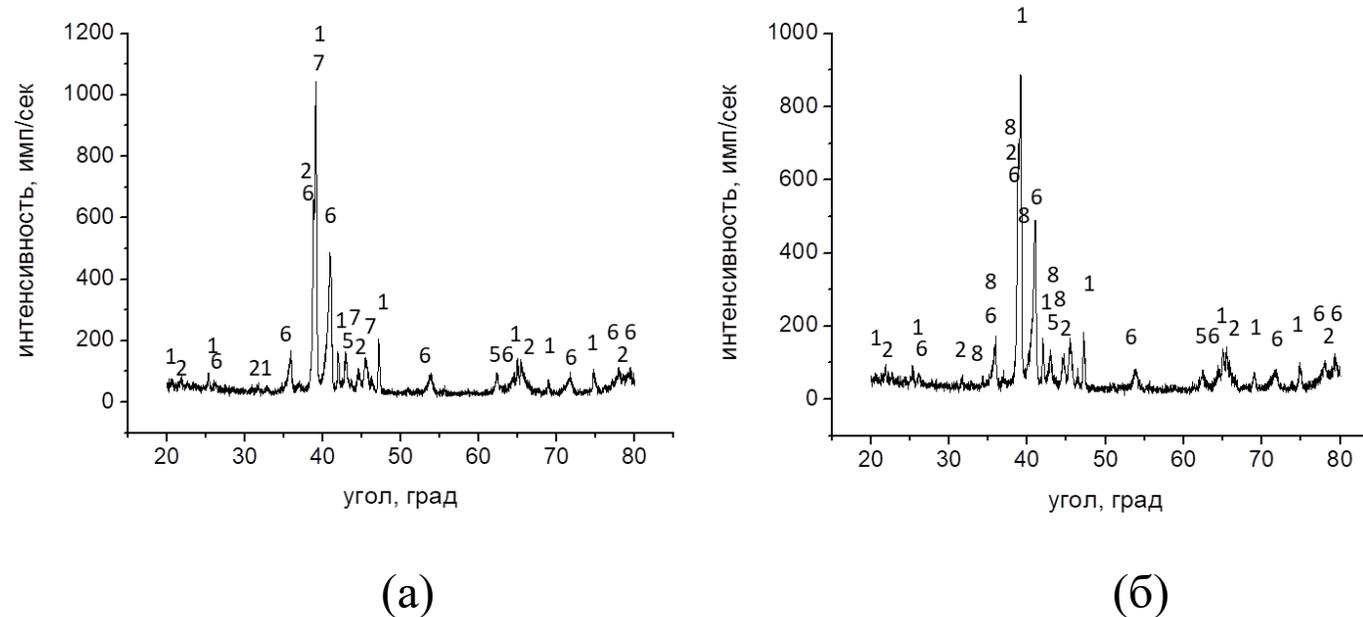


Рис. 7. Рентгенограммы продуктов синтеза МА 5 мин смеси (Ti+Al+Mg) при начальной температуре: (а) – 20⁰С, (б) – 250⁰С. Цифры на графиках соответствует следующим фазам: 1 – TiAl_3 , 2 - TiAl , 5 – MgO , 6 - Ti_3Al , 7 - $\text{Ti}_5\text{Al}_{11}$, 8 – $\text{Al}_{18}\text{Ti}_5\text{Mg}_3$.

* N.A. Kochetov, A.E. Sytshev. *Effects of magnesium on initial temperature and mechanical activation on combustion synthesis in Ti–Al–Mg system*. Available online 6 September 2020. *Materials Chemistry and Physics*. Volume 257, 1 January 2021, 12372.

<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123727>