

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

СОДЕРЖАНИЕ ФАЗ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ AlMgV_{14} , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ¹Никитин П.Ю., ²Абзаев Ю.А., ¹Матвеев А.Е., ¹Жуков И.А., ²Волокитин О.Г.¹*Томский государственный университет, Томск*²*Томский архитектурно-строительный университет, Томск*

AlMgV_{14} – материал, имеющий очень низкий коэффициент трения (COF, 0.02-0.08) [1], высокую твердость (32 ГПа) и химическую инертность [2]. Благодаря вышеперечисленным свойствам AlMgV_{14} может использоваться в качестве материалов и покрытий для повышения энергоэффективности различных установок за счет снижения износа в узлах трения. В работе [3] был предложен новый энергоэффективный метод получения AlMgV_{14} в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) с использованием, так называемой, химической печи на основе титана и кремния в качестве источника тепловой энергии. Авторы работы обнаружили, что продолжительность синтеза AlMgV_{14} в режиме СВС в 30-180 раз быстрее продолжительности синтеза AlMgV_{14} в режиме свободного спекания. Целью этой работы является определение фазового состава и полной структурной информации основных фаз материалов AlMgV_{14} , полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в зависимости от толщины химической печи.

В работе исследовались образцы системы AlMgV_{14} , полученные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза порошковой смеси $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}\text{-V}$ [3] с использованием химической печи на основе титана и кремния (Ti_5Si_3) толщиной 1, 2 и 3 см в атмосфере аргона. Процесс подготовки исходных материалов и их синтеза детально описан в работе [4].

Рентгеноструктурные исследования полученных материалов AlMgV_{14} проводились на дифрактометре Shimadzu 6000 центра МЦКП ТГУ. Количественный фазовый анализ (КАФ) проводился методом Ритвельда. В качестве эталонов использовались решетки кристаллографической базы PDF4 и COD [5].

Результаты исследований рентгеноструктурного анализа системы AlMgV_{14} в зависимости от толщины химической печи приведены в таблицах 1-3. Анализ вкладов в интегральную интенсивность отдельных фаз показал, что к основным фазам относятся $\text{Mg}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{V}_2$, MgAl_2O_4 , MgAlV_{14} . Установлено, что к доминирующим фазам относятся: при толщине химической печи 1 см – $\text{Mg}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{V}_2$, MgAl_2O_4 (кубический), MgAlV_{14} ; при толщине химической печи 2 см – $\text{Mg}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{V}_2$, MgAl_2O_4 (кубический), MgAlV_{14} ; при толщине химической печи 3 см – MgAlV_{14} , MgAl_2O_4 (кубический), MgAl_2O_4 (орторомбический).

Результаты свидетельствуют, что варьируется как состав фаз, так и их количественное содержание. Однако во всех случаях в полученных материалах AlMgV_{14} доминирует фаза MgAlV_{14} , доля которой возрастает в образцах с увеличением толщины химической печи с 1 до 2 см (таблица 1-2). С увеличением толщины химической печи в полученных материалах AlMgV_{14} снижается содержание промежуточной фазы $\text{Mg}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{V}_2$. Формирование MgAl_2O_4 обусловлено наличием оксидных пленок на частицах порошка бора, которые являются источниками кислорода для формирования шпинели MgAl_2O_4 в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза порошковой смеси $\text{Al}_{12}\text{Mg}_{17}\text{-V}$ [3]. Однако эффект влияния кислорода снижается с увеличением толщины химической печи. Массовое содержание фазы $\text{MgAl}_2\text{O}_4\text{-cub}$ снизилось в образцах AlMgV_{14} , полученных при толщине химической печи 2 и 3 см, до 5.57% и 5.66%, соответственно, относительно образца, полученного при толщине химической печи 1 см. При толщине химической печи 3 см в образце появилась фаза MgAl_2O_4 в орторомбической установке, общее содержание фаз, содержащих кислород, оказалось равным ~ 10 вес. % (таблица 3).

Таблица 1. Структурные параметры решеток и доля фаз, критерий сходимости материала $AlMgB_{14}$, толщина химической печи 1 см

Фаза	Состояние	a, Å	b, Å	c, Å	alpha	beta	gamma	V, Å ³	Весовая доля, %
$Mg_{0.5}Al_{0.5}B_2$	Исходное	3.047	3.047	3.366	90.00	90.00	120.00	27.064	30.75
	Уточненное	3.043	3.043	3.339	90.00	90.00	120.00	26.776	
$MgAl_2O_4$ -cub	Исходное	8.083	8.083	8.083	90.00	90.00	90.00	528.141	14.36
	Уточненное	8.073	8.073	8.073	90.00	90.00	90.00	526.074	
$MgAlB_{14}$	Исходное	5.848	8.115	10.313	90.00	90.00	90.00	489.419	54.89
	Уточненное	5.869	8.128	10.320	90.00	90.00	90.00	492.293	

Таблица 2. Структурные параметры решеток и доля фаз, критерий сходимости материала $AlMgB_{14}$, толщина химической печи 2 см

Фаза	Состояние	a, Å	b, Å	c, Å	alpha	beta	gamma	V, Å ³	Весовая доля, %
$Mg_{0.5}Al_{0.5}B_2$	Исходное	3.047	3.047	3.366	90.00	90.00	120.00	27.064	0.98
	Уточненное	3.045	3.045	3.362	90.00	90.00	120.00	26.993	
$MgAl_2O_4$ -cub	Исходное	8.083	8.083	8.083	90.00	90.00	90.00	528.141	5.57
	Уточненное	8.020	8.020	8.020	90.00	90.00	90.00	515.912	
$MgAlB_{14}$	Исходное	5.848	8.115	10.313	90.00	90.00	90.00	489.419	93.45
	Уточненное	5.874	8.121	10.313	90.00	90.00	90.00	491.993	

Таблица 3. Структурные параметры решеток и доля фаз, критерий сходимости материала $AlMgB_{14}$, толщина химической печи 3 см

Фаза	Состояние	a, Å	b, Å	c, Å	alpha	beta	gamma	V, Å ³	Весовая доля, %
$MgAlB_{14}$	Исходное	5.848	8.115	10.313	90.00	90.00	90.00	489.419	90.960
	Уточненное	5.880	8.140	10.338	90.00	90.00	120.00	494.790	
$MgAl_2O_4$ -cub	Исходное	8.083	8.083	8.083	90.00	90.00	90.00	528.141	5.658
	Уточненное	8.081	8.081	8.081	90.00	90.00	90.00	527.634	
$MgAl_2O_4$ -orth	Исходное	2.803	9.261	9.458	90.00	90.00	90.00	245.516	3.382
	Уточненное	2.781	9.401	9.464	90.00	90.00	90.00	247.455	

Получение материалов $AlMgB_{14}$ методом СВС выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №19-79-10042. Рентгеноструктурные исследования материалов $AlMgB_{14}$ выполнены за счет гранта Российского научного фонда, проект № 20-79-10102.

1. Cook B. A. et al. Analysis of wear mechanisms in low-friction $AlMgB_{14}$ - TiB_2 coatings // Surface and Coatings Technology. – 2010. – Т. 205. – №. 7. – С. 2296-2301.
2. Cook B. A. et al. A new class of ultra-hard materials based on $AlMgB_{14}$ // Scripta materialia. – 2000. – Т. 42. – №. 6. – С. 597-602.
3. Zhukov I. A. et al. The use of intermetallic Al_xMg_y powder to obtain $AlMgB_{14}$ -based materials // Materials Today Communications. – 2020. – Т. 22. – С. 100848.
4. Nikitin P. Y., Matveev A. E., Zhukov I. A. Energy-effective $AlMgB_{14}$ production by self-propagating high-temperature synthesis (SHS) using the chemical furnace as a source of heat energy // Ceramics International. – 2021.
5. Электронный доступ: www.crystallography.net/search.html.