

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЁМКИХ И ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЯЮЩИХ СМЕСЕЙ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ПЕНТАОКСИДОМ НИОБИЯ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Чудинова А.О.^{1,a}, Ильин А.П.^{1,b}

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

^a chudinova.1509@mail.ru, ^b genchem@mail.ru

Одной из проблем применения аддитивных технологий получения сплавов металлов и композиционных материалов являются значительные энергозатраты при послойном спекании матрицы с помощью теплового удара, лазерного и β -излучений. Предлагается энергоёмкий состав на основе нанопорошка алюминия и пентаоксида ниобия в качестве добавки к порошкам металлов и смесям [1-3]. Кроме того, продукты спекания и окисления содержат порошкообразные оксиды алюминия, нитрид ниобия и другие кристаллические порошки.

Целью работы являлось экспериментальное определение состава смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом ниобия, при окислении которого тепловой эффект максимален.

Нанопорошок алюминия при небольшом нагревании взаимодействует как газопоглотитель с примесями даже в особо чистом аргоне. Для определения наиболее энергоёмкого состава были приготовлены смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом ниобия (табл.1) [4].

Таблица 1. Состав исследуемых смесей НП Al с пентаоксидом ниобия

№ образца	Состав образца, мас. части		Соотношение НП Al:Nb ₂ O ₅ , мольное	Массовая доля НП Al в смеси, %
	Масса НП Al, г	Масса порошка Nb ₂ O ₅ , г		
1	1,60	2,40	2:1	40
2	2,06	1,94	3:1	51
3	2,64	1,36	4:1	66
4	2,80	1,20	5:1	70
5 - НП Al	0,00	4,00	-	100

Максимальным тепловым эффектом 6,1 кДж/моль характеризуется смесь № 3 Согласно данным таблицы 2 выбранная смесь имеет высокие значения и других параметров активности: температура начала окисления ($t_{но}$) составляет 330 °С, максимальная скорость окисления нанопорошка алюминия 0,19 мас. %/с, степень окисленности 46,5 %.

Таблица 2. Параметры активности смесей нанопорошка алюминия с пентаоксидом ниобия

№ образца,	$T_{н.о.}$, °С,	α , %	V_{max} , мас. %/с,	ΔH , кДж/г Al
1	310	26,06	0,03	2,9
2	400	31,64	0,08	3,4
3	330	46,50	0,19	6,1
4	410	40,69	0,18	5,2
5 – НП Al	400	47,3	0,19	8,8

Продукты сгорания в воздухе выбранной смеси (№ 3) анализировали с помощью рентгенофазового анализа (дифрактометр Дифрей-401) [5]. Фазовый состав продуктов представлен в таблице 3.

Продукты сгорания Nb₂N, γ -Al₂O₃, α -Al₂O₃ имеют высокую твердость, и их встраивание в структуру композиционных материалов её упрочняет.

Таблица 3. Состав продуктов сгорания смесей нанопорошка алюминия с пентаоксидом ниобия по данным рентгенофазового анализа

Состав образца (НП Al: Nb ₂ O ₅)	Интенсивность max рефлекса фазы, %				
	Nb ₂ N	α-Al ₂ O ₃	γ-Al ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	Al
(2:1)	30,00	11,54	-	27,90	-
(3:1)	47,00	11,47	21,60	65,70	-
(4:1)	36,70	37,90	30,50	-	26,72
(5:1)	32,90	43,39	38,79	-	23,00

Предлагаемая технология включает приготовление смесей нанопорошка алюминия (НПА) с пентаоксидами металлов, сжигание смесей в воздухе, дезагрегирование продуктов сгорания – шихты, содержащей нитриды Me₂N.

Таким образом, смесь нанопорошка алюминия и пентаоксида ниобия при окислении примесями в особо чистом аргоне является энергетической и дисперсно-упрочняющей добавкой при получении сплавов и композиционных материалов по аддитивной технологии.

Список литературы

1. Ильин А.П., Роот Л.О. Новый механизм высокотемпературного химического связывания азота воздуха // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 6-6. – С. 1377–1381.
2. Чудинова А.О., Ильин А.П. и др. О механизме химического связывания азота воздуха в условиях теплового взрыва смесей нанопорошка алюминия с оксидом тантала / А. О. Чудинова [и др.] // *Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов*. – 2018. – Т. 329, № 12. – [С. 114-121].
3. Low-temperature direct synthesis of mesoporous vanadium nitrides for electrochemical capacitors / Hae-Min Lee, Gyoung Hwa Jeong, Sang-Wook Kim, Chang-Koo Kim // *Applied Surface Science*. – 2017. – № 400. – P. 194–199.
4. Уэндландт У. Термические методы анализа. – М.: Мир, 1978. – 218 с.
5. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: МГУ, 1976. – 232 с.