

## ВЛИЯНИЕ СПУТНОГО ПОТОКА ГАЗА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРУ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ КАРБИДА ТИТАНА С НИКЕЛЕВОЙ СВЯЗКОЙ

Р.А. Кочетков<sup>1\*</sup>, Б.С. Сеплярский<sup>1</sup>, Т.Г. Лисина<sup>1</sup>, Н.И. Абзалов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук, Черноголовка, Россия

<sup>2</sup> Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

[\\*numenor@ism.ac.ru](mailto:*numenor@ism.ac.ru)

В работе проведено исследование закономерностей синтеза карбида титана с никелевой связкой из порошковой и гранулированной шихты с использованием титана разных марок (ПТМ и ПТМ-1) в спутном потоке инертного и активного газа. В более ранних работах, посвященных исследованию закономерностей горения гранулированных смесей Ti-C, было показано, что после синтеза гранулы сохраняют свои размеры и не спекаются друг с другом [1]. Поэтому, можно ожидать, что использование гранулированной шихты вместо порошковой для синтеза карбида титана с металлической связкой позволит получить не спек, а гранулы размерами порядка 1 мм, размол которых до порошкообразного состояния окажется менее энергозатратным.

Используемые в данной работе исходные вещества и их краткие характеристики приведены в таблице 1, структура порошков титана представлена на рисунке 1.

Таблица 1. Применяемые вещества и реагенты.

	марка	Размеры частиц	
		до 50% масс.	до 90% масс.
Титан	ПТМ	<61мкм	<107мкм
Титан	ПТМ-1	<105мкм	<169мкм
Сажа	П-803	<2,5мкм	<4мкм
Никель		<100мкм	<150мкм
Поливинилбутираль			
Спирт этиловый технический 95%			

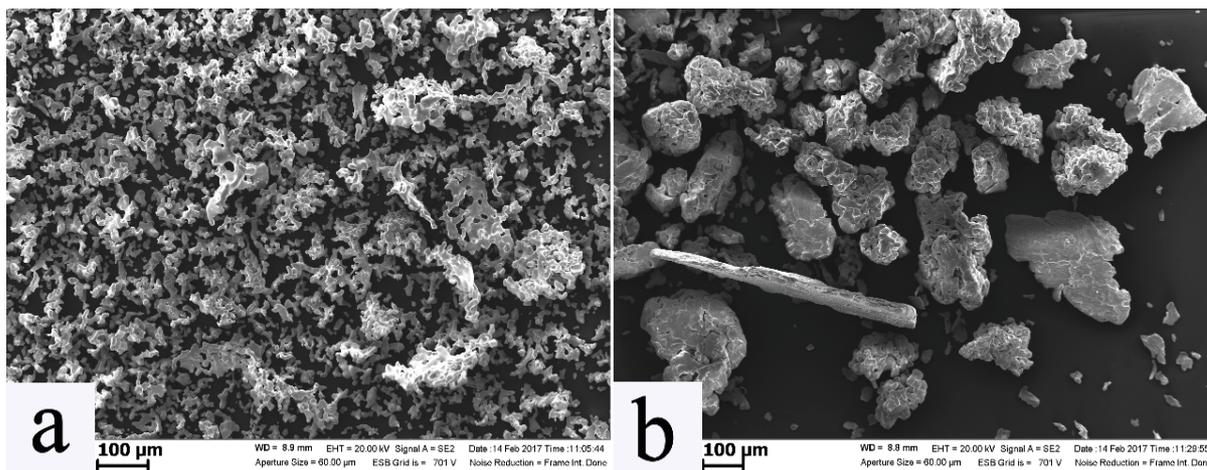


Рисунок 1. Микрофотографии порошков титана марки ПТМ (а) и ПТМ-1 (б).

Эксперименты показали, что горение смесей  $Ti+C+25\%Ni$  зависит от удельной поверхности и морфологии частиц титана. Для титана марки ПТМ процесс идет с длительным послесвечением вслед за прохождением фронта горения, как и для прессованных образцов [2], фазовый состав продукта ( $TiC$ ,  $Ni$ ) соответствует термодинамическим расчетам (рис. 2). Для объяснения особенностей синтеза был предложен двухстадийный механизм взаимодействия системы  $Ti+C+25\%Ni$ . При горении смеси на основе титана марки ПТМ-1 послесвечение отсутствует, а фазовый состав продукта включает интерметаллиды (рис. 2).

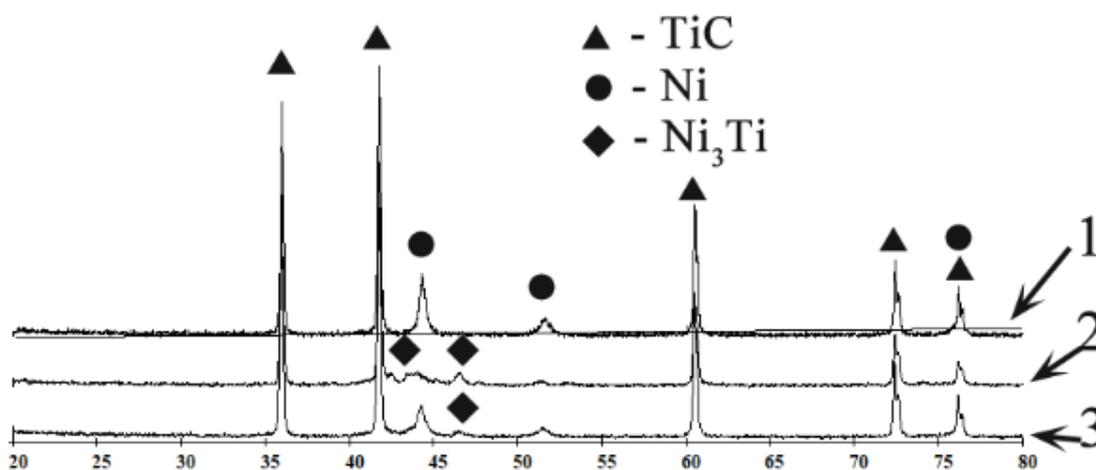


Рисунок 2. Результаты рентгенофазового анализа продуктов горения гранулированной смеси  $Ti+C+25\%Ni$ : 1 – без потока газа на основе титана марки ПТМ; 2 – марки ПТМ-1; 3 – смеси титанов марки ПТМ-1 и ПТМ в равных долях.

Для проверки предположения о том, что замена части титана марки ПТМ-1 может привести к снижению содержания интерметаллидов в продуктах, были проведены эксперименты по сжиганию порошковых и гранулированных смесей Ti+C+25%Ni, в которых 50% титана марки ПТМ-1 были заменены на титан марки ПТМ. Исследования показали, что для этой смеси процесс горения идет с послесвечением. Скорость горения такой гранулированной смеси (титан ПТМ/ПТМ-1) 20 мм/с соответствовала средней скорости между скоростями горения составов с титанами отдельных марок (27 мм/с для смеси с титаном марки ПТМ и 11 мм/с – с титаном марки ПТМ-1). Рентгенофазовый анализ показал наличие интерметаллидов в продуктах, но в меньшем количестве, чем для смеси на основе титана марки ПТМ-1 (рис. 2).

Для гранулированных смесей на основе титана марки ПТМ-1 и смеси титанов ПТМ/ПТМ-1 получен важный результат. Оказалось, что проведение синтеза в потоке азота позволяет изменить фазовый состав продуктов горения: по данным РФА исчезли интерметаллиды и состав стал идентичен продуктам, полученным из титана марки ПТМ. Следует отметить, что продукт синтеза в потоке азота представлял собой пористый непрочный образец из слабо спеченных гранул, которые легче поддавались измельчению, нежели продукты горения без продува газом или в потоке аргона, что имеет важное практическое значение для получения порошков карбида титана с никелевой связкой.

## **Литература**

- [1] B.S. Seplyarskii, R.A. Kochetkov, S.G. Vadchenko, *Combustion, Explosion and Shock Waves*, 52 (6), (2016) 665–672.
- [2] A.S. Rogachev, V.M. Shkiro, I.D. Chauskaya, M.V. Shvetsov, *Combustion, Explosion and Shock Waves*, 24 (6), (1988) 720–726.