

ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ В СИСТЕМЕ Ti-B-N

С.О. ПОГОРЕЛОВА, А.Р. НАСЫРБАЕВ

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: sop2@tpu.ru

Покрyтия системы Ti-B-N хорошо известны благодаря превосходному потенциалу этих покpытий во многих промышленных применениях, поскольку обладают такими свойствами, как высокая твердость, высокая ударная вязкость, высокая термодинамическая стабильность с химической инертностью, хорошая коррозионная устойчивость и износостойкость [1-3]. В настоящее время существует множество способов синтеза в системе Ti-B-N: самораспространяющийся высокотемпературный синтез, механический синтез, метод ультразвукового импульсного электроосаждения [4,5]. Сам по себе TiN не обладает уникальной высокой твердостью и износостойкостью, однако в сочетании с TiB₂ – система Ti-B-N может показывать превосходную твердость (до 55 ГПа) и хорошую устойчивость к коррозии [6].

В данной работе для получения фаз системы Ti-B-N используется метод прямого плазмодинамического синтеза в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе (КМПУ). Было проведено 3 серии экспериментов с аргоном Ar для сравнения с 3 сериями экспериментов с использованием азота N₂ в качестве атмосферы камеры-реактора при различном способе инициации дугового разряда: 1) с использованием титановых проводников; 2) с использованием углеволокон; 3) графитизация.

Полученный продукт был исследован методом рентгеновской дифрактометрии. Рентгеновские дифрактограммы представлены на рисунке 1. Количественный анализ продукта был получен после исследование дифрактограмм программой PowderCel. Результаты количественного анализа экспериментов с использованием аргона и с использованием азота представлены в таблице 1 и таблице 2 соответственно.

Сложность идентифицирования рентгеновских максимумов интенсивности нитрида титана TiN заключается в их полном совпадении с максимумами моноборида титана TiB, что представляет практически невозможным оценивание данной фазы в отдельности. В азотной атмосфере побочная фаза Ti₂O₃ полностью отсутствует. С изменением способа инициации дугового разряда изменяются интенсивности пиков, а соответственно и выходы фаз TiB₂, TiB/TiN. В аргоновой атмосфере наилучший эксперимент для получения TiB₂ является эксперимент с графитизацией и выходом TiB₂ 93,2 %. В азотной же атмосфере наоборот: в эксперименте с использованием графитизации выход TiB₂ наименьший – 60,1%, но выход TiB/TiN наибольший – 39,9 %. Средний размер всех частиц не превышает 100 нм, что позволяет нам сделать вывод о том, что получен порошок с наноструктурой.

Таблица 1 – Количественный анализ экспериментов с использованием аргона

Способ инициации	Атм.	Фазовый состав, %			ОКР, нм		
		TiB	TiB ₂	Ti ₂ O ₃	TiB	TiB ₂	Ti ₂ O ₃
Ti-проводники	Ar	66,2	26,8	7,0	22,5	46,7	20,5
Углеволокна	Ar	21,2	62,1	16,7	18,4	61,1	35,5
Графитизация	Ar	6,8	93,2	-	16,7	56,1	-

Таблица 2 – Количественный анализ экспериментов с использованием азота

Способ инициации	Атм.	Фазовый состав, %		ОКР, нм	
		TiB/TiN	TiB ₂	TiB/TiN	TiB ₂
Ti-проводники	N ₂	22,9	77,1	25,3	77,0
Углеволокна	N ₂	15,2	84,8	20,8	69,0
Графитизация	N ₂	39,9	60,1	37,2	79,9

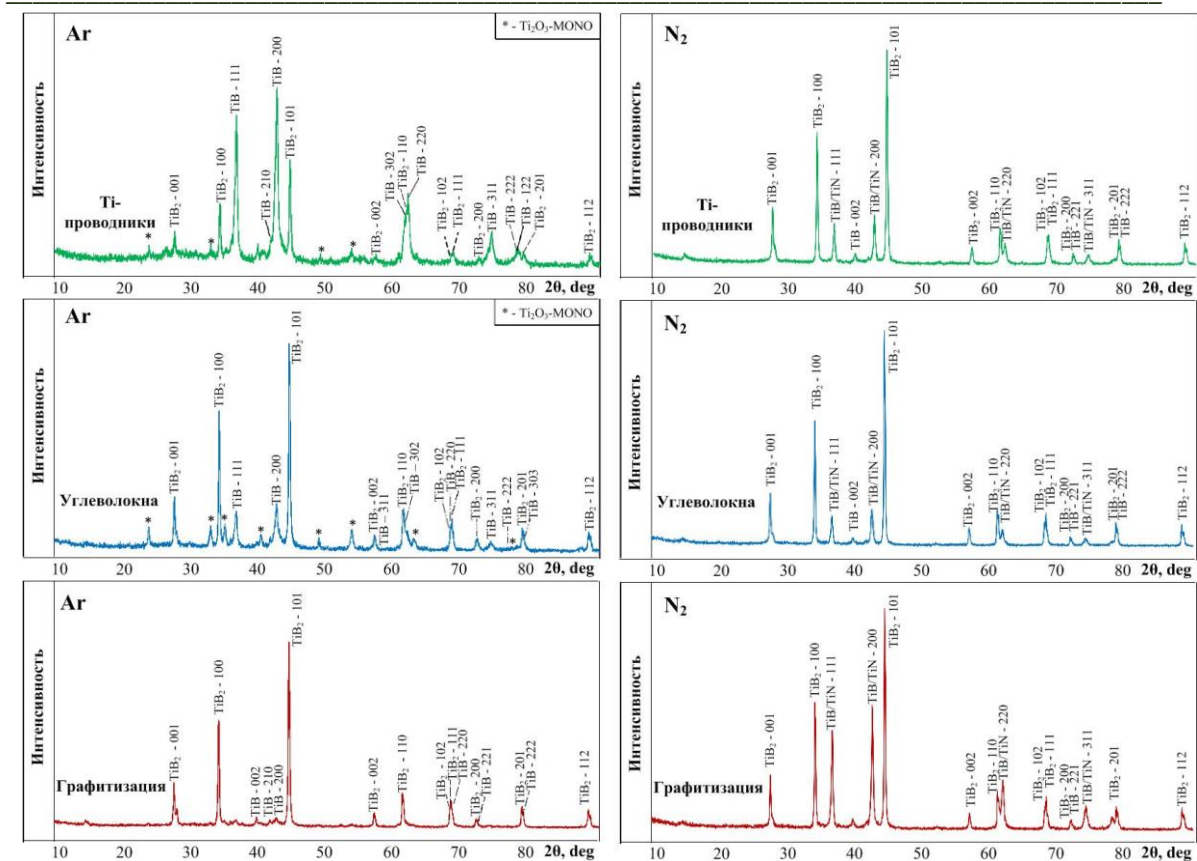


Рисунок 1 – Рентгеновские дифрактограммы продукта, синтезированного в аргонной и азотной атмосфере при различных способах инициации дугового разряда

С помощью КМПУ был синтезирован порошок системы Ti-B-N. В результате проведенных серий экспериментов был получен композитный материал, состоящий из фаз TiB₂, TiB и TiN. Результаты показали, что для получения наибольшего выхода TiB₂ следует использовать графитизацию и аргоновую атмосферу камеры-реактора, а для получения наибольшего выхода фаз TiB₂-TiN-TiB графитизацию в азотной атмосфере.

Список литературы

1. Zhou S. Y. et al. Effects of modulation period on microstructure, mechanical properties of TiBN/TiN nanomultilayered films deposited by multi arc ion plating // Vacuum. – 2016. – Т. 126. – С. 34-40.
2. Aouadi S. M. et al. Characterization of TiBN films grown by ion beam assisted deposition //Surface and Coatings Technology. – 2002. – Т. 160. – №. 2-3. – С. 145-151.
3. He Y. et al. Effect of prior plasma nitriding applied to a hot-work tool steel on the scratch-resistant properties of PACVD TiBN and TiCN coatings //Surface and Coatings Technology. – 2006. – Т. 201. – №. 6. – С. 2534-2539.
4. Zhou S. Y. et al. Influence of modulation period and modulation ratio on structure and mechanical properties of TiBN/CrN coatings deposited by multi-arc ion plating // Applied Surface Science. – 2015. – Т. 351. – С. 1116-1121.
5. García-González L. et al. Structure and mechanical properties of TiBN coatings fabricated by dc reactive sputtering technique //Journal of materials processing technology. – 2007. – Т. 186. – №. 1-3. – С. 362-366.
6. Son M. J. et al. Properties of TiBN coating on the tool steels by PECVD and its applications //Journal of materials processing technology. – 2002. – Т. 130. – С. 266-271.