

## СТРУКТУРА СВС КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ «КАРБИД ТИТАНА-СВЯЗКА ИЗ СПЛАВА Н77Х15С3Р2»

*А.А. ПОЛЯНСКАЯ<sup>1</sup>, М.Г. КРИНИЦЫН<sup>1,2</sup>, Г.А. ПРИБЫТКОВ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: [polyanskaya38@gmail.com](mailto:polyanskaya38@gmail.com)

## STRUCTURE OF THE "TITANIUM CARBIDE- Ni77Cr15Si3B2 ALLOY MATRIX" SHS COMPOSITE POWDERS

*A.A. POLYANSKAYA, M.G. KRINITSYN, G.A. PRIBYTKOV*

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University

<sup>2</sup>Institute of Strength Physics and Materials Science

E-mail: [polyanskaya38@gmail.com](mailto:polyanskaya38@gmail.com)

**Abstract.** *Optical metallography and SEM investigation of "TiC – Ni77Cr15Si3B2 alloy matrix" composite powders has been carried out. The composite powders were produced by selfpropagating high temperature synthesis method (SHS). Dispersity of TiC inclusions in the SHS product structure drastically depends on the alloy powder content in the reaction powder mixtures.*

**Введение.** Надежность и долговечность деталей машин и механизмов определяется конструктивной прочностью материалов, из которых они выполнены. Эксплуатационные характеристики многих изделий-износостойкость, коррозионная стойкость, отражательная способность, теплосоппротивление и другие-определяются свойствами поверхности. Для получения высоких характеристик конструктивной прочности поверхностных слоев часто применяют различные методы нанесения покрытий, позволяющие защитить материал основы от внешних воздействий, повысить срок службы деталей и сократить расходы на ремонт изношенного оборудования[1].

Самофлюсующиеся порошки являются широко распространенными материалами для создания износостойких и коррозионностойких покрытий. Сплавы на никелевой основе, легированные бором и кремнием, образуют легкоплавкие эвтектики при взаимодействии материала покрытия с поверхностью напыляемой детали. Бор и кремний снижают температуру оплавления покрытия и повышают текучесть расплава, а наличие в составе сплавов твердых боридов хрома, карбидов и комплексных карбоборидов обеспечивают твердость и износостойкость покрытия. Эти свойства сплавов позволяют создать на поверхности стальных и чугуновых изделий плотные покрытия с высокой адгезией[2].

Для повышения износостойкости наплавленных покрытий из самофлюсующихся никелевых сплавов целесообразно дополнительное введение в структуру покрытия тугоплавких дисперсных частиц TiC. При этом представляется перспективным использовать при нанесении композиционные порошки, где карбид титана находится в виде дисперсных частиц в металлической связке. Для получения композиционных порошков «карбид титана – металлическая связка» целесообразно использовать простой в реализации и экономически эффективный метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

**Материалы и методика эксперимента.** Композиционные порошки «TiC-ПРН77Х15С3Р2» готовили методом СВС. Для этого были спрессованы таблетки диаметром 35 мм из смеси порошков титана марки ТПП-8 с дисперсностью 50-

125мкм, сажи марки П-803 (8 мкм) и сплава ПР-Н77Х15С3Р2 (<100мкм), с разным расчетным содержанием металлической связки (20, 30, 40, 50 об%). Смеси готовили посредством сухого смешивания порошковых навесок в течение 4 часов. Синтез был проведен в герметичном реакторе в среде аргона с избыточным давлением около 0,5 атм. Реакцию послойного горения инициировали поджигающей таблеткой из порошковой смеси титана и кремния состава  $Ti_5Si_3$ , нагреваемой молибденовой спиралью.

Структурный анализ порошковых СВС-спеков проводили на оборудовании Центра коллективного пользования ИФПМ СО РАН (оптический микроскоп AXIOVERT-200MAT и сканирующий электронный микроскоп EVO 50, Zeiss, Germany). Размер структурных составляющих композиционных порошков определяли методом количественной металлографии (метод секущих).

**Результаты и обсуждение.** Рентгеноструктурный анализ продуктов синтеза показал что TiC является основной фазой в композиционных порошках для всех образцов с различным содержанием металлической связки.

Гранулы композиционного порошка, полученного дроблением рыхлых спеков – продуктов синтеза и рассевом на фракции имеют осколочную форму (рис. 1). Зерна карбида титана, выходящие на поверхность гранул композиционного порошка имеют округлую форму (рис. 1).

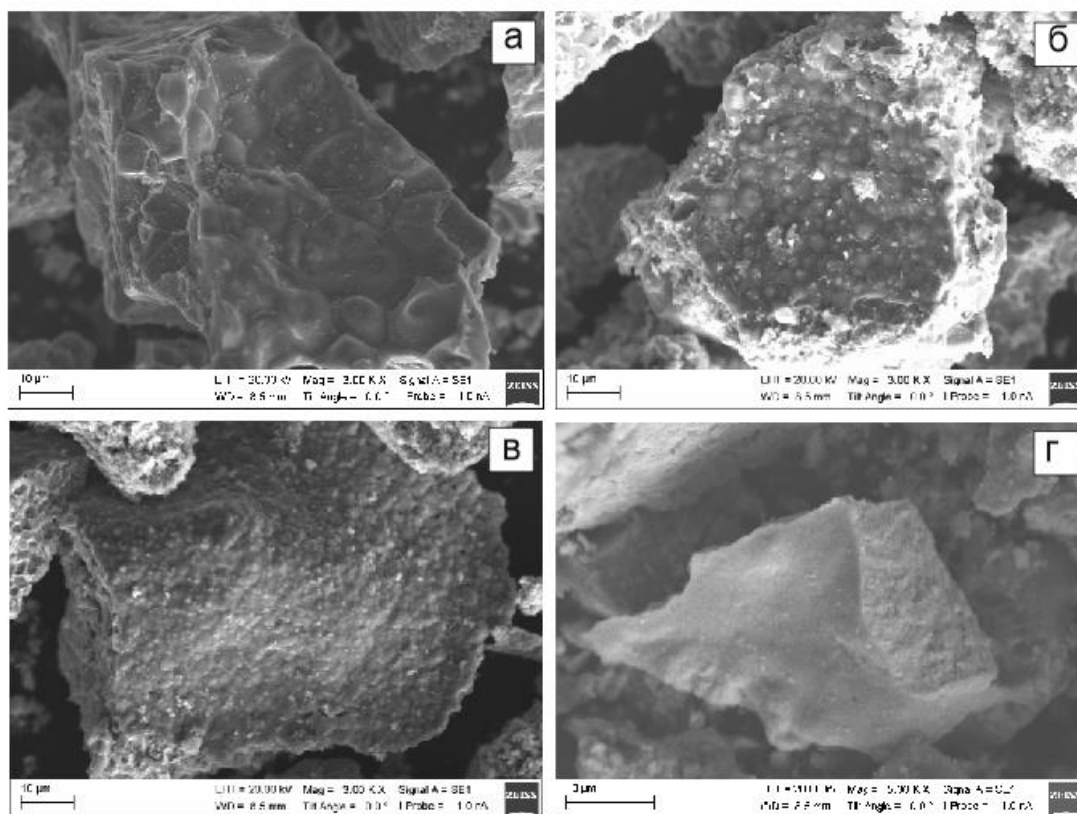


Рисунок 1-Морфология СВС порошков, синтезированных в аргоне, с различным расчетным содержанием металлической связки (об%): а) 20%; б) 30%; в) 40%; г) 50%

Можно наблюдать прямую зависимость между размером карбидного зерна и содержанием металлической связующей в реакционных смесях: по мере возраста-

ния содержания ПР-Н77Х15С3Р2 уменьшается размер частиц карбида титана. Это объясняется тем, что максимальная температура реакции зависит от содержания инертной в тепловом отношении металлической связки в реакционных смесях. Чем меньше содержание связки, тем больше температура и время существования расплава, из которого выпадают и растут карбидные частицы.

Внутренняя структура композиционного порошка приведена на оптических фотографиях металлографических шлифов на сечениях гранул композиционного порошка, залитых в смолу (рис. 2). Порошок имеет структуру типичного матричного композита: серые карбидные зерна округлой формы на фоне более светлой матрицы из самофлюсующегося порошка и темных пор различного размера [3]. Вид и дисперсность карбидных частиц на поверхности гранул (рис. 1) и на сечениях (рис. 2) хорошо согласуются.

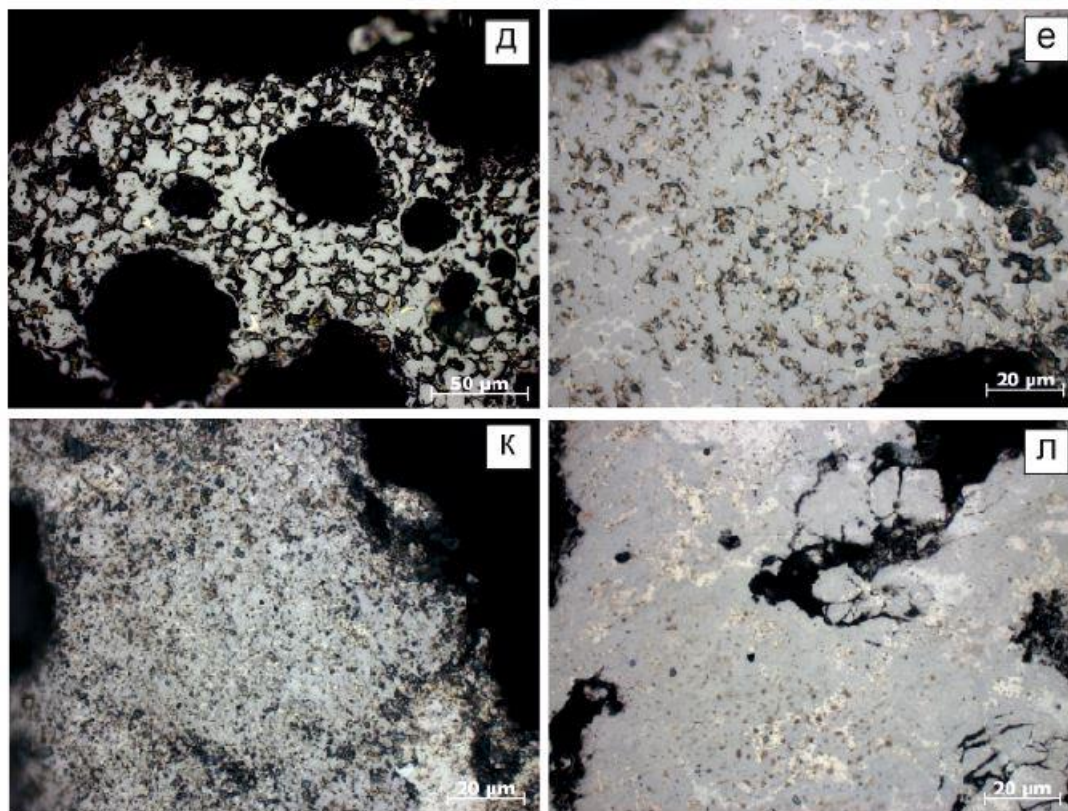


Рисунок 2- Внутренняя структура СВС порошков TiC+ПРН77Х15С3Р2 с различным содержанием связки (об%): а)20%, б)30%, в)40%, г)50%

Зависимость размера частиц TiC в композиционных порошках, рассчитанного по результатам определения методом количественной металлографии на поперечных шлифах (рис. 2) от содержания металлической связки в реакционных смесях представлена в таблице 1 и на рис. 3.

Таблица 1 – Размер карбидных частиц

Образец	Средний размер зерна, мкм	Стандартное отклонение
20% ПР	7,32	2,07
30% ПР	3,82	1,04
40% ПР	1,62	0,59
50% ПР	1,21	0,56

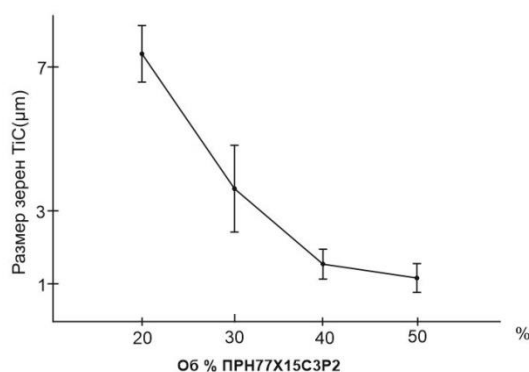


Рисунок 3- Средний размер зерен в СВС порошках с различным содержанием связки

### Выводы

1. С применением метода СВС возможно получение композиционных порошков «карбид титана – связка на никелевой основе» с объемным содержанием связки до 50%.

2. Изменением содержания инертной в тепловом отношении металлической связки можно регулировать в широких диапазонах средний размер карбидных частиц в СВС композиционных порошках состава «TiC-ПР-Н77Х15С3Р2».

### Список литературы

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. – 232 с.
2. Лобанов М.Л., Кардолина Н.И., Россина Н.Г. и др. Защитные покрытия. учеб.пособие – Екатеринбург: Изд-во Урал. Унта, 2014. – 200 с
3. Коростелева Е. Н., Прибытков Г.А., Каламбаева С.С. и др. СВС композиционные порошки «TiC -чугунная связка для наплавки и напыления, синтезированные на воздухе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/19787>. – 15.05.16.