

**ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КАРБИД ЦИРКОНИЯ – УГЛЕРОД (ZrC–C)  
МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ**

А.В. Рыгин<sup>1</sup>, Ю.А. Мировой<sup>1,2</sup>

Научный руководитель: профессор, д.т.н. С.П. Буякова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический Университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 634050

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

Россия, г. Томск, пр. Академический 2/4, 634055

E-mail: [avr7@tpu.ru](mailto:avr7@tpu.ru)

**PREPARATION OF ZIRCONIUM CARBIDE – CARBON (ZrC–C) COMPOSITION SYSTEM  
BY HOT PRESSING**

A.V. Rygin<sup>1</sup>, Yu.A. Mirovoy<sup>1,2</sup>

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.P. Buyakova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

<sup>2</sup>Institute of Strength Physics and Materials Science of SB RAS, Russia, Tomsk, Akademicheskii ave., 634055

E-mail: [avr7@tpu.ru](mailto:avr7@tpu.ru)

***Abstract.** Developing of high-technology aerospace engineering needs for new generation of ultra-high temperature materials. Carbide-carbon composites might be one of these materials. This paper shows obtaining of composition material based on zirconium carbide with addition of carbon black by hot pressing. Stoichiometric zirconium monocarbide and carbon black powders were used in experiment. Temperature of preparation was about 1800 °C, pressure was about 22.6 MPa. Samples were studied by XRD-analysis and optical microscopy. Most of homogeneous structure was found at the sample with 10 vol.% carbon.*

**Введение.** Одной из основных задач развития авиационной и ракетно-космической отрасли заключается в поиске высокотемпературных материалов нового поколения, способных функционировать в экстремальных условиях при температурах до ~2000 °С. КПД турбореактивных двигателей напрямую зависит от температуры сгорания топлива, что предъявляет новые требования к термохимической эрозии и термомеханической прочности материалов. Карбид-углеродные системы металлов переходной IV группы, также устойчивые к окислению<sup>1,2</sup>, могут являться решением поставленной задачи. Помимо этого, данные материалы обладают способностью поглощать и рассеивать энергию упругих деформаций возникающих при распространении трещин, что свидетельствует о высокой устойчивости к тепловым ударам<sup>3</sup>.

**Приборы и материалы.** В качестве исходных компонентов использованы порошки карбида циркония и технического углерода. Полученные смеси подготавливались посредством ручного перемешивания и механической обработкой порошков в планетарной мельнице в течении 5 минут, объемная доля углерода составляет 0-15 %об. Образцы получены методом горячего прессования при температуре ~1800 °С и давлении прессования 22,6 МПа в атмосфере аргона. Рентгенограммы получены на дифрактометре Shimadzu XRD-7000S (результаты предоставлены НОИЦ «Наноматериалы и Нанотехнологии» ТПУ) с применением монохроматического Cu-Kα излучения.

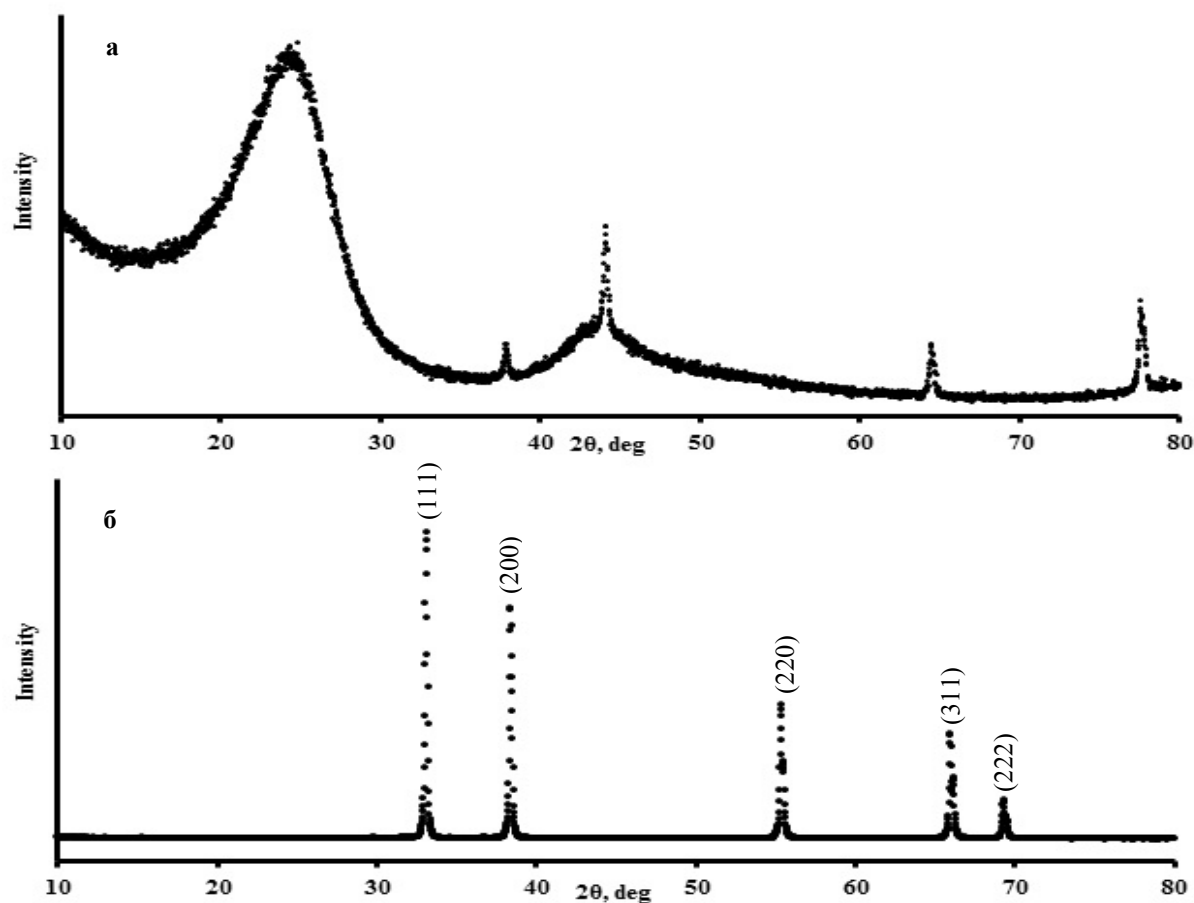


Рис 1. Рентгенофазовый анализ порошков: а – технического углерода С; б – карбида циркония ZrC

**Результаты.** На рисунке 1 представлены рентгенограммы исходных порошков. Четко выражены основные пики карбида циркония (рисунок 1б), отсутствуют какие-либо значительные примеси, период решетки 0,4695 нм. Для углерода (рисунок 1а) наблюдается значительное уширение пиков, что может говорить о наличии как аморфной, так и нанокристаллической фаз, что требует дополнительного уточнения при помощи методов электронной микроскопии.

Оптические снимки структуры поверхности образцов карбид-углеродных композитов представлены на рисунке 2. Образцы, содержащие углеродной фазы 5 %об. (рисунки 2а,б), обладают достаточно разнородной структурой, как для механически обработанного, так и для не обработанного образца, присутствует ярко выраженная пористость и распределение углерода в матрице карбида. Иной характер представлен для образцов с содержанием углерода 10 %об. Для порошков, не подвергнутых механической обработке (рисунок 2,в), следует отметить равномерное распределение углерода в карбидном образце, а также наличие крупных агломератов углерода на поверхности. Из обработанных порошков (рисунок 2,г), получены образцы, обладающие однородной структурой распределения углерода в композите без ярко выраженных скоплений, что говорит о более высокой однородности полученного материала. Композит с 15 %об. долей углерода (без механической обработки; рисунок 2,д) обладает структурой сходной с 10 %об. образцом. Механическая обработка приводит к возникновению островков в композите (рисунок 2,е), которые «обеднены» углеродной добавкой.

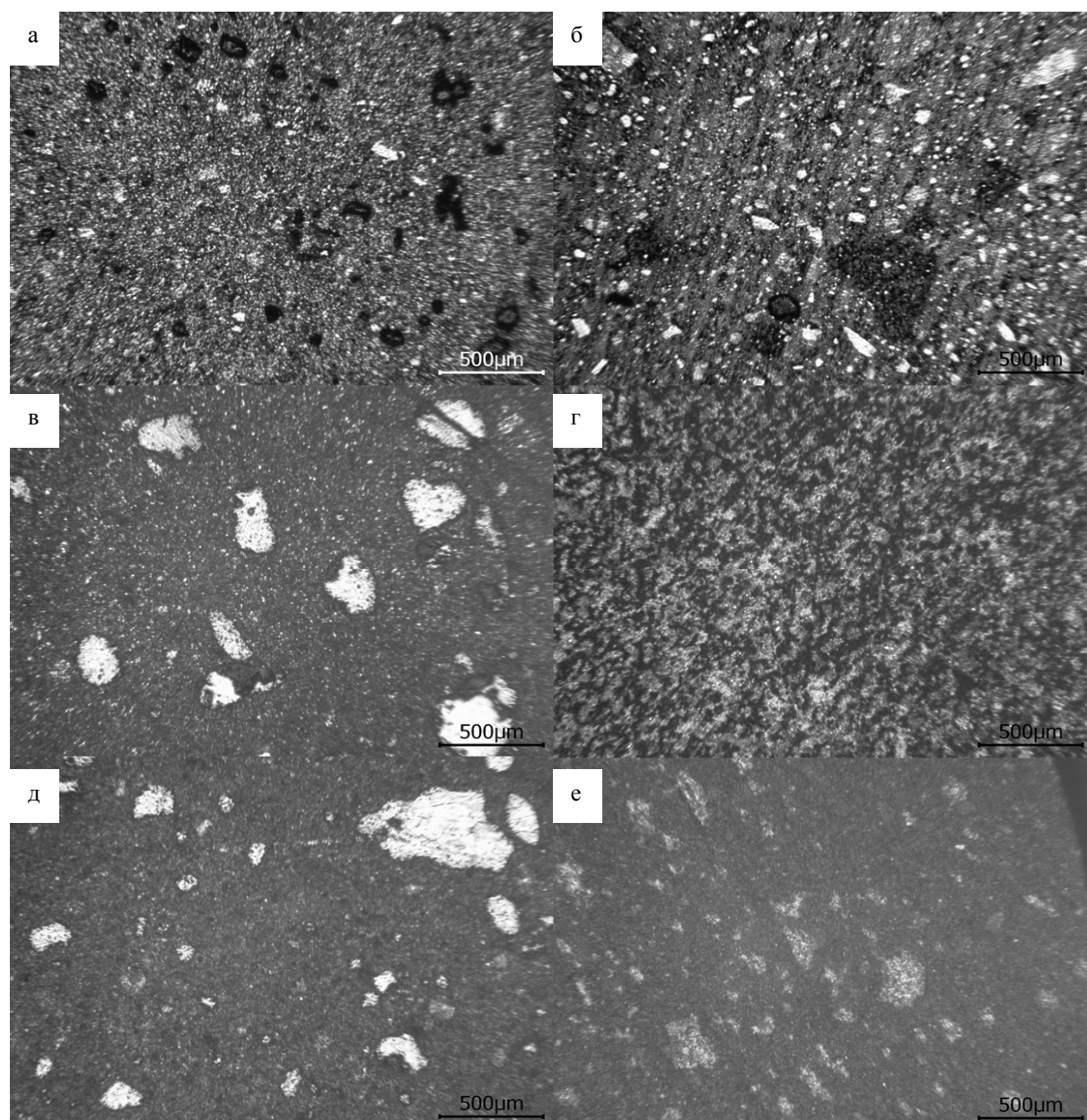


Рис. 2 Микроснимки поверхности образцов композиционных систем ZrC–C: а,б – содержание углерода C 5%об. (с/без МА); в,г – C 10%об. (с/без МА); д,е – C 15%об. (с/без МА)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hasselman, D. P. H., Becher, P. F., & Mazdiyasi, K. S. (1980). Analysis of the resistance of high  $\square E$ , low  $\square E$  brittle composites to failure by thermal shock. *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 11(3), 82-92.
2. Shabalin, I. L., Tomkinson, D. M., & Shabalin, L. I. (2007). High-temperature hot-pressing of titanium carbide-graphite hetero-modulus ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 27(5), 2171-2181.
3. Shabalin, I. L., Wang, Y., Krynkina, A. V., Umnova, O. V., Vishnyakov, V. M., Shabalin, L. I., & Churkin, V. K. (2010). Physicomechanical properties of ultrahigh temperature heteromodulus ceramics based on group 4 transition metal carbides. *Advances in Applied Ceramics*, 109(7), 405-415.