

2. Najafi A. et al. Synthesis and characterization of SiC nano powder with low residual carbon processed by sol–gel method //Powder technology. - 2012.- P.202-210.
3. Van Laar J.H. et al. Microwave-plasma synthesis of nano-sized silicon carbide at atmospheric pressure //Ceramics International. – 2015. – Т. 41. – №. 3. – С. 4326-4333.
4. Sivkov A.A., Pak A.Y. RF Patent no. 2431947 //H05H. – 2010. – Т. 11. – №. 00. – С. F41B.

Scientific adviser: A.A. Sivkov, PhD in Engineering sciences, Prof. of the Department of Industrial Electric Power Supply of the Power Engineering Institute of TPU.

## **СИНТЕЗ КАРБИДА КРЕМНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА**

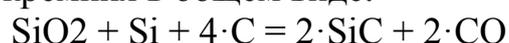
Т.С. Квашина, В.И. Чушенков

Новосибирский государственный технический университет

Неметаллические тугоплавкие соединения обладают такими свойствами, как высокая температура плавления, твердость, химическая инертность, благодаря чему они широко применяются в качестве основы конструкционных, полупроводниковых, жаропрочных и абразивных материалов. Одним из наиболее важных представителей соединений данного класса является карбид кремния.

Основными способами получения карбида кремния считаются карботермическое восстановление, проходящее с поглощением теплоты при температурах свыше 2000 °С, и синтез из элементов, который можно охарактеризовать как самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). В данной работе исследуется возможность объединения двух этих технологий с целью получения высокотемпературной модификации карбида кремния при более низких затратах энергии.

Шихта готовилась в соответствии со стехиометрией обеих реакций и далее смешивалась в соотношениях карботермическое восстановление : синтез из элементов 1:1. Суммарное уравнение химической реакции комбинированного метода синтеза карбида кремния в общем виде:



В качестве углеродного материала для синтеза карбида кремния был выбран нановолокнистый углерод, характеризующийся высоким значением удельной поверхности (~150 м<sup>2</sup>/г) [1]. Ранее нановолокнистый углерод для синтеза карбида кремния не использовался.

Процесс синтеза проводился в индукционной печи тигельного типа в среде аргона. Было решено провести эксперименты с разными температурами синтеза: 1600 °С (образец SiC-16) и 1800 °С (образец SiC-18). Продолжительность каждого синтеза составила около 20 минут. Полнота прохождения процесса, протекающего с участием газовых компонентов, определялась по убыли массы.

Полученные значения незначительно превышают теоретическое, что, возможно, свидетельствует об улетучивании монооксида кремния из реакционной зоны в процессе синтеза.

Полученные образцы были изучены методами рентгенофазового анализа, энергодисперсионного анализа, сканирующей электронной микроскопии, седиментационного анализа, синхронного термического анализа.

Результаты рентгенофазового анализа полученных образцов (рис. 1) показали, что в обоих случаях был получен карбид кремния высокотемпературной модификации ( $\alpha$ -SiC), а образец, полученный при 1800 °С, содержал непрореагировавший диоксид кремния.

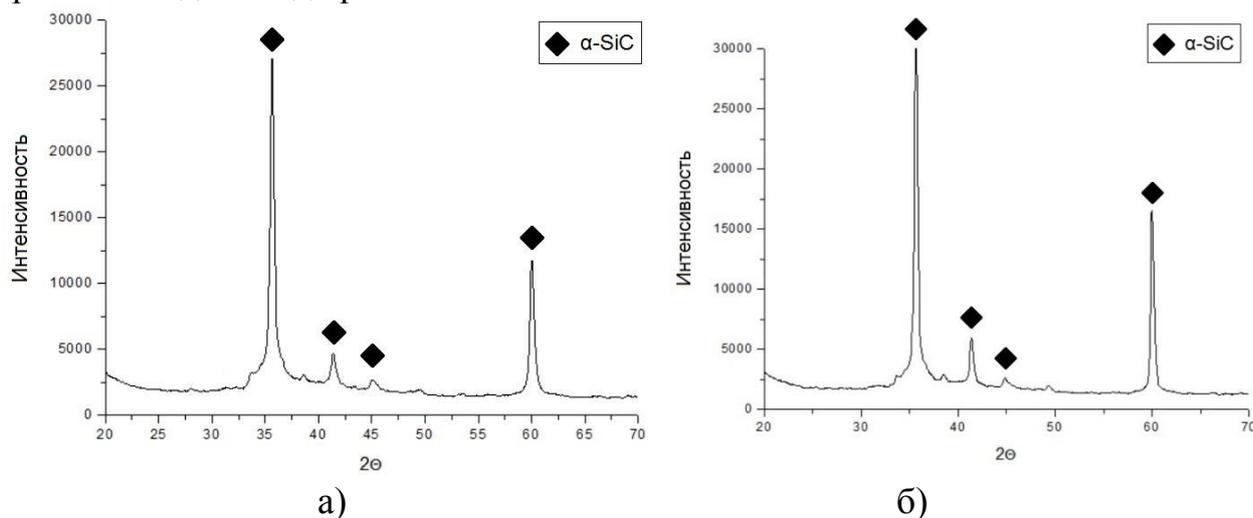


Рис. 1. Результаты рентгенофазового анализа: а - SiC-16; б – SiC-18

Энергодисперсионный анализ образцов показал, что в результате синтеза при температуре 1600 °С в малых количествах в образце остался непрореагировавший диоксид кремния. При 1800 °С диоксида кремния в образце не осталось.

Также с полученными образцами был проведён синхронный термический анализ (рис. 2), согласно которому образец, полученный при 1800 °С, содержит примерно 2,8 % углерода, который окисляется в промежутке температур 500-700 °С. Также у обоих образцов происходит незначительное увеличение массы, что свидетельствует о том, что в них присутствует компонент, способный окисляться при этих температурах (скорее всего кремний).

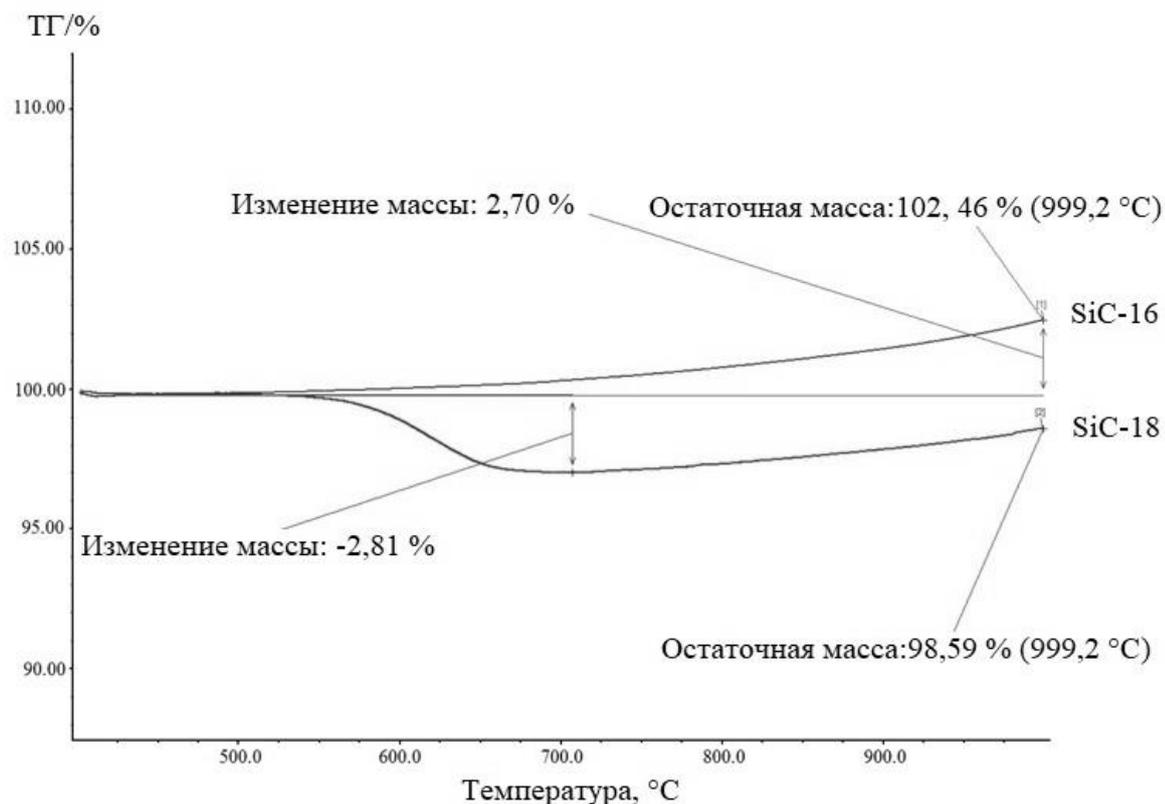


Рис. 2. Результаты термогравиметрического анализа

Согласно результатам сканирующей электронной микроскопии, представленным на рисунке 3, частицы карбида кремния, полученного при комбинировании методов, агрегированы, имеют ровные края, что свидетельствует о том, что они были получены по химическим реакциям. Размеры частиц варьируются примерно от 0,4 до 20 мкм в зависимости от температуры синтеза.

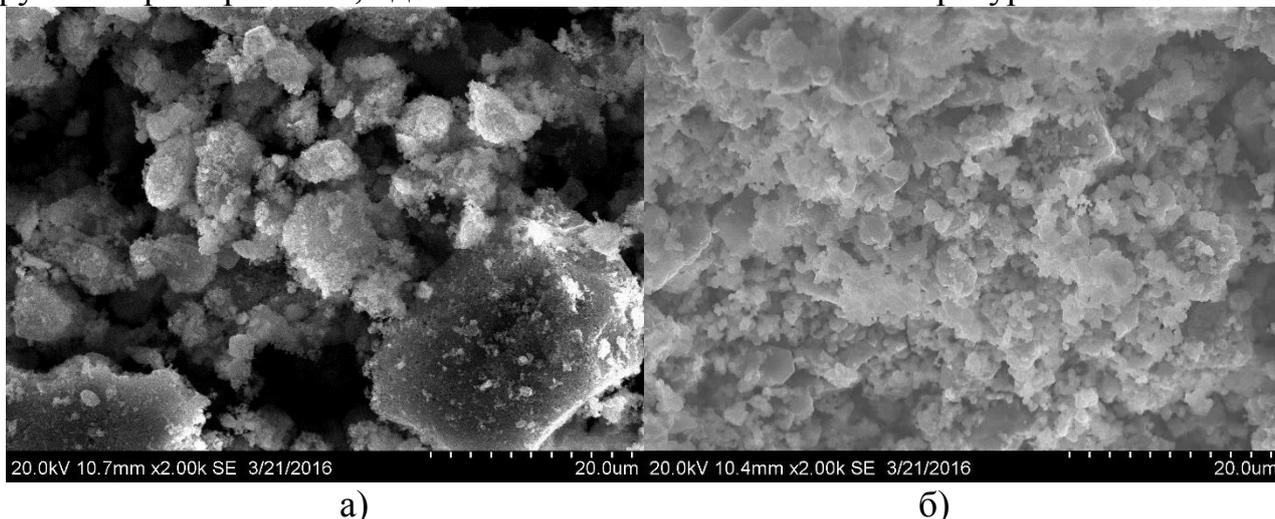


Рис. 3. Результаты сканирующей электронной микроскопии:  
а - SiC-16; б – SiC-18

Характерной чертой полученных порошкообразных материалов является широкое распределение частиц по размерам и склонность к агрегации. Кривые распределения частиц по размерам представлены на рисунке 4. Для определения среднего размера частиц/агрегатов полученных образцов были проведены

расчёты по методике [2]. Средний размер частиц полученных образцов варьируется от 3,3 до 4,2 мкм.

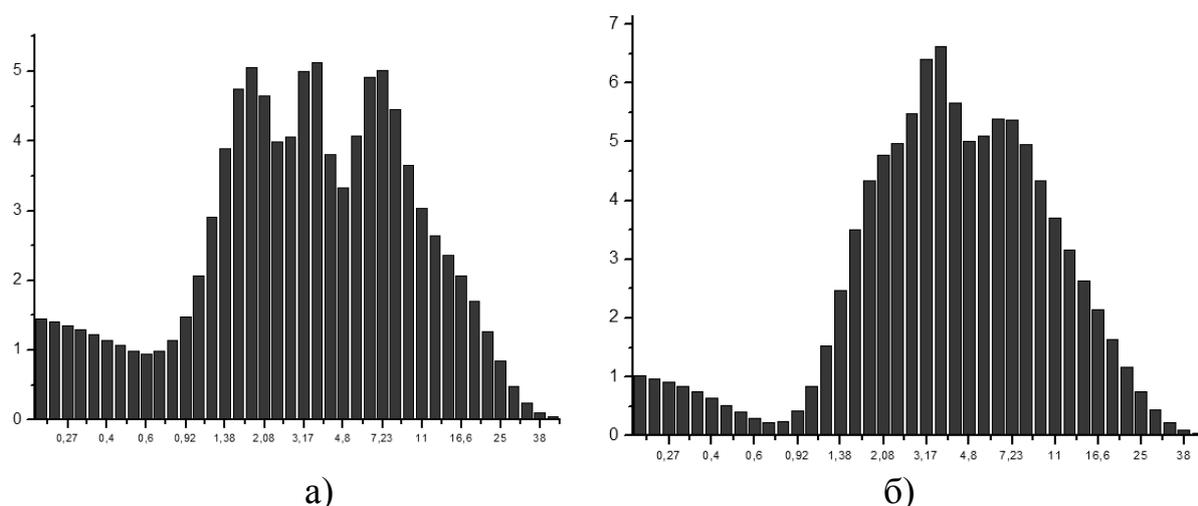


Рисунок 3 – Результаты седиментационного анализа:  
а - SiC-16; б – SiC-18

Таким образом можно отметить, что комбинирование экзо- и эндотермических реакций с целью снижения температуры синтеза карбида кремния является эффективным.

На основе проведенных исследований оформлена заявка на изобретение «Способ получения карбида кремния».

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Соловьев Е.А. Получение водорода и нановолокнистого углерода селективным каталитическим пиролизом легких углеводородов. Дис. канд. хим. наук - М., 2008.
2. Blott S.J., Pye K. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments // Earth Surf. Process. Landforms. 2001. №26. P. 1237 – 1248.

Научный руководитель: Ю.Л. Крутский, к.т.н., доцент НГТУ.

#### **DIRECTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING EQUIPMENT PARAMETERS BASED ON CIM-OBJECTS**

A.E. Artemev  
National Research Tomsk Polytechnic University  
IPE, DPGEE, group 5AM6D

Currently, a large number of different software solutions are used to organize the management process of EPS. In most cases, there is no information interaction between them, or modules are used to convert data from one format to another. With this transformation, there may be distortion or loss of information, which makes it difficult to integrate the software. To solve this problem, a method for standardizing