

УДК 533.924

DOI 10.18101/2306-2363-2018-2-3-15-19

НАНОРАЗМЕРНЫЙ SiO₂, ПОЛУЧЕННЫЙ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ

© Космачев Павел Владимирович

кандидат технических наук,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003 г. Томск, площадь Соляная, 2,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050 г. Томск, проспект Ленина, 30

E-mail: kosmachev@tsuab.ru

© Власов Виктор Алексеевич

доктор физико-математических наук, профессор,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003 г. Томск, площадь Соляная, 2

E-mail: rector@tsuab.ru

© Волокитин Геннадий Георгиевич

доктор технических наук, профессор,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003 г. Томск, площадь Соляная, 2

E-mail: vgg-tomsk@mail.ru

Работа посвящена исследованию плазменно-дугового метода получения наноразмерного оксида кремния из природных сырьевых материалов из российских месторождений, таких как диатомит Камышловского месторождения (Свердловская область), кварцит Чупинского месторождения (Республика Карелия), кварцевый песок Туганского месторождения (Томская область). Для исследования морфологии использовался метод просвечивающей электронной микроскопии. Удельная поверхность определялась по методу Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ). Определены основные структурно-морфологические характеристики получаемых наночастиц.

Ключевые слова: нанопорошок; оксид кремния; плазменно-дуговой метод; просвечивающая электронная микроскопия; распределение по размерам; метод БЭТ; диатомит; кварцит.

Введение

Получение наноматериалов функционального назначения является одной из актуальных задач современной науки [1–6]. Наноразмерный диоксид кремния — одна из наиболее востребованных модифицирующих добавок в различных областях промышленности, поэтому целесообразно разрабатывать новые эффективные методики его получения.

В работе исследуются структурно-морфологические характеристики порошка диоксида кремния, получаемого плазменно-дуговым методом [7–8], позволяющим использовать в качестве сырья доступные и экологичные природные высококремнеземистые материалы. Данный метод основан на физических процессах плавления [9] и испарения сырьевого материала под действием энергии плазмы

электродугового разряда с последующей конденсацией газовой фазы в виде наноразмерных частиц.

Целью работы являлось исследование структурно-морфологических характеристик наноразмерного диоксида кремния, полученного плазменно-дуговым методом из высококремнеземистого природного сырья.

Материалы и методы

В качестве сырья для получения целевых порошков диоксида кремния применялись высококремнеземистые материалы природного происхождения из российских месторождений: диатомит Камышловского месторождения в Свердловской области, кварцит Чупинского месторождения в Республике Карелия, кварцевый песок Туганского месторождения в Томской области.

Для получения нанопорошка SiO_2 использовалась уникальная плазменно-дуговая установка, разработанная в Томском государственном архитектурно-строительном университете [8].

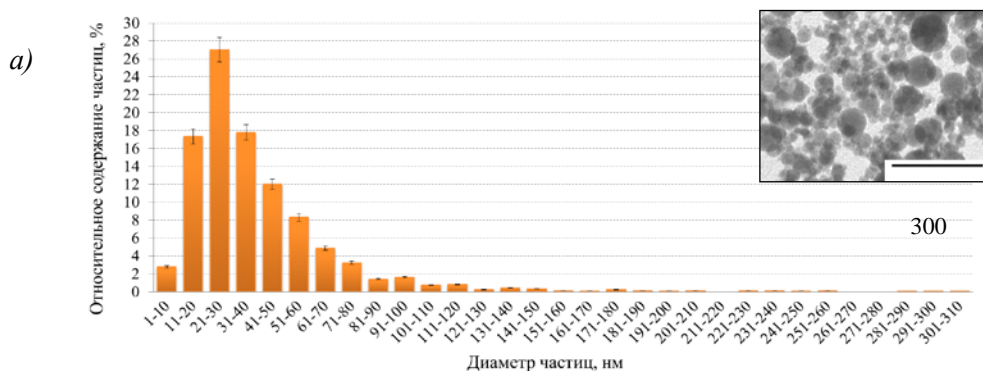
Образцы полученных нанопорошков исследовали на просвечивающем электронном микроскопе CM 12 (Philips, Нидерланды), 120 кВ. Образец порошка предварительно диспергировался в спирте с использованием ультразвуковой ванны. Полученная дисперсия наносилась на медную сетку для микроскопии с аморфной пленкой углерода на поверхности и затем высушивалась. На основании полученных микрофотографий проводилось построение диаграммы распределения наночастиц по размерам по данным не менее чем для 1000 частиц с использованием программного обеспечения iTEM (Olympus, Japan). Анализ удельной поверхности проводился согласно методу БЭТ на установке NOVA 2000 (Quantachrome instruments, США).

Обсуждение результатов

ПЭМ-изображения частиц наноразмерного оксида кремния и характеризующие их диаграммы распределения по размерам представлены на рис.

Согласно изображениям, полученным методом просвечивающей электронной микроскопии, установлено, что частицы исследуемых образцов сферической формы, полидисперсны, а их диаметр лежит в интервале размеров от 10 до 300 нм. На изображениях видна значительная агломерированность наночастиц.

Исследование удельной поверхности образцов полученных наночастиц методом БЭТ показало, что удельная поверхность продуктов составляет от 37 до 71 $\text{м}^2/\text{г}$. Эти данные согласуются с установленными распределениями частиц по размеру по данным ПЭМ.



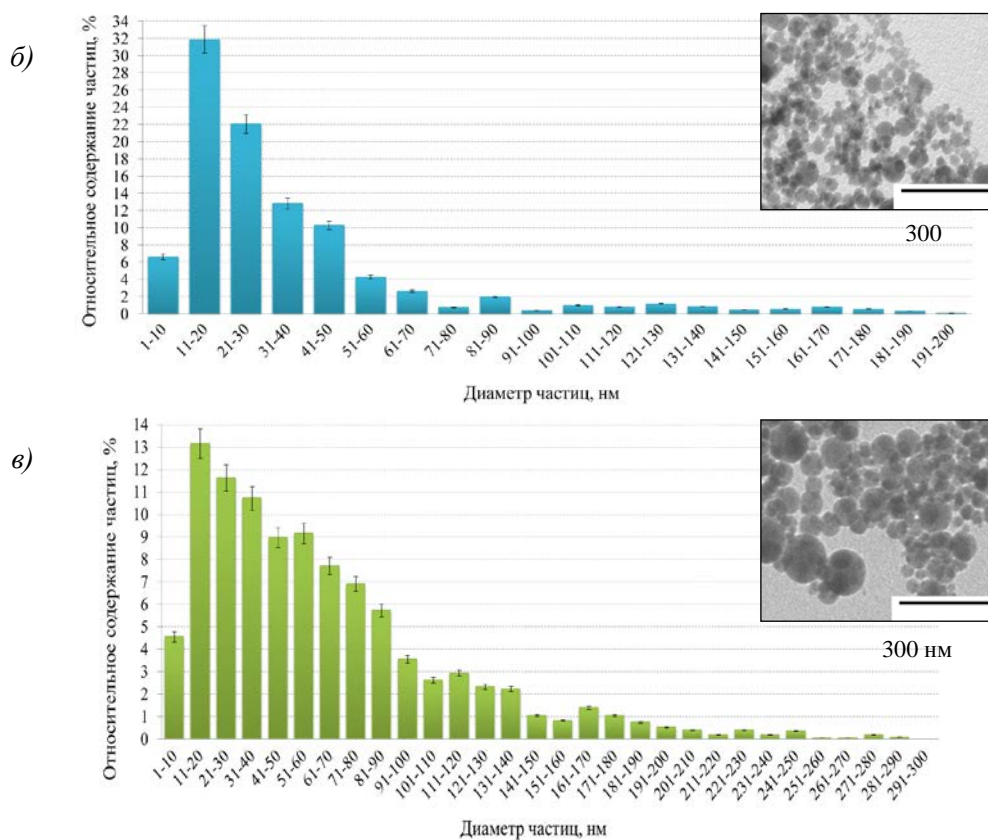


Рис. 1. ПЭМ-изображения и диаграммы распределения наночастиц диоксида кремния, полученных плазменно-дуговым методом из различных видов природного кремнеземистого сырья: а) кварцита, б) обогащенного кварцевого песка, в) диатомита

Заключение

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что частицы наноразмерного SiO₂, полученные плазменно-дуговым методом, имеют следующие структурно-морфологические характеристики: форма частиц — сферическая, распределение по размерам — в интервале от 10 до 300 нм, удельная поверхность — от 37 до 71 м²/г.

Согласно установленным характеристикам получаемых продуктов можно рекомендовать их к использованию в качестве упрочняющей модифицирующей добавки для изготовления строительных материалов различного назначения [10-12].

Литература

1. Ab Rahman I., Ghazali N. A., Bakar W. et al. Modification of glass ionomer cement by incorporating nanozirconia-hydroxyapatite-silica nano-powder composite by the one-pot technique for hardness and aesthetics improvement // *Ceramics international*. 2017. V. 43, № 16. P. 13247–13253.
2. Cho Y.-S., Moon J.-W. Collection of industrial oil using nanoparticles and porous powders of silica // *Archives of metallurgy and materials*. 2017. V. 62, № 2. P. 1371–1375.

3. Alvarez-Toral A., Fernandez B., Malherbe J. et al. Synthesis of amino-functionalized silica nanoparticles for preparation of new laboratory standards // *Spectrochimica acta part B-atomic spectroscopy*. 2017. V. 138. P. 1–7.
4. Gaihre B., Lecka-Czernik B., Jayasuriya A.C. Injectable nanosilica-chitosan microparticles for bone regeneration applications // *J. of biomaterials applications*. 2018. V. 32, № 6. P. 813–825.
5. Hong F. C.-N., Yan C. Synthesis and characterization of silicon oxide nanoparticles using an atmospheric DC plasma torch // *Advanced powder technology*. 2018. V. 29, № 2. P. 220–229.
6. Колмыков В. И., Родионова И. Н., Воробьева О. В., Фомичёва Л. М. Исследование железных электрохимических композиционных покрытий с наполнителем из нанодисперсного диоксида кремния // В сб. *Физика и технология наноматериалов и структур*. 3 Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 127–132.
7. Космачев П. В., Власов В. А., Скрипникова Н. К. Исследование структуры и свойств нанопорошка SiO₂, полученного плазменным методом из природных высококремнеземистых сырьевых материалов // *Изв. вузов. Физика*. 2017. Т. 60, № 2. С. 46–50.
8. Kosmachev P., Vlasov V., Skripnikova N. Technological aspects of obtaining SiO₂ nanoparticles // *AIP Conf. Proc.* 2017. V. 1800. P. 020016-1–020016-5
9. Abzaev Y. A., Volokitin G. G., Skripnikova N. K., Volokitin O. G., Shekhovtsov V. V. Investigation of the melting of quartz sand by low-temperature plasma // *Glass and Ceramics*. 2015. T. 72, № 5-6. С. 225–227.
10. Космачев П. В., Демьяненко О. В., Власов В. А. и др. Композиционные материалы на основе цемента с нанодисперсным диоксидом кремния // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017. № 4 (63). С. 139–146.
11. Номоев А. В., Лыгденов В. Ц., Бардаханов С. П. Влияние нанопорошка диоксида кремния на износостойкость лакокрасочного покрытия // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*. 2010. С. 19–24.
12. Урханова Л. А., Лхасаранов С. А., Розина В. Е. и др. Повышение коррозионной стойкости базальтофиброцементных композиций с нанокремнеземом // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*. 2014. Т. 6, № 4. С. 15–29.

NANOSIZED SiO₂ OBTAINED BY PLASMA-ARC METHOD

Pavel V. Kosmachev

Candidate of Technical Sciences
Tomsk State University of Architecture and Building
2 Solyanaya sq., Tomsk, 634003, Russia
National Research Tomsk Polytechnic University
30 Lenina pr., Tomsk, 634050, Russia
E-mail: kosmachev@tsuab.ru

Victor A. Vlasov

Doctor of Physics and Mathematics, Professor
Tomsk State University of Architecture and Building
2 Solyanaya sq., Tomsk, 634003, Russia
E-mail: rector@tsuab.ru

Gennady G. Volokitin

Doctor of Technical Sciences, Professor
Tomsk State University of Architecture and Building

2 Solyanaya sq., Tomsk, 634003, Russia
E-mail: vgg-tomsk@mail.ru

The work is devoted to the study of the plasma-arc method of obtaining nanosized silicon oxide from natural raw materials from Russian fields, such as diatomite of Kamyshlovsk deposit (Sverdlovsk region), the quartzite of Chupinsk deposit (Republic of Karelia), quartz sand of Tugansk deposit (Tomsk region). The method of transmission electron microscopy was used to study the morphology. Brunauer-Emmett-Teller (BET) method was used to study the surface. The main structural and morphological characteristics of the obtained nanoparticles were determined.

Keywords: nanopowder; silicon oxide; plasma-arc method; transmission electron microscopy; size distribution; BET-method diatomite; quartzite.