

## Список литературы

1. Распутин И.В., Журавлев Н.А., Карелин В.А. *Переработка облученного ядерного топлива с применением флокулянтов // Химия и химическая технология в XXI веке. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – С. 448–449.*

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СМЕСИ ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЯ С МАРШАЛИТОМ НА ВЫХОД $\beta$ -SiAlON ПРИ АЗОТИРОВАНИИ В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ

А.А. Рeger<sup>1,2</sup>, К.А. Болгару<sup>2</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.И. Верещагин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национально исследовательский Томский политехнический университет  
634034, Россия, г. Томск, проспект Ленина 30, regerwork1@gmail.com

<sup>2</sup>Томский научный центр СО РАН  
634055, Россия, г. Томск, проспект Академический 10/4 kbolgaru2008@yandex.ru

Нитрид кремния и соединения на его основе (оксинитрид кремния, сиалон) являются востребованными материалами ввиду их уникальных физико-химических свойств. Наиболее интересным материалом на основе нитрида кремния является  $\beta$ -SiAlON, который представляет собой твердый раствор переменного состава на основе  $\beta$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, где атомы кремния замещены атомами алюминия, а атомы азота атомами кислорода [1].

Одним из способов получения сиалона является метод фильтрационного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Данный метод основан на проведение высоко экзотермичных реакций в форме волны горения. СВС является экспрессным, экологичным и энергоэффективным методом [2].

В качестве исходного материала для получения композитов на основе сиалона был взят ферросиликоалюминий (ФСА) марки ФС65А15, маршалит и продукт азотирования смеси ФСА с добавкой маршалита (10%). По результатам рентгеннофазового анализа ФСА является многофазным материалом и содержит фазы: Si, Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub>, Al<sub>0,5</sub>Fe<sub>0,5</sub> и Al<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>. Маршалит представлен кварцем (SiO<sub>2</sub>) с примесями Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Перед синтезом исходные материалы измельчали до размера частиц менее 80 мкм и высушивали в сушильном вакуумном шкафу для удаления влаги и летучих примесных соединений.

В нашей публикации [3] было показано, что в продуктах азотирования смеси ФСА и марша-

лита содержится повышенное содержание фазы Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub>, наличие которой свидетельствует о незавершенности процесса азотирования. Также в работе [3] было показано, что максимальный выход сиалоновой фазы наблюдается при добавке маршалита от 10 до 20 масс. %.

С целью увеличения выхода сиалоновой фазы и уменьшения интенсивности фазы Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub> в смесь порошков ФСА с 10 масс. % маршалита был добавлен порошок предварительно азотированной смеси ФСА с 10%-ной добавкой маршалита в количестве до 30 масс. %. Добавка предварительно азотированного порошка более 30 масс. % приводит к невозможности протекания реакции азотирования. На рисунке 1 показано изменение фазового состава в зависимости от количества добавки азотированного компонента. Из рентгенограмм следует, что увеличение добавки предварительно азотированного порошка приводит к постепенному уменьшению фазы Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub>. При добавке 30 масс. % (рис. 1с) на рентгенограмме наблюдается наименьшая интенсивность промежуточной фазы и наблюдается максимальный выход  $\beta$ -SiAlON.

Таким образом введение добавок предварительно азотированной смеси приводит к значительному уменьшению фазы Fe<sub>x</sub>Si<sub>y</sub> и увеличению выхода  $\beta$ -сиалона в полученных материалах. Основными фазами полученных композитов являются  $\beta$ -SiAlON и  $\alpha$ -Fe.

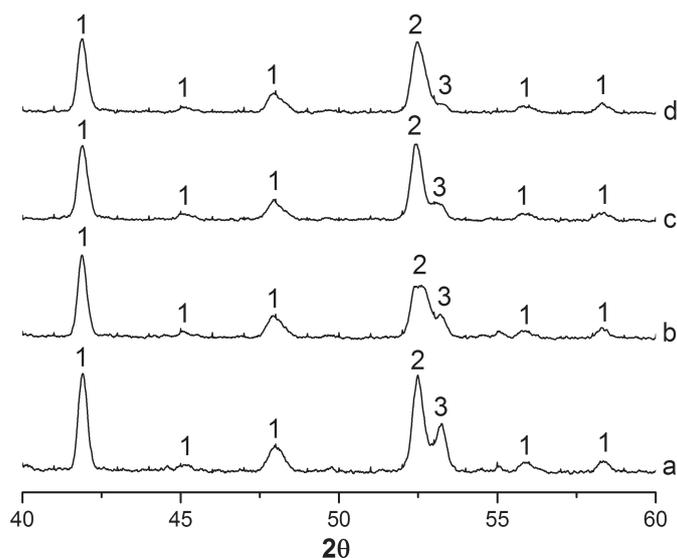


Рис. 1. Фрагменты рентгенограмм продуктов азотирования ФСА, 10% маршалита и предварительно азотированного порошка (добавка предварительно азотированного: а – 10%, б – 20%, в – 28,5%, д – 30%; 1 –  $\beta$ -SiAlON, 2 –  $\alpha$ -Fe, 3 –  $Fe_xSi_y$ )

### Список литературы

1. Low I.M. // *Ceramic matrix composites. Microstructure, Properties and applications*. Woodhead publishing limited: Cambridge England, 2006. – P. 596.
2. Болгару К.А. Дисс. ... канд. техн. наук. – Томск: Томский политехнический университет, 2015. – 142 с.
3. Болгару К.А., Верецагин В.И., Регер А.А., Скворцова Л.Н. // *Синтез сиалона и нитридных фаз на основе ферросиликаолюминия с добавками маршалита в режиме горения*, 2020. – №11. – С. 34–37.

## НАНЕСЕНИЕ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА МОЛИБДЕНОВУЮ ПОДЛОЖКУ

И.И. Рудых

Научный руководитель – к.т.н., доцент ОЯТЦ Ф.А. Ворошилов

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, iir4@tpu.ru

Изготовление тугоплавких металлических покрытий, обладающих высокой температурой плавления, прочностью, а также коррозионной стойкостью в агрессивных средах на сегодняшний день является актуальной проблемой. Металлом, соответствующим вышеперечисленным требованиям, является вольфрам.

В связи с развитием атомной энергетики и использованием ядерного топлива важное значение приобретают методы прямого термоэмиссионного преобразования ядерной энергии в электрическую, так как они позволяют осуществить наиболее экономичный способ преобразования энергии с помощью реакторных термоэмиссионных преобразователей, далее по тексту ТЭП.

В этих установках молибден, а также вольфрам используются для изготовления катодов и коллекторов ТЭП, которые работают длительное время в парах цезия.

Для получения более высокой работы выхода электронов молибденовых катодов ядерных ТЭП на них наносят тонкие ориентированные вольфрамовые покрытия с кристаллографической текстурой, к которым предъявляются важнейшие требования: хорошая адгезия в течение всего ресурса работы аппарата, т.е. более 10000 часов при температуре около 1900 °С, а также