

том числе сорбционно-насыщенных имитатором радиоцезия, а также включают новые фундаментальные знания о кинетики их уплотнения и специфики фазообразования под воздействием искрового плазменного разогрева. Установлены оптимальные технологические режимы ИПС, на основе которых успешно получены высококачественные керамические и стеклокерамические матрицы на основе различных цеолитов высокой теоретической плотности (98,5–99,8%), механической прочности при сжатии (~500 МПа), содержащие до 25 масс. % цезия, с низкими скоростями их выщелачивания ( $< 10^{-5}$ – $10^{-6}$  г/см<sup>3</sup>•сут). Оценены иммобилизационные характеристики и определена степень гидролитической стой-

кости полученных матриц к выщелачиванию имитатора радиоцезия. Установлена специфика фиксации цезия в объеме получаемых матриц на основе цеолитов, в зависимости от кинетики твердофазных превращений в искровом плазменном разогреве.

Кроме этого, впервые предложен способ изготовления прототипа изделия ИИИ, подобного марки RSL производимой ПО «Маяк» (г. Озерск) [1], в виде одностадийной ИПС формовки цезий содержащей стекломатрицы в стальной оболочке (рис. 1).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект номер 17-03-00288 «А»).

### Список литературы

1. Алой А.С., Баранов С.В., Лозунов М.В. *Источники гамма-излучения с цезием-137: свойства, производство, применение.* – Озерск: Маяк, 2013. – 231с.
2. Tokita M. *Spark Plasma Sintering (SPS) Meth-*

*od, Systems, and Applications. Chapter in a Handbook of Advanced Ceramics Mater. Appl. Process. Prop., 2nd ed. Publ.: Elsevier Inc, 2013. – P.1149–1178.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛЫ-УНОСА СЕВЕРСКОЙ ТЭЦ

Е.О. Белякова, Д.Е. Перемитина  
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.К. Семакина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, liska\_belyakova@mail.ru*

Зола-уноса представляет собой тонкодисперсный порошок, состоящий, как правило, из частичек размером от долей микрона до 0,16 мм. В результате сжигания твердого топлива на Северной ТЭЦ образуется зола, которая улавливается электрофильтрами, после чего в сухом состоянии отбирается на производственные нужды, либо вместе с водой и шлаком отправляется на золоотвал.

Зола находит широкое применение для изготовления строительных конструкций в качестве наполнителя, а также как вяжущее вещество. Данным материалом можно заменить цемент при производстве товарных бетонов, строительных растворов и готовых изделий, выпускаемых строительными комбинатами.

Целью данной работы является определение фракционного состава золы-уноса, разделение ее в тяжелых жидкостях, а также определение несгоревших частиц угля (недожога) в каждой фракции.

Фракционный состав золы определялся рас-

севом на ситах и представлен на рис. 1.

Как видно из графика, состав золы представлен частицами менее 150 мкм, выход которых составляет 95,4%, при этом содержание частиц менее 40 мкм – 46,7%.

Следующий этап исследования заключался в определении тяжелой (ТФ) и легкой (ЛФ) фракций, содержащихся в золе. Навеска золы помещалась в воронку с краном, куда наливалась тяжелая жидкость. В качестве тяжелой жидкости использовался бромформ плотностью 2,96 г/см<sup>3</sup>; бромформ, разбавленный этиловым спиртом до плотности 2,04 г/см<sup>3</sup>; тетрахлорметан плотностью 1,60 г/см<sup>3</sup>. Содержимое воронки тщательно перемешивается и оставляется в покое. По истечении небольшого промежутка времени частицы, имеющие плотность больше плотности тетрахлорметана (или бромформа), осаждаются на дне воронки и их осторожно удаляют через кран на фильтровальную бумагу, а затем тщательно промывают этиловым спиртом, сушат и взвешивают. Частицы, всплывшие

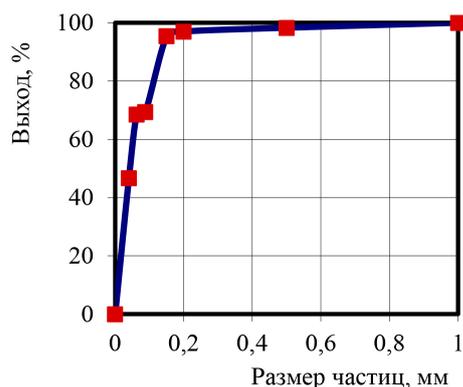


Рис. 1. Фракционный состав зола

на поверхность тетрахлорметана (или бромформа), также удаляются через кран на другую фильтровальную бумагу, промываются этиловым спиртом и взвешиваются. Полученные данные представлены в табл. 1.

Из полученных результатов видно, что плотность частиц, содержащихся в золе, находится в интервале 1,60–2,04 г/см<sup>3</sup> и составляет 94,46%.

Дальнейшие исследования проводились для

Таблица 1. Разделение зола в тяжелых жидкостях

Плотность тяжелых жидкостей, г/см <sup>3</sup>	Масса навески, г	Выход, %
>2,96	0,14	3,233
2,04–2,96	0,09	2,079
1,60–2,04	4,09	94,457
<1,64	0,01	0,231

определения количества несгоревшего угля в каждой фракции. Для этого образцы каждой фракции прокалили в муфеле в течение 4-х часов при температуре 800 °С, после чего определили потерю массы навески.

Полученные результаты показывают, что наибольшее количество недожога 28,3–32,7% содержится во фракции от 0,063 до 0,2 мм, а самое меньшее количество несгоревшего угля 11,7% присутствует во фракции меньше 0,04 мм.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что общий недожог в золе-уноса составляет 23,1%.

## ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ

И.О. Беляченко

Научный руководитель – к.т.н. Н.Е. Щеголева

Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов ГИЦ РФ  
105005, Россия, г. Москва, ул. Радио 17

Стремительное развитие многих областей промышленности, в том числе авиастроения, диктует новые требования к применяемым материалам, так как необходимо обеспечить работоспособность ответственных узлов конструкций в условиях воздействия высоких температур, агрессивных сред, высоких механических нагрузок.

Особое внимание уделяется материалам, применяемым в узлах трения (в частности, материалам подшипников), к которым предъявляются повышенные требования по трибологическим характеристикам.

Наиболее перспективны в данной области керамические материалы, в частности, материалы на основе нитрида кремния [1], которые отличаются высокими показателями прочности, твердости, трещиностойкости, способностью к стабильной работе при высоких температурах [2]. Также нитридокремниевая керамика обла-

дает низким коэффициентом трения и малым удельным весом, что делает этот материал перспективным с точки зрения создания на его основе таких узлов трения, как подшипники газотурбинных двигателей [3].

Однако получение плотноспеченных изделий из нитрида кремния затруднено в силу ковалентного характера связей данного соединения [4]. Поэтому возникает необходимость введения в состав нитридокремниевой керамики спекающих добавок. Роль спекающих добавок заключается в образовании жидкой фазы, которая требуется для осуществления жидкофазного спекания (рис. 1). Наиболее распространены оксидные спекающие добавки.

Весьма перспективным направлением в создании нитридокремниевых керамик для изготовления подшипников является введение в состав модифицирующих добавок, выступающих в роли твердой смазки и снижающих таким