

**Таблица 1.** Состав фаз восстановительной плавки

Фракция		Расход восстановителей, % масс. (восстановитель/ZrSiO <sub>4</sub> )			
		C – 14%, Al – 0%	C – 14%, Al – 4%	C – 10%, Al – 4%	C – 6%, Al – 10%
		Содержание, %			
Алюмо-циркониевая	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72,0	75,6	75,2	73,8
	ZrO <sub>2</sub>	23,4	23,7	23,5	21,9
	SiO <sub>2</sub>	4,7	0,8	1,3	4,2
Ферросилиций	Fe	74,4	66,1	67,1	74,1
	Si	25,6	33,9	32,9	25,9

ваниям, предъявляемых к абразивной циркониевой продукции. Побочный ферросплав, полученный за время исследований, с содержанием кремния 25,6–33,9%, может быть рекомендован в качестве раскислителя в черной металлургии.

Дальнейшие исследования будут направлены на определение коэффициента распределения радиоактивных элементов, содержащихся в исходном цирконовом концентрате, при проведении процесса восстановительной плавки.

### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018» / Министерство природных ресурсов. – М., 2019. – 426 с.
2. Ягодин Г.А. *Технология редких металлов в атомной технике: учебное пособие.* – М.: Атомиздат, 1974. – 344 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ЖЕЛЕЗОКОБАЛЬТОВОГО ПОРОШКА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Г.С. Багдасарян, С.П. Журавков

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Кантаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, gsb5@tpu.ru

Первые исследования по применению явления электроэрозии для получения нанопорошков металлов относятся к 40-м годам прошлого столетия. Однако развитие производительной технологии происходит лишь последние несколько десятилетий [1].

В частности, железо-кобальтовые сплавы находят широкое применение для изготовления сталей. В процессе обработки материалов образуются отходы, которые могут использоваться в различных сферах, таких как производство катализаторов для органического синтеза, в 3D принтировании и пр.

В качестве исходного сырья для получения порошка были использованы отложения после электровзрыва железной и кобальтовой проволоки в соотношении 80% Fe, 20% Co по массе. Данные агрегаты были измельчены вручную до размеров не более 1,5 см.

Часть полученных агрегатов предварительно взвешивалась на аналитических весах с точностью до 4 знака и помещалась в планетарную мельницу Fritsch с 38 шарами (диаметр каждого 1,5 см) на 5 минут. Скорость вращения загрузочного стакана с шарами составляла 300 об/мин. После измельчения навеска повторно взвешивалась, далее её просеивали на сите с шириной отверстий около 1 мм.

Другая часть агрегатов измельчалась методом электроискрового диспергирования в водной среде в герметичном сухом боксе, с подачей в него инертного аргона для предотвращения окисления в ходе процесса.

Перед тем как аргон попадает в бокс, он очищается от влаги и других примесей за счёт применения системы фильтров. Первый из них заполнен медной стружкой, которая нагревается до 500 °С; второй – цеолитным катализатором.

В керамический реактор заливается 200 мл осмотической воды, в который помещаются железные электроды, и 50–70 г загрузки. Через частицы пропускается разряд, образуются искры. В результате процесса происходит измельчение материала. Через 3 минуты установка отключается, раствор, содержащий измельчённые частицы, отделяется от исходной загрузки, и собирается в приёмную ёмкость. Далее процесс повторяется. По мере необходимости добавляется свежая загрузка.

После проведения диспергирования, полученные взвеси фильтруются вакуум-фильтром и помещаются под слой спирта для предотвращения окисления в процессе хранения.

Исследование химического состава Fe–Co порошка, полученного механически, проводилось волюметрическим методом (содержание Me в 0 степени близка к 100%), определена удельная поверхность при помощи сорбтометра-М (0,534 м<sup>2</sup>/г). Определение металлов в 0 степени окисления необходимо, т.к. металли-



**Рис. 1.** Установка для электро-искрового диспергирования

ческая поверхность, в отличие от оксидной поверхности, более каталитически активна.

В дальнейшем планируется определить свойства порошка, полученного электроискровым диспергированием, сравнить его свойства с порошком, полученным механически, а также провести синтез Фишера-Тропша с обоими образцами в качестве катализаторов и сравнить полноту протекания процесса.

### Список литературы

1. *Строение и свойства порошков, полученных из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов методом ЭЭД: научно-образова-*

*тельный курс / Юго-Зап. гос. ун-т.– Курск, 2012.– 92 с.*

## ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ БЕРИЛЛИЯ, ОБЛУЧЕННОГО В ЯДЕРНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Ю.Ю. Бакланова

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Ситников

*Филиал «Институт атомной энергии» Республиканского государственного предприятия Национальный ядерный центр Республики Казахстан*

Действующая атомная энергетика приводит к наработке радиоактивных отходов во всем мире в виде облученного бериллия. Количество бериллия, используемого в активных зонах мирового парка исследовательских реакторов, оценивается в 30-40 тонн. Вопрос очистки облученного бериллия и возможность его повторного использования в ядерно-физических установках актуален по причине того, что доступность бериллия ограничена из-за его низкого содержания в природе и, как следствие, его высокой стоимости [1].

В филиале ИАЭ РГП НЯЦ РК проводится анализ возможности использования техноло-

гии хлорирования для очистки облученного бериллия от основных радионуклидов, таких как кобальт-60 и тритий. Работы в данном направлении были инициированы компанией Japan Atomic Energy Agency (JAEA), которая представила для экспериментальных исследований бериллий, облученный в реакторе JMTR.

В связи с тем, что в литературных источниках отсутствовали данные по скорости взаимодействия бериллия с хлором, было разработано и испытано два варианта реакционной камеры – хлоратор циклического действия и прямоточного. Циклическая реакционная камера представляет собой замкнутый контур прямоуголь-