

композиции «андезибазаальт-доломит» при температуре 1450-1500 °С стекломасса опытных образцов, имеющие оптимальные вязкости, с диапазоном значение вязкости 3-20 Па·с, обладают способностью к волоконообразованию и стабильной вытяжки нити волокна с различными соотношениями добавок.

Литература

1. Singha. K. A Short Review on Basalt Fiber / K. Singha. // International Journal of Textile Science. – 2012. – № 1(4). – P. 19–28.
2. Niyazova Sh.M., Kadyrova Z.R., Usmanov H.L., Khomidov F.G. Chemical and Mineralogical Studies of Magmatic Rocks of Uzbekistan for Obtaining Heat-Insulating Materials // Glass and Ceramics. – 2019. – Vol. 75. – Iss. 11–12. – P. 491–495.
3. Niyazova Sh.M., Kadyrova Z.R., Usmanov H.L., Purxanatdinov A.P. Magmatic rocks of Uzbekistan- raw materials for heat-insulating materials. F.A. Finger-Institut fur Baustoffkunde| Bauhaus - Universitat Weimar. Ibausil-Tagung. – 2018. – Том 2. – P. 1219–1224.
4. ГОСТ 4640-2011. Минеральная вата.
5. Джигирис Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. М.: Теплоэнергетик, 2002. – 412 с.
6. Казьмина О.В. Минеральные волокна и свойства композитов с их применением: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Современные технологии силикатных композиционных материалов». Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 15 с.
7. Ниязова Ш.М. Технологии получения неорганических минеральных волокон на основе Карахтайского андезибазаальта для теплоизоляционных материалов. Автореферат. Ташкент, 2020. – 42 с.
8. Патента RU №2361825. 20.07.2009. Бюл. № 20 Способ подготовки базальтового сырья. Крнев В.А., Бабиевская И.З. [и др.]
9. Патент RU 2540676. 10.02.2015. Бюл. № 4. Способ получения непрерывного волокна на основе базальта. Гутников С.И., Липатов Я.В. [и др.]
10. Шевченко В.П. Природное сырье Республики Узбекистан для получения сверхтонкого базальтового волокна // Новые огнеупоры. – 2013. – № 2. – С.6–8.
11. Эргешов А.М., Фимушкин Л.И. Геолого-экономический мониторинг состояния и использования минерально-сырьевой базы нерудного сырья Узбекистана. Т., 2005. 161 с.

ПЕРЕРАБОТКА МОНАЦИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Перминова И.А.

Научный руководитель – доцент В.В. Тихонов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Монацит является одним из основных промышленных источников тория и РЗМ. Это фосфат редкоземельных элементов цериевой группы, часть из которых замещена торием: $(Ce, La, Nd, Th)PO_4$ [3].

В то же время, Красноуфимский монацитовый концентрат стал серьезной проблемой – он находится в складированном виде в 12 км от г. Красноуфимск Свердловской области уже более 50 лет. Были попытки его утилизации, однако, каждый раз подтверждалась необходимость создания новых, более экономически выгодных и экологически безопасных, методов переработки, либо модернизации классических. Кроме недостатков самих методов переработки сложность состояла в необходимости транспортировки к месту переработки, либо в необходимости создания производства на месте складов, чему не способствует инфраструктура местности.

Усредненный состав Красноуфимского монацита представлен в таблице 1 [2].

На данный момент существует множество способов переработки монацитового концентрата, однако, все они обладают некоторыми недостатками, основными из которых являются стоимость процесса и экологический аспект. Рассмотрим характеристики основных способов переработки монацитового концентрата с получением коллективного концентрата РЗМ и других продуктов [1].

Основные параметры процесса для обсуждаемых способов приведены в таблице 2.

Серникоислотный способ основан на вскрытии монацита концентрированной (93 %) серной кислотой, в результате чего торий и РЗЭ переходят в раствор в виде сульфатов. При использовании для осаждения тория и РЗЭ основные продукты процесса – ториевый концентрат (до 50 % концентрата составляют РЗЭ), раствор РЗЭ и урановый концентрат. Побочные продукты – пары SO_3 , радиоактивный газ торон, ^{228}Ra , Ba , $ZrSiO_4$, TiO_2 , SiO_2 . При этом на каждой стадии продукты попадают в другие фракции, теряются, а фракции требуют более полной очистки. Для дальнейшей переработки РЗЭ на последней стадии переводят в гидроксиды.

Таблица 1
Состав монацитового концентрата
ОГУ «Уралмонацит»

Компонент	Содержание, мас. %
Сумма редкоземельных оксидов Ln_2O_3	54,0
Оксид фосфора P_2O_5	22,2
Оксид тория ThO_2	5,4
Оксид железа Fe_2O_3	3,6
Оксид алюминия Al_2O_3	2,8
Оксид кремния SiO_2	4,0
Оксид титана TiO_2	2,2
Оксид кальция CaO	1,4
Оксид магния MgO	1,2
Оксид циркония ZrO_2	3,0
Оксид урана U_3O_8	0,2

Щелочной способ позволяет сразу

получать гидроксиды, причем получаемые продукты имеют более высокую чистоту. Монацит вскрывается гидроксидом натрия, в результате чего образуются гидроксиды тория и РЗЭ. Основные продукты – ториевый концентрат, концентрат РЗЭ и тринатрийфосфат (ТНФ), побочные – силикат натрия. Щелочь возвращается в цикл после регенерации.

При **хлорировании** необходимо провести ряд подготовительных стадий – смешение с древесным углем, брикетирование, коксование и проч. При этом выделяется концентрат хлоридов тория и РЗЭ. Процесс протекает при высоких температурах в агрессивной среде хлора, что предъявляет высокие требования к оборудованию. При высоком расходе хлора возможна его регенерация, например, конденсацией.

Попытка создания комплекса по переработке монацитового концентрата была предпринята группой предприятий, выбравших щелочной метод. На основании отчета по результатам опытно-промышленного вскрытия [3] можно сделать следующие выводы:

- 1) щелочной метод вскрытия предпочтительнее содового по качеству вскрытия монацита (не менее 99 %);
- 2) необходимо измельчение сырья до 2-4 мкм (изначально крупность составляет 90-1000 мкм);
- 3) щелочной метод схож с гидрохимическим способом Байера, что позволяет перерабатывать монацит, немного модернизировав линию, либо, наоборот, после решения монацитовой проблемы переоборудовать линию под производство глинозема;
- 4) при расчете экономической составляющей необходимо учитывать комплексность переработки и стоимость побочных товарных продуктов.

Хлорирование – достаточно затратный способ, требующий многоэтапной подготовки сырья и коррозионно-стойкого оборудования. Более распространен серноокислотный способ – универсальный, позволяет перерабатывать бедные концентраты, но стадий значительно больше, продукты получаются менее чистые в сравнении с щелочным способом. Щелочной способ позволяет проводить процесс при более низких температурах, в ходе процесса выделяется меньше побочных продуктов, следовательно, меньше воздействие на экологию; к недостаткам можно отнести необходимость измельчения монацита и стоимость щелочи.

При совмещении измельчения и выщелачивания раствором щелочи можно добиться интенсификации и снижения температуры процесса, чему способствует разрушение гидратных оболочек на поверхности частиц монацита [3].

При выборе методе разделения монацитового концентрата по фракциям также стоит обратить внимание на содержание РЗЭ и тория в концентрате. При высоком содержании РЗЭ и низком тория ряд методов неэффективен, так как требует многократной очистки для получения продукта необходимого качества [3].

Таблица 2
Сравнение способов переработки монацитового концентрата

Параметр процесса	Способ переработки монацитового концентрата		
	Серноокислотный	Щелочной	Хлорирование
Температура, °С	180-210	140-150	700-800
Размер частиц монацита, мм	0,1	0,043	брикеты
Концентрация реагента, %	93	45-50	газ
Расход реагента, т/т концентрата	1,5-2,5	1,5	избыток газа 30 %
Время вскрытия	2-4 ч	3-4 ч	-

Литература

1. Половов И.Б. Ядерно-химическая технология тория: учеб. пособие / И. Б. Половов, А. В. Абрамов, Р. В. Камалов; Мин-во науки и высш. обр. РФ. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 143 с.
2. Проект «Комплекс по переработке монацитового концентрата» [Электронный ресурс] // Красноуфимский монацит [сайт]. URL: <http://www.monazite.ru> (дата обращения: 18.12.2020).
3. Каплан Г.Е. Торий. Его сырьевые ресурсы, химия и технология / Г.Е. Каплан, Ю.И. Зарембо, Т.А. Успенская, И.В. Чирков. – Москва: Атомиздат, 1960. – 224 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ КЛИНКЕРНОЙ КЕРАМИКИ ИЗ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Поликарпова К.В., Звонарев М.С.

Научный руководитель – профессор Т.В. Вакалова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

За последние годы в строительной отрасли произошло увеличение спроса на клинкерную продукцию. До 2014 в России вся клинкерная керамика была европейского производства. На сегодняшний день в России несколько предприятий, которые производят клинкерный кирпич, и все они находятся в Европейской части страны. В Сибирских регионах клинкерная продукция не производится. Исследование пригодности глин Сибирского региона для производства клинкерной керамики становится важной задачей. Целью данной статьи является рассмотрение возможности применения природного сырья Сибири и разработка составов масс для получения клинкерной керамики.