

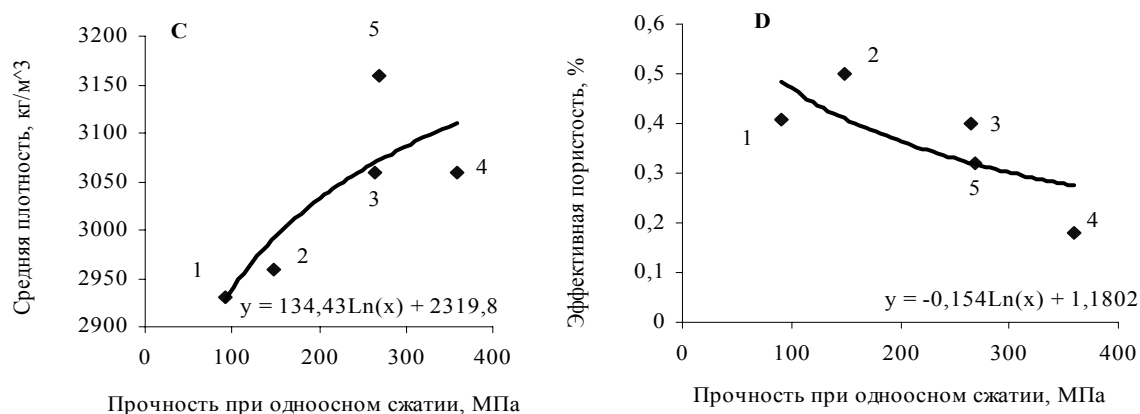


Рис.3. Зависимость средней плотности (С) и эффективной пористости (D) от прочности при одноосном сжатии для горных пород основного состава, где: 1 - объект Керсамяки (К 3); 2 - объект Лукулайсвара (Л 2); 3 - объект Южно-Каскесручейское (К 2); 4 - объект Другорецкое (Д); 5 - объект Летнереченское (Л 3).

Полученные корреляционные зависимости показывают, что для изверженных горных пород кислого, и основного составов средняя плотность имеет нелинейную положительную зависимость от прочности при одноосном сжатии. Чем больше значение плотности породы, тем выше значения ее прочности. Корреляционная зависимость эффективной пористости от прочности при одноосном сжатии имеет нелинейную отрицательную зависимость (чем выше значения эффективной пористости, тем ниже значения прочности при одноосном сжатии).

Вывод заключается в том, что чем выше значения эффективной пористости, тем выше значения удельной микротрещиноватости.

Таким образом, измерение средней плотности и эффективной пористости может служить одним из видов экспресс анализа изверженных пород для ориентировочного установления их прочностных свойств.

NEW PRODUCTS OBTAINABLE BY THE TECHNOLOGY OF TITANIUM-NIOBATES OF THE KOLA PENINSULA

A.I. Nikolaev, L.G. Gerasimova, V.G. Mayorov

Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials, Kolsk RAS

New variants of the titanium-niobate technology opens up broad possibilities for implementation of advanced and environmentally friendly processes. The range of target products may be appreciably extended by producing various compounds and composite materials to make consumer goods. Whether the processing is effective or not essentially depends on the scale of new processes, the flowsheet selected, product range, and actual demand.

НОВЫЕ ПРОДУКТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ТИТАНО-НИОБАТОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

А.И. Николаев, nikol_ai@chemy.kolasc.net.ru, Л.Г. Герасимова, В.Г. Майоров

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В.Тананаева, Кольский научный центр РАН

Значительная часть отечественных запасов титано-редкометалльного сырья сосредоточена в бедных рудах, прежде всего в комплексных титано-ниобатах Кольского полуострова. В число наиболее перспективного сырья входят – лопарит (Ловозерское месторождение) и перовскит (Африкандское и Вуориярвинское месторождения), как источники соединений титана, тантала, ниобия и редкоземельных металлов. Среднее содержание основных компонентов в лопаритовом концентрате (ЛК) КЛ-1 по ТУ 48-4-300-74 составляет (масс.%): TiO_2 – 38.1, Nb_2O_5 – 8.14, Ta_2O_5 – 0.57, Ln_2O_3 – 32.0, Na_2O – 8.48, ThO_2 – 0.54, CaO – 4.74, SrO – 2.50, Fe_2O_3 – 2.20, SiO_2 – 1.40 и в перовскитовом концентрате (ПК) из руды Африкандского

месторождения по ТУ 48-04-38-72 (масс.%): TiO_2 – 48-52, Nb_2O_5 – 0.9-1.1, Ta_2O_5 – 0.04-0.06, Ln_2O_3 – 3.3-4.6, Na_2O – 0.4-0.6, ThO_2 – 0.06-0.17, CaO – 34.5-36.3, Fe_2O_3 – 3.2-3.6, SiO_2 – 3.7-4.7.

Производство лопаритового концентрата, перерабатываемого методом хлорирования на ОАО «Соликамский магниевый завод, к настоящему времени составляет около 10 тыс.т/год. По сравнению с 1992 г. оно сократилось в 2.7 раза. Месторождения перовскитовых руд не эксплуатируются. Указанное сырье является нетрадиционным, что ограничивает использование мирового опыта, применяемого для концентрированного редкометалльного сырья.

Сложный состав сырья предполагает необходимость комплексного его использования с извлечением всех ценных компонентов, что отвечает государственной концепции рационального использования природных ресурсов. Освоение месторождений нетрадиционного сырья требует поиска нестандартных технологических подходов и приемов, разработки и реализации энерго- и ресурсосберегающих, малоотходных экологосбалансированных технологий добычи и переработки с комплексным использованием всех ценных составляющих сырья.

Масштабы переработки ЛК хлорным методом связаны не с реальными возможностями его производства, а с количеством избыточного хлора, получаемого при производстве магния. Это делает технологический комплекс в целом устойчивым в рамках единой технологии, но не позволяет закрыть потребности рынка в продукции из лопарита. Хлориды титана, ниобия, тантала и РЗЭ служат прекурсорами для получения соединений этих металлов в наиболее динамично развивающихся отраслях промышленности.

Главным, принципиальным недостатком большинства технологических схем, особенно в свете современных экологических требований, является большое количество отходов - жидких, твердых и газообразных сбросов, необходимость утилизации которых обуславливает низкую рентабельность всей технологической схемы. Следует констатировать, что проблема создания эффективной схемы комплексной переработки титано-ниобатов, полностью отвечающей экологическим требованиям сегодняшнего дня, еще не потеряла актуальность и ждет решения.

Основным разработчиком комплексных гидрометаллургических схем переработки ПК и ЛК является ИХТРЭМС КНЦ РАН. Все перспективные методы переработки ЛК и ПК являются комбинированными и включают операции, характерные для различных схем. Так, в серноокислотной технологии ЛК разделение редких металлов проводят из фторидных растворов, а извлечение РЗЭ из нитратных растворов. В азотнокислотной схеме разделение редких металлов и титана проводят из фторидных растворов либо хлорированием. В гидрофторидной схеме фториды РЗМ конвертируют в сульфаты, а затем в нитраты и проводят их разделение из нитратных растворов. Реализованная хлорная схема включает ряд гидрометаллургических операций и их количество в действующей технологии постоянно растет.

Комбинирование различных последовательностей операций технологического процесса позволяет обеспечить необходимый ассортимент и качество целевых продуктов. Применение новых вариантов технологии открывает широкие возможности для реализации оптимальных и экологически безопасных технологических схем при переработке ЛК и ПК. При этом спектр конечной товарной продукции может быть значительно расширен за счет производства не только основных редких металлов прежде всего для специальных отраслей промышленности, но и широкой гаммы соединений и композиционных материалов для массового применения.

Несмотря на сравнительно невысокое содержание тория в ЛК и ПК, соответственно 0.55-0.71% и 0.06-0.17 ThO_2 , концентраты относятся к естественно-радиоактивному сырью. Все представляющие интерес варианты технологии должны обеспечивать получение продукции, удовлетворяющей нормативу, установленному для строительных материалов по содержанию радионуклидов ($\Sigma\text{Th} \leq 1.0 \cdot 10^{-8}$ Ку/кг), и надежную изоляцию радиоактивных отходов или получение концентрированных ториевых продуктов для применения в будущей ядерной энергетике России.

По нашему мнению, наибольший интерес представляют варианты комплексной переработки ЛК и ПК по комбинированным схемам, сочетающим наиболее эффективные операции их азотнокислотного или солянокислотного вскрытия. Нитратные или хлоридные растворы перерабатывают с выделением РЗЭ и утилизацией отходов известными способами. Из титано-ниобо-танталового остатка – гидратного кека (ГК) - соединения тантала, ниобия и титана выделяют хлорированием или жидкостной экстракцией и гидрометаллургической переработкой. Кроме того, ГК от разложения ПК может быть использован в составе обмазки сварочных электродов или перерабатываться методами хлорирования или серноокислотным подобно богатому титановому шлаку или природному рутилу. Удельная активность этого продукта, по данным Института радиационной гигиены, составляет ^{228}Th – 5.8 и ^{226}Ra – 2.4 пКюри/г, что близко к кларковым. Использование таких материалов не имеет ограничений по радиационному фактору.

Расширение номенклатуры продуктов из ЛК и ПК связано как с углублением переработки концентратов, так и с поиском новых областей применения промежуточных продуктов и отходов переработки ЛК и ПК. Основные продукты на основе РЗЭ включают их индивидуальные соединения,

нитраты, карбонаты, фториды, оксиды, РЗЭ-лигатуры. Шлаки от металлургического производства последних оказались пригодными для использования в составе обмазки сварочных электродов. Титан выделяется в виде диоксида пигментных и непигментных марок, дубителя для кож, перламутровых пигментов, титано-силикатных сорбентов и др. Возможно получение широкой гаммы ниобиевых и танталовых продуктов, включающих их металлы, оксиды различной степени чистоты, фтортанталат калия, ниобат и танталат лития и др. Важной особенностью новых вариантов схем является их ориентирование на сокращение отходов производства и более полное использование сырья. Отмеченные варианты позволяют создать технологию со сниженными расходами реагентов и эксплуатационными затратами.

Основными отходами переработки титанониобатов по отмеченным схемам, помимо ториевого концентрата, являются нитрат натрия из ЛК, пригодный для использования в качестве минерального удобрения или компонента взрывчатых веществ, и титаногипс из ПК, пригодный для производства цементного клинкера. Вместо титаногипса кальций может быть утилизирован в виде нитратных или хлоридных соединений, имеющих широкие области применения, например, минеральные удобрения, средство для борьбы с обледенением дорог, буровые растворы в нефтедобыче. Однако требуются маркетинговые исследования для уточнения реальных масштабов их использования.

Выход основных базовых продуктов на 1 т ЛК для азотнокислотно-гидрофторидной технологии составляет (кг): TiO_2 – 350, Nb_2O_5 – 73.3, Ta_2O_5 – 5.12, карбонаты РЗЭ в пересчете на Ln_2O_3 – 285, NaNO_3 – 770, KNO_3 – 540. Выход основных базовых продуктов на 1 т ПК по различным вариантам технологии близок и составляет в среднем (кг): пигментный TiO_2 – 440-480, Nb_2O_5 – 7.5-8.7, карбонаты РЗЭ в пересчете на Ln_2O_3 – 25-35, 3.3, титаногипс – 900-1400. Фактический ассортимент продуктов будет определяться потребностями рынка в редкометалльной, редкоземельной, титановой и попутной продукции.

Предварительная оценка экономической эффективности комплексной переработки титано-ниобатов Кольского полуострова, выполненная в ЗАО «Росредмет» и КНЦ РАН, положительна. Эффективность переработки в значительной степени зависит от масштабов новых производств, выбранной технологической схемы и номенклатуры продуктов.

WELDING MATERIALS AND FLUXES FROM MINERALS OF THE KOLA PENINSULA AND REPUBLIC OF KARELIA

A.I. Nikolaev¹, Yu.V. Pleshakov², Yu.D. Brusnitsin³, V.B. Petrov¹

¹ *Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials, KoltSC RAS;*

² *JS «Apatit»;*

³ *Central Research Institute of Structural Materials «Prometey»*

Potential welding materials from minerals of the Kola Peninsula and Republic of Karelia including mining by-products, mineral concentrates and products of their processing are shown. A specific programme for creating the production of new welding materials has been drawn up. It is suggested that achieving a higher level of mineral and technogenic resource recovery in the region is possible by actively involving them in production of welding materials. This calls for development of original formulas for electrode coatings and welding fluxes with components from the newly recovered resources. Such products may be of interest for both domestic and international markets.

КОМПОНЕНТЫ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ И ФЛЮСОВ ИЗ СЫРЬЯ КАРЕЛО-КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

А.И. Николаев¹, nikol_ai@chemy.kolasc.net.ru, Ю.В. Плешаков², Ю.Д. Брусницын³, В.Б. Петров¹

¹ *Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева, Кольский научный центр РАН;*

² *ОАО «Апатит»;*

³ *ФГУП Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей»*

На территории Карело-Кольского региона создан мощный горнорудный комплекс. Наряду с эксплуатируемыми месторождениями традиционных для региона видов минерального сырья имеются перспективные месторождения, чаще не привязанные к действующим предприятиям, и перспективные рудопроявления. Широкий спектр минерального сырья региона позволяет предположить наличие среди него материалов, пригодных для использования в производстве сварочных электродов. Нами рассмотрены минеральные ресурсы Карело-Кольского региона как потенциальные источники