

Рис. Микровключения галенита (а) и арсенипирита (б) в рудах Лисаковского месторождения

Электронная микроскопия выполнялась на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 SBU. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-35-00022.

Литература

1. Бекмухаметов А.Е., Билялов Б.Д. Металлогения экзогенных руд железа Торгайского прогиба перспективы промышленного освоения их Лисаковским ГОК // Алматы: НИЦ «Гылым». – 2003. – 366 с.
2. Билялов Б.Д. Металлогения оолитовых руд железа Торгайского прогиба и геологическое обеспечение разработки и обогащения их Лисаковским ГОКом: Автореферат дис. ... докт. геол.-мин. наук. – Алматы, 2004. – 67 с.
3. Слипченко Б.В. О двух генетических типах оолитовых железных руд Лисаковского месторождения (Северный Казахстан) // Геологический журнал. – 1981. – Т 41. – № 6. – С. 53–61.
4. Сорокина А.М. Особенности минерального состава оолитовых железных руд Лисаковского месторождения (Торгайский прогиб, Казахстан) // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири. В 2-х томах. Том 1 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 191–193 с.
5. Яницкий А.Л. Олигоценные оолитовые железные руды Северного Тургая и их генезис. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 220 с.
6. Ramanaidou E.R., Wells M.A. 13.13 – Sedimentary Hosted Iron Ores // Treatise on Geochemistry. – 2014. – P. 313–355.
7. Rudmin M., Mazurov A., Banerjee S. Origin of ooidal ironstones in relation to warming events: Cretaceous-Eocene Bakchar deposit, south-east Western Siberia // Marine and Petroleum Geology. Elsevier, 2019. – Vol. 100. – P. 309–325.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ДРОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

О.В. Савинова¹, А.А. Жерлицын²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

²Институт сильноточной электроники СО РАН г. Томск, Россия

Процесс дезинтеграции (дробление и измельчение) сырья является одним из самых ресурсозатратных этапов в цикле подготовки материала для химико-металлургической переработки. Как правило, процессы разрушения твердых материалов применяются не только в горно-обогатительной промышленности, но и в целлюлозно-бумажной для подготовки древесины, в пищевой промышленности, в производстве медицинских препаратов, при переработке бытовых и промышленных отходов и в ряде других отраслей. Очевидно, что они являются одними из массовых, но в тоже время затратными (по некоторым данным [5] затраты составляют от 45 до 60 % от общих расходов) и, как правило, не удовлетворяющими ряду требований промышленного производства (низкая селективность, малая эффективность для особо твердых материалов, не обеспечивают необходимую крупность материала). Одним из перспективных способов дезинтеграции материалов на сегодняшний день считается электроразрядный метод, сущность которого заключается в разрушении вещества при формировании канала электрического разряда внутри твердого тела, помещенного в жидкость.

В данной работе рассматривается успешный опыт применения электроразрядного способа дробления на примере измельчения природных (кварциты) и техногенных материалов (отработанные электронные печатные платы).

Актуальность изучения кварцсодержащего сырья обусловлена возрастающей необходимостью использования высококачественного кварцевого сырья в высоких технологиях и получения на основе диоксида кремния новых перспективных материалов [2, 3, 7].

Кварциты месторождений Бурал-Сарьдак (Бурятия, Россия) и Антоновской группы месторождений (Западная Сибирь, Россия) обладают особой чистотой (содержание SiO_2 от 97 до 99 %), что обусловлено уникальными условиями их образования. В то же время, отсутствие эффективных методов получения тонкодисперсных материалов микроразмерного высококачественного диоксида кремния с минимальным привнесом «аппаратного» загрязняющего материала сдерживает использование этих объектов. Для решения этой задачи применен электроразрядный способ дробления в лаборатории Института Сильноточной электроники СО РАН по методике, представленной в работе [1]. Дробление осуществлялось на импульсно-периодическом генераторе с частотой следования импульсов 5...10 Гц при уровне запасаемой энергией в высоковольтном емкостном накопителе до 500 Дж и напряжении до 300 кВ. Электроды камеры дробления выполнены из нержавеющей стали. В качестве рабочей среды взята дистиллированная вода. Режим электроимпульсного дробления обеспечивает получение в серии из 1000 импульсов кварцевого концентрата с размером зерен 0.01...0.5 мм из предварительно подготовленного кускового кварца фракцией около 25 мм. В полученных электроразрядным дроблением образцах наблюдались зерна кварца размером 0,01...0.5 мм различной формы с характерным раковистым изломом, в том числе и оплавленные, как чистые, так и с налипшими на них частицами чистого железа (рис. 1). Также отмечается присутствие посторонних немагнитных примесей сложного состава: Fe-Cr-Ni-Cu-Al, но чаще Fe-Ni-Cr, иногда с примесью Mn, в виде отдельных зерен различной формы: каплевидные, сферические, пластинчатые бесформенные и в виде сталактитов, размером 1...30 мкм. По заключению авторов [1], привнос «аппаратного» железа обусловлен применяемыми материалами и режимами измельчения. Для получения высококачественного кварцевого концентрата предлагается увеличить эрозионную и абразивную износостойкость электродов камеры дробления, например, за счет азотирования стали в дуговом разряде низкого давления или использовать технически чистое железо для магнитной сепарации загрязнений.

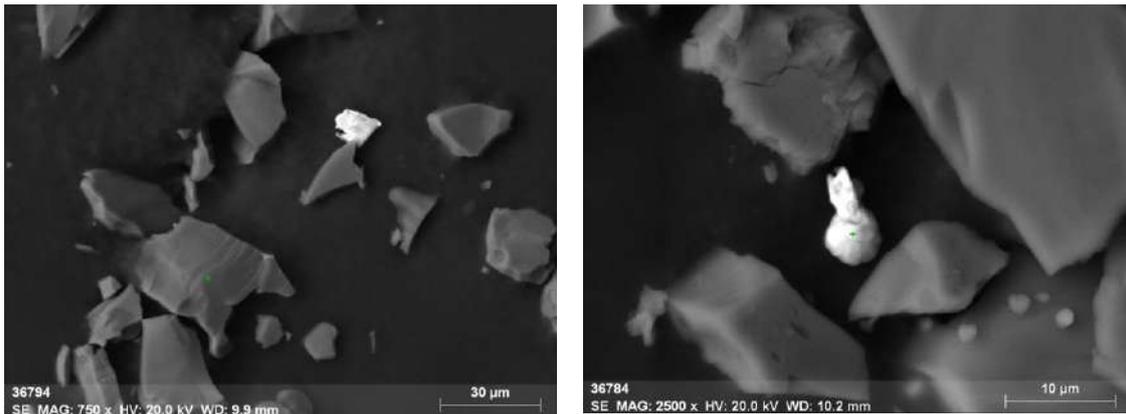


Рис. 1. Частицы кварцитов (темно-серое) и «аппаратного» железа (светло-серое) после дробления, фото получены с помощью сканирующего электронного микроскопа «Hitachi»

Другая область применения электроразрядного способа дробления – это эффективное дробление электронных печатных плат с целью их переработки для дальнейшего использования и извлечения ценных металлов [4, 6].

Эксперимент проводился на высоковольтном импульсном генераторе с выходным каскадом в виде заряжаемого до полного рабочего напряжения низкоиндуктивного емкостного накопителя (волновое сопротивление порядка 10 Ом, частота следования импульсов 5 Гц), который через коммутатор и передающую линию разряжается на рабочий промежуток камеры дробления. В камере дробления используется конфигурация с резко неоднородным электрическим полем. Потенциальный электрод выполнен в форме тонкостенного цилиндра диаметром 40 мм. На заземленном плоском электроде размещается фрагмент печатной платы. Объем камеры дробления заполняется водой из водопроводной сети без дополнительной обработки. Удельное сопротивление воды ~104 Ом·см. Дроблению подвергались платы с основой из фольгированного стеклотекстолита (FR-4) и гетинакса (FR-2). Процесс дезинтеграции производился в два этапа: на первом этапе подбирался режим, обеспечивающий очистку плат от навесных электронных компонентов; на втором этапе – дробление образцов без электронных компонентов. После просеивания продуктов дробления через набор металлических сит были получены следующие фракции: + 5 мм, + 2.5...5 мм, + 0.5...2.5 мм и - 0.5 мм. В дальнейшем, в каждой фракции оценивалась степень отделения металлов от основы-диэлектрика.

Получены следующие результаты: дробление однослойных плат из гетинакса значительно отличается от дробления плат из стеклотекстолита, что объясняется меньшей механической прочностью первого. Для получения фракции менее 5 мм для однослойных плат потребовалось около 100 импульсов, для двухслойных плат – более 1000 импульсов, в случае четырехслойных плат из стеклотекстолита – не менее 3000 импульсов. Визуальное изучение фракций проводилось на оптическом микроскопе и показало, что во фракции + 5 мм появляются признаки отслаивания меди от стеклотекстолита в виде загнутых краев медной фольги (рис. 2). Для фракции + 2.5...5.0

СЕКЦИЯ 3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ.

наблюдаются фрагменты, как чистой медной фольги, так и фрагменты в сростании со стеклотекстолитом. Во фракции 0.5...2.5 мм в процент содержания фрагментов чистой меди значительно увеличивается. Во фракции -0.5 мм наблюдается преимущественно чистая медь в виде пластинок и проволок, а также встречается припой в форме шариков. Полученные данные подтверждают возможность разрушения электронных печатных плат электроразрядным методом с выходом фракций необходимого размера для полного отделения металла от диэлектрика.



Рис. 2. Чистая медь (фракция - 0.5 мм (а)) и в сростании со стеклотекстолитом (фракция + 5 мм (б))

Таким образом, электроразрядное дробление представляет собой перспективный и эффективный способ измельчения вещества любого происхождения. Этот способ воздействия на твердое тело легко управляем и способен обеспечить получение узкого распределения по размеру получаемых фракций любого материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-24079 мк.

Литература

1. Ananyeva L.G., Ilenok S.S., Korovkin M.V., Kumpyak E.V., Zherlitsyn A.A. Production of High-Purity Quartz Concentrate by Electrical Pulse Fragmentation // 20 th International Symposium on High-Current Electronics (ISHCE): proceedings, Tomsk, Russia, September 16–22, 2018 / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU); Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). – [S. l.]: IEEE, 2018. – P. 162–165.
2. Murilo F.M. Santos, Eric Fujiwara, Egont A. Schenkel, Jacinta Enzweiler, Carlos K. Suzuki. Processing of quartz lumps rejected by silicon industry to obtain a raw material for silica glass // International Journal of Mineral Processing. – 2015. – 135. – P. 65–70.
3. Nepomnyashchikh A.I. et all. Optical Glass Based on the East Sayan Mountain Quartzites. // Glass Physics and Chemistry, 2018. – Vol. 44. – No. 2. – Pp. 130–136.
4. Tuncuk A., Stazi V., Akcil A., Yazici E.Y., Devenci H. Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: Hydrometallurgy in recycling // Minerals Engineering. – 2012. – 25. – P. 28–37.
5. Курец В.И. Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. – 324 с.
6. Медведев А., Арсентьев С. Утилизация продуктов производства электроники // Компоненты и технологии. – 2008. – № 10. – С. 153–159.
7. Ясаманов Н.А. К проблеме минерально-сырьевой базы кремния солнечного и микроэлектронного качества // Разведка и охрана недр. – 1999. – № 3. – С. 7–8.

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСКОВ РЕДКОМЕТАЛЬНО-ТИТАНОВОГО РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕБАНЕ (МОЗАМБИК)

П.В. Селиванов^{1,2}

Научный руководитель ведущий научный сотрудник А.В. Лаломов¹

¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН

²Центральный научно-исследовательский институт цветных и благородных металлов, г. Москва, Россия

Месторождение Пебане расположено на побережье Мозамбикского пролива Индийского океана, в северной части республики Мозамбик поблизости от одноименного поселка.

Месторождение сформировано в ходе голоценовой постледниковой трансгрессии и его формирование продолжается поныне.

Отложения россыпи представлены преимущественно мелко- и среднезернистыми песками светло-серого цвета, тяжелая фракция содержит ильменит (ок. 90 %), циркон, рутил, монацит, ставролит, лейкоксен и аксессуарные