УДК 622.235.5.

В.И.Курец, Г.Л.Лобанова, Э.Н.Тараканов ский, Г.П.Филатов

НИИ высоких напряжений при Томском политехническом университете

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА ИЗБИРАТЕЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ РУД, ИСКУССТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОТХОДОВ ГОРНО-РУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Объектом исследования является электроимпульсный способ разрушения материалов. Цель работы – установить механизм разрушения неоднородных материалов, выбрать энергетические параметры импульсов, обеспечивающих минимальные энергозатраты на проведение процесса разрушения кимберлитов и максимальную сохранность выделяемых алмазов, разработать и создать опытную установку для проведения процесса.

Найдены условия формирования разряда в системе кимберлит – вода. Установка ДИК-1М модернизирована и смонтирована. В качестве переменных параметров приняты амплитуда импульсов, межэлектродный промежуток, постоянных – емкость конденсаторной батареи. Выбраны оптимальные параметры импульса. Выделены неповрежденные кристаллы алмазов. Проведен анализ полученных результатов.

The subject of inquiry is the electric pulse method of disintegration of materials. The investigation is aimed at finding the disruptive mechanism for heterogeneous materials, selecting energy parameters of pulses, that supply the minimum consumption of energy to break down kimberlites and maintain the maximum safety of extracted diamonds, as well as developing a pilot installation to carry out the procedure concerned. As a result of the study involved the requirements for shaping the discharge in the "kimberlite-water" system have been determined. The installation DIK-1M was modernized and mounted, its variable parameters being pulse amplitude and interelectrode gap, and the fixed value being capacitance. The optimum parameters of the pulse were selected and undamaged crystals of diamond were extracted. The analysis of the results obtained was carried out.

Актуальность разработки избирательных методов разрушения связана с тем, что традиционные механические методы разрушения не обладают селективностью. В связи с этим разработка более рациональных методов измельчения руд, содержащих камнецветное сырье, является важной задачей.

Одним из современных способов избирательного разрушения горных пород является электроимпульсный способ, использующий в качестве инструмента электрическую искру, сформированную внутри твердого тела.

Исследования механизмов, обеспечивающих избирательность разрушения горнорудного сырья электроимпульсным способом, показали, что существуют три процесса, следующих последовательно друг за другом при развитии канала разряда*.

Наиболее эффективная область применения электроимпульсного разрушения – мелкое дробление сырья размером от 60-100 мм до крупности –1 мм и выше. Сырье должно содержать достаточно ценные минералы. Этим требованиям отвечают кимберлитовые породы, содержащие алмазы. При переносе полученных ранее закономерностей с модельных образцов на конкретную кимберлитовую руду необходимо учесть ряд особенностей.

Физико-механические свойства кимберлитов зависят от уровня залегания. Кроме того, для них характерна высокая засоленность. Растворимые соли и тонкий глинистый материал, по мере накопления их в рабочем объеме, увеличивают низковольтную проводимость рабочей жидкости и приводят к снижению вероятности электрического пробоя системы вода – кимберлит с 70 до 30 % при однократной загрузке руды в камеру и соотношении твердого к жидкому 1 : 2 задолго до полного разрушения пробы. Для обеспечения непрерывного процесса электроимпульсного дробления кимберлитов было предложено подавать струю свежей воды с постоянными характеристиками в межэлектродную зону по каналу в высоковольтном электроде. Подача воды в межэлектродный промежуток со скоростью 6 л/мин обеспечивала стабильно 100-процентную вероятность пробоя системы в течение рабочей смены (объем рабочей камеры 10 л).

Для проведения опытов по коррекции параметров электрических импульсных разрядов для разрушения кимберлитов (табл.1) было приготовлено шесть лабораторных проб массой 50 кг каждая из исходной руды трубки Интернациональная (опыты 1-6) и две пробы массой 50 и 60 кг соответственно крупностью –50+12 мм из циркуляционной нагрузки той же руды из мельниц самоизмельчения (опыты 7 и 8). Результаты опытов представлены в табл.2 и 3.

Таблица 1

Параметры импульсов

Опыт	Амплитуда импульса, кВ	Энергия импульса, Дж	Длина межэлектродного промежутка, мм	Диаметр отверстий в электроде классификаторе, мм
1	200	500	16	10
2	220	605	16	10
3	250	781	16	10
4	250	781	16	20
5	250	781	21	10
6	250	781	27	10
7	250	781	27	10
8	250	781	32	10

* Исследование разрушения кимберлитов электроимпульсным способом / В.И.Курец, Г.Л.Лобанова, Э.Н.Таракановский, Г.П.Филатов // Записки Горного института. СПб, 2001. Т.149. С.160-163.

Таблица 2

Гранулометрический состав готовых продуктов проб кимберлитов, разрушенных электрическими импульсными разрядами

Опыт	Выход материала в классы крупности (мм), %							Средний размер зерна, мм	Степень сокращения материала	Суммарный выход продукта крупностью до (мм), %		
	–10+8	–8+6	–6+4	–4+2	–2+1	–1+0,5	–0,5			–4	–2	–1
1	5,5	26,3	17,4	25,8	8,8	8,0	8,2	4,19	5,75	50,8	25,0	16,2
2	5,2	22,4	19,0	17,8	7,4	5,0	23,2	3,71	6,49	53,6	35,8	28,5
3	5,4	10,4	19,5	23,3	10,6	8,4	22,4	3,16	7,62	64,7	41,4	30,8
4	40,0	16,2	13,0	9,9	6,3	4,2	10,4	7,79	3,10	30,8	20,9	14,6
5	3,3	15,0	15,3	15,1	6,9	4,5	39,9	2,80	8,63	66,5	51,4	44,5
6	5,7	15,1	26,2	19,1	7,7	6,6	19,6	3,67	6,57	53,0	33,9	26,2
7	3,4	13,7	17,8	21,8	10,7	6,1	26,5	3,08	5,56	65,2	43,4	32,6
8	3,2	12,6	19,3	21,1	10,9	6,2	26,7	3,04	5,60	64,9	43,8	32,9

Таблица 3

Энергетические показатели дробления проб кимберлитов

Опыт	Время дробления, мин	Производительность дробления, кг/ч	Удельный расход электроэнергии кВт·ч/т
1	25	120	25,0
2	23	130	27,9
3	21	143	32,8
4	8	375	12,5
5	17	176	26,6
6	20	150	31,3
7	17,5	206	22,8
8	15	200	19,5

Данные, приведенные в табл.1 и 2, свидетельствуют, что изменение параметров импульсов, используемых для разрушения кимберлитов, позволяет регулировать гранулометрический состав готового продукта и энергетические показатели процесса. Изменяя амплитуду импульса от 200 до 250 кВ при прочих равных условиях средневзвешенный размер зерна в готовом продукте удалось снизить от 4,19 до 3,16, а степень сокращения материала увеличить от 5,75 до 7,62. Увеличение межэлектродного промежутка до 32 мм при амплитуде импульса 250 кВ позволило увеличить производительность процесса до 200 кг/ч. Энергоемкость процесса составила 19,5 кВт·ч/т.

По данным минералогического анализа, из всех проб выделены алмазы массой от 0,03 до 0,49 карат. Низкого качества алмазы выделены из проб, приготовленных из циркуляционной нагрузки мельниц самоизмельчения: они несут на себе природные и комбинированные нарушения. Целые кристаллы в пробе 7 отсутствуют, а в пробе 8 их содержание составляет 8,3 %. Содержание целых кристаллов алмаза в пробах, приготовленных из исходной руды, колеблется от 10,2 до 57,9 %. Остальные алмазы имеют природную нарушенность. Только в пробах 2 (4,1 %) и 3 (0,1 %) алмазы имеют комбинированную нарушенность.

Разрушение пробы кимберлитов массой 3,2 т крупностью –50+12 мм проведено при оптимальных параметрах. Получен следующий гранулометрический состав продукта разрушения:

Класс крупности, мм	+8	–8+6	–6+4	–4+2
Выход класса, %	3,4	21,6	29,2	27,1
Класс крупности, мм	–2+1	–1+0,5	–0.5	Итого
Выход класса, %	6,9	4,0	7,8	100

Гранулометрический состав достаточно близок к ожидаемому по лабораторной пробе, разрушенной при этих же параметрах, что подтверждает сделанный нами вывод о возможности регулирования гранулометрического состава параметрами импульсов.

Материал крупностью +8 и –8+6 мм просмотрен на рентгеноаппарате «Кристалл»; все вскрытые алмазы извлечены. Остальной ма-

териал крупностью –6+0,5 мм складирован в емкости для последующего обогащения на липкостном сепараторе. Обогащение осуществляли в четыре стадии. От хвостов последней стадии отобраны пробы и направлены на рентгенопросмотр для определения степени извлечения кристаллов алмазов.

Таким образом, установлен механизм разрушения неоднородных материалов электрическими импульсными разрядами, создана опытная установка для разрушения кимберлитов и проведено опытное измельчение кимберлитов в институте ЯкутНИПроалмаз, подтвердившее селективность электроимпульсного дробления и высокий уровень сохранности выделенных алмазов.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования РФ (подпрограмма «Экология и рациональное природопользование»).