

На правах рукописи



Кононко Роман Васильевич

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОВОДКИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ
КОНЦЕНТРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ

Специальность: 25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иркутск – 2012

Работа выполнена в Иркутском научно-исследовательском институте благородных и редких металлов и алмазов ОАО «Иргиредмет»

Научный руководитель: **Богидаев Сергей Александрович**
Доктор технических наук, профессор
НИФГБОУ ВПО «Иркутский государственный
технический университет», профессор кафедры
управления промышленными предприятиями

Официальные оппоненты: **Злобин Михаил Николаевич**
Доктор технических наук,
ООО ВК «АСАЛМАЗ», эксперт
Запов Виктор Зиновьевич
Кандидат технических наук, доцент НИФГБОУ
ВПО «Иркутский государственный техниче-
ский университет», доцент кафедры обогаще-
ния полезных ископаемых

Ведущая организация: УРАН ИПКОН РАН, г. Москва

Защита диссертации состоится «__26__» апреля 2012 г. в __10__ часов на засе-
дании Диссертационного совета Д 212.073.02 при НИФГБОУ ВПО «Иркут-
ский государственный технический университет» по адресу: 664074, г. Ир-
кутск, ул. Лермонтова, 83, корпус «К», конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИУ ГОУ ВПО «Иркут-
ский государственный технический университет» и библиотеке ОАО «Ирги-
редмет»; с авторефератом – на официальном сайте www.istu.edu.

Автореферат разослан «__26__» марта 2012 г.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, подписанные и заверенные печат-
тью организации, просим высылать по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лер-
монтова, 83, ИрГТУ, ученому секретарю диссертационного совета Д
212.073.02 Салову В.М., тел. (3952) 40-51-17, salov@istu.edu.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.т.н.,
профессор



Салов В.М.

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Алмазы якутских месторождений характеризуются большим процентом правильно ограненных высококачественных кристаллов-октаэдров и повышенным содержанием наиболее чистых малоазотных алмазов. Последние малопригодны для огранки в бриллианты, но имеют хорошие перспективы целевого использования в высоких технологиях, например для создания теплоотводов и детекторов ионизирующих излучений. Малоазотные алмазы, кристаллы имеющие форму куба, а так же многие поликристаллические сростки алмазов обладают ослабленной или нехарактерной рентгенолюминесценцией и при существующих схемах доводки алмазоизвлекательных фабрик, где господствуют рентгенолюминесцентные сепараторы (РЛС), могут теряться с их хвостами. Решить данную проблему путем повышения чувствительности системы обнаружения РЛС не представляется возможным, так как это может вызвать значительное увеличение числа отсеков на сопутствующие минералы и породы и существенный рост выхода концентрата.

Снижение алмазодобычи, связанное с состоянием сырьевой базы, увеличение затрат на добычу руды подземным способом, вовлечение в разработку новых месторождений и забалансовых руд требуют повышения эффективности процессов обогащения, в том числе путем дополнительного извлечения алмазов. Перспективным решением – этого вопроса является изучение трибоэлектрических свойств кристаллов алмазов и сопутствующих минералов и породы для создания на их основе сепаратора с целью извлечения слаболюминесцирующих под действием рентгеновского излучения алмазов.

Цель работы. Повышение извлечения алмазов из хвостов рентгенолюминесцентных сепараторов сухой схемы доводки гравитационных концентратов алмазоизвлекательных фабрик с применением процесса, основанного на разделении алмазов и сопутствующих минералов и породы по величине трибоэлектрических зарядов.

Идея работы – оптимизация комбинированной схемы доводки гравитационных алмазосодержащих концентратов на основе применения процесса трибоэлектрической сепарации.

Методы исследований. В работе использован минералогический анализ, измерение интенсивности люминесценции алмазов под действием рентгеновского излучения и величины трибоэлектрических зарядов, а также тех-

нологические исследования в лабораторных и промышленных условиях с математической обработкой полученных результатов на ЭВМ.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Установлено, что трибоэлектрический заряд кристаллов алмазов существенно выше, чем сопутствующих минералов и породы, характерных для гравитационных алмазосодержащих концентратов.

2. Выявлено, что на диэлектрической поверхности вибрлотков алмазы приобретают трибоэлектрический заряд примерно в 6 раз больший, чем при движении по металлической поверхности.

3. Установлена зависимость величины трибоэлектрического заряда от формы (морфологии) кристаллов алмазов;

4. Выявлено, что величина трибоэлектрического заряда алмазов не зависит от интенсивности их люминесценции, возникающей под действием рентгеновского излучения.

Практическая значимость работы и использование полученных результатов.

Проведены промышленные испытания трибоэлектрического сепаратора на продуктах текущей добычи алмазоизвлекательной фабрики № 16 Нюрбинского ГОКа АК «АЛРОСА». Разработаны рекомендации по оптимизации технологической схемы участка доводки алмазоизвлекательных фабрик:

- технологию комбинированной схемы доводки гравитационных алмазосодержащих концентратов (использующих процессы рентгенолюминесцентной, липкостной сепараций, магнетизирующего обжига и магнитной сепарации) рекомендовано дополнить процессом трибоэлектрической сепарации на хвостах доводочных РЛС, что обеспечит прирост извлечения алмазов в целом по схеме доводки за счет слаболюминесцирующих кристаллов;
- применение трибоэлектрической сепарации для извлечения алмазов из концентратов жировых аппаратов, как самостоятельного процесса или в качестве контрольной операции на хвостах РЛС, позволит исключить из схем доводки фабрик процессы магнетизирующего обжига и магнитной сепарации;
- установлена целесообразность включения в схему обработки проб цеха технологического контроля, трибоэлектрической сепарации на хвостах РЛС для повышения достоверности определения извлечения алмазов

по схеме доводки и в целом по фабрике и для сокращения объема материала для ручного просмотра.

Составлен протокол между ОАО «Иргиредмет» и ОАО «Нижне-Ленское», согласно которому, в период промывочного сезона 2012 года запланировано проведение опытно-промышленных испытаний трибоэлектрического сепаратора на хвостах рентгенолюминесцентных сепараторов сухой схемы доводки гравитационных концентратов сезонной алмазоизвлекающей фабрики.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях «Школа-семинар молодых специалистов» (г. Иркутск, ИрГТУ, 2003), Научно-практической конференции, посвященной 50-летию алмазодобывающей промышленности (г. Мирный, 2005), Международной научно-практической конференции «Плаксинские чтения» (Казань, 2010), на заседаниях обогатительно-металлургической секции Научно-технического совета ОАО «Иргиредмет». Получен патент на полезную модель «Трибоэлектрический сепаратор алмазосодержащих материалов».

Реализация работы. На основе проведенных исследований на реальных (текущих) промпродуктах участка доводки алмазоизвлекающей фабрики разработаны: схема с применением трибоэлектрического сепаратора для извлечения алмазов из хвостов основных и перечистных рентгенолюминесцентных сепараторов; схема доводки концентратов липкостных сепараторов включающая рентгенолюминесцентную сепарацию с контролем хвостов трибоэлектрической сепарацией; схема извлечения алмазов из проб цеха технологического контроля фабрики, включающая основную рентгенолюминесцентную и контрольную трибоэлектрическую сепарации.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 7 работах, в том числе две статьи – из перечня ВАК и патент на полезную модель.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 114 наименований и двух приложений. Основная часть работы изложена на 135 страницах и содержит 34 рисунка и 17 таблиц.

Вклад автора состоял в анализе литературных и патентных источников, разработке методик исследований, организации и непосредственном участии в выполнении лабораторных исследований и испытаний трибоэлек-

трического сепаратора в промышленных условиях действующей фабрики, анализе и обобщении полученных результатов, разработке рекомендаций.

Автор выражает благодарность: коллективу лаборатории «Обогащения алмазосодержащего сырья» под руководством Прокопенко Александра Васильевича, руководству научно-исследовательского института ОАО «Иргиредмет» за весомую поддержку и помощь в проведении исследований; кандидатам физико-математических наук Мухачеву Юрию Сергеевичу и Рябову Евгению Валерьевичу за консультирование; специалистам Нюрбинского ГОКа и обогатительной фабрики № 16 за предоставленную возможность и помощь в проведении технологических испытаний.

Основное содержание работы

В первой главе представлен анализ состояния и основных направлений совершенствования технологии обогащения алмазосодержащего сырья. Отмечено, что при существующих технологических схемах алмазоизвлекательных фабрик, где рентгенолюминесцентная сепарация (РЛС) является основным процессом, часть алмазов теряется с её хвостами.

В главе показана актуальность исследования трибоэлектрических свойств кристаллов алмазов и сопутствующих минералов и породы, определения оптимальных режимных параметров процесса на экспериментальном образце сепаратора и проведения его испытаний на действующей алмазоизвлекательной фабрике с выдачей рекомендаций по повышению эффективности схем доводки гравитационных концентратов на основе применения трибоэлектрического сепаратора.

Вторая глава посвящена исследованию трибоэлектрических свойств кристаллов алмазов и сопутствующих минералов и породы. Сформирована коллекция кристаллов алмазов крупностью -5+2 мм одного из месторождений Республики Саха (Якутия), путем выборки из общего количества 8-ми групп по морфологическим признакам: октаэдры, ромбододекаэдры, переходной формы от октаэдра к ромбододекаэдру, двойники, шпинелевые двойники, сростки, обломки и комбинированной формы (грани октаэдра, ромбододекаэдра и куба) – по 30 кристаллов каждая.

Отобранная коллекция сопутствующих минералов и пород крупностью -5+2 мм была представлена минералами часто сопутствующими алмазам в гравитационных концентратах действующих алмазоизвлекательных фабрик:

циркон, карбонаты, плагиоклаз, кимберлитовая порода, пироп, ильменит, магнетит, хризолит и кимберлитовой породой.

Исследование трибоэлектрических свойств минеральных зерен проводили на лабораторной установке (рис. 1).

Трибоэлектрический заряд измеряли косвенно по величине сигнала датчика бесконтактного измерения электрического заряда, которая фиксировалась и измерялась в Вольтах. Величина трибоэлектрического заряда алмазов крупностью 5 мм составляет порядка 100 пКл.

С целью определения необходимой длины лотка вибропитателя обеспечивающей оптимальный уровень трибоэлектрического заряда алмазов проведены исследования по определению его формирования у кристаллов алмазов в процессе движения по эбонитовой поверхности лотков и поверхности из алюминиевого сплава Д16Т с ростом продолжительности контакта.

Анализ результатов показывает, что алмазы, приобретают примерно в 6 раз бóльший по величине трибоэлектрический заряд на поверхности вибролотков из диэлектрического материала (эбонита) – уровень сигнала датчика 6,3-7,8В против 1,00-1,34В проходя всю длину лотков вибропитателя 84 см за 21,8 и 17 секунд соответственно (рис. 2 и 3).

У кристаллов алмазов имеющих разную величину начального электрического заряда, при движении по лотку из алюминиевого сплава она стабилизируется уже через 7-8 секунд транспортирования, что соответ-

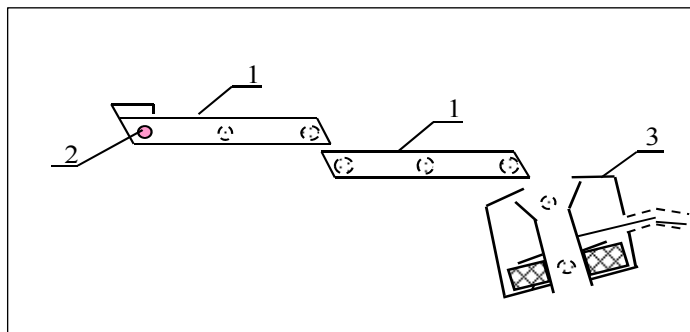


Рис. 1. Схема установки для измерения величины трибоэлектрического заряда

1 – вибролотки; 2 – зерно минерала; 3 – датчик бесконтактного измерения электрического заряда.

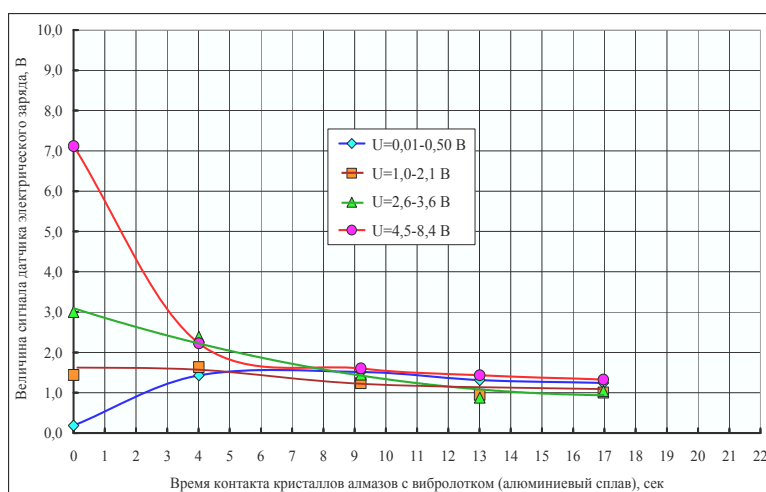


Рис. 2. Зависимость величины сигнала датчика электрического заряда кристаллов алмазов, от времени движения их по вибролотку (материал лотка – алюминиевый сплав)

ствуется пройденному расстоянию 37-41 см. На эбонитовой поверхности, стабилизация уровня трибозаряда наступает медленнее – после времени контакта с вибролотком 17-18 секунд, при пройденном алмазами расстоянии 63-66 см.

Исследованиями величины трибоэлектрического заряда установлено, что в результате движения по лотку вибропитателя выполненному из алюминиевого сплава (длина лотка 84 см) подавляющее количество алмазов (98,5 %) крупностью $-5+2$ мм приобретают трибоэлектрический заряд, величина сигнала датчика от которого выше 0,5В, при этом сигнал датчика от зерен сопутствующих минералов получен заметно ниже (рис. 4). Так, у карбонатов лишь 9 % зерен приобретают трибоэлектрический заряд с уровнем сигнала датчика более 0,5В, а основная их часть (89 %) способна накапливать совсем небольшой по величине заряд – уровень сигнала датчика менее 0,2В.

Исследованные зерна цирконов заряжаются хуже – все они получают заряд с величиной сигнала датчика менее 0,2В. Несколько более высокий трибозаряд, в сравнении с цирконами, приобретают хризолиты и пиропы – соответственно 3 и 10 % зерен приобретают величину сигнала датчика более 0,5В, а 63 и 73 % – более 0,2В.

Исследования, проведенные на зернах кимберлита и таких минералов, как магнетит, ильменит и плагиоклаз, показали, что они не накапливают достаточный по величине трибоэлектрический заряд для измерения на данной

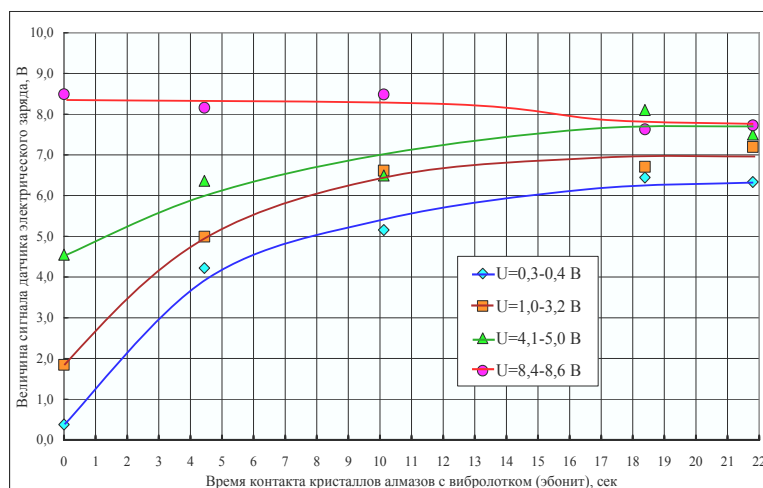


Рис. 3. Зависимость величины сигнала датчика электрического заряда кристаллов алмазов, от времени движения их по вибролотку (материал лотка – эбонит)

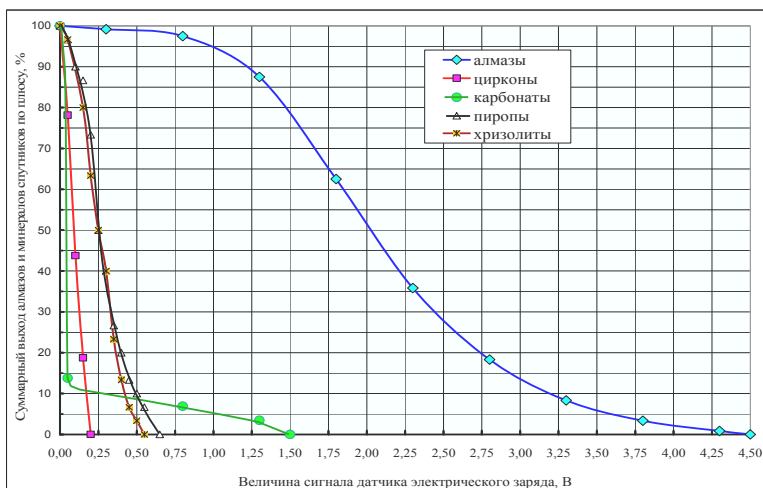


Рис. 4. Распределение кристаллов алмазов и сопутствующих минералов по величине приобретаемого электрического заряда

установке. При уровне порога разделения соответствующего величине сигнала датчика 0,2-0,5В можно получить практически полное извлечение алмазов в концентрат при небольшом его выходе.

В результате изучения процесса зарядки трением алмазов различных морфологических групп с близкой средней массой и слаболюминесцирующих под рентгеном кристаллов, выявлено, что наибольшую величину заряда (уровень сигнала датчика 1,91-2,13В) приобретают кристаллы основных морфологических

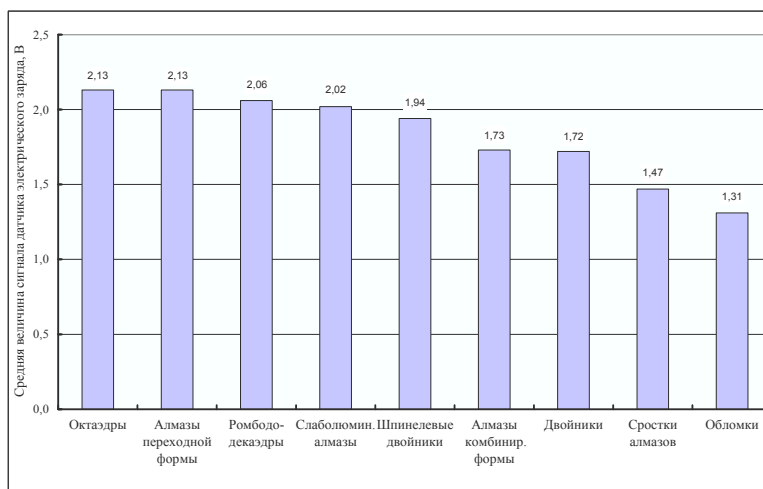


Рис. 5. Величина сигнала датчика трибоэлектрического заряда кристаллов алмазов разных групп

разновидностей – октаэдры, ромбододекаэдры, переходной формы от октаэдра к ромбододекаэдру и шпинелевые двойники (рис. 5). Самый низкий по величине трибоэлектрический заряд с уровнем 1,47 и 1,31В приобретают сростки алмазов и обломки, а кристаллы комбинированной формы и двойники получают заряд средней величины соответствующий сигналу датчика 1,72-1,73В.

Особо следует отметить, что алмазы со слабой интенсивностью рентгенолюминесценции, среди которых преобладают октаэдры, получают высокий трибоэлектрический заряд – величина сигнала датчика 2,02В.

Проведенные экспериментальные исследования показывают зависимость величины заряда от массы кристаллов алмазов. Прослеживается повышение средней величины сигнала датчика заряда в 3 и 6 раз (с 0,5В до 1,5 и 3,0В) при увеличении средней массы кристаллов алмазов в 7,0 и 16,5 раз (с 10мг до 70 и 163 мг). Однако исходя из физических представлений о формировании трибоэлектрического заряда логичней предположить, что величина трибоэлектрического заряда должна зависеть от площади поверхности кристаллов алмазов, что подтвердилось после обработки экспериментальных данных. Анализ полученных линейных зависимостей однозначно показал справедливость физических представлений изложенных. Для обеспечения высокой эффективности процесса трибоэлектрической сепарации его необ-

ходимо проводить на узкоклассифицированном материале, как и при рентгенолюминесцентной сепарации, шкала классификации не более 2,5-3.

Результаты предварительных исследований получены для единичных зерен. Дальнейшие исследования процесса трибоэлектрической сепарации проводились в поточном режиме при обработке на экспериментальном образце трибоэлектрического сепаратора алмазосодержащей смеси материала.

Третья глава посвящена лабораторным исследованиям процесса трибоэлектрической сепарации на экспериментальном образце сепаратора. Конструкция изготовленного трибоэлектрического сепаратора (ТЭС) аналогична конструкции измерительной установки (см. рис. 1) дополненная исполнительным механизмом – отсекателем концентрата и приемниками концентратного и хвостового продуктов. Сигнал датчика электрического заряда на изготовленном образце трибоэлектрического сепаратора усиливается в три раза по сравнению с установкой, после чего он сравнивается с установленной величиной порога разделения. Обработываемый на ТЭС материал свободно падает в приемник хвостов при величине сигнала датчика ниже порога разделения, а при обнаружении алмаза происходит отсечка его в приемник концентрата. Эксперименты в поточном режиме проведены на подготовленных гравитационных алмазосодержащих концентратах тяжелосредной сепарации крупностью -5+2 и -2+1 мм. Исследовано влияние используемых в трибоэлектрическом сепараторе различных материалов поверхности вибrolотков на эффективность сепарации.

Показано, что процесс трибоэлектрической сепарации алмазосодержащего концентрата крупностью -5+2 мм одинаково эффективно протекает на всех испытанных типах поверхности вибrolотков (меди, алюминиевом сплаве, эбоните и текстолите) за исключением оргстекла (рис. 6, 7). При высоких значениях порога разделения на ТЭС 4,5-1,5В (сигнал датчика 1,5-0,5В) более высокое извлечение алмазов в концентрат получено при использовании эбонитовой и текстолитовой поверхностей вибrolотков 82,5-99,2 % против 55,0-97,5 % на других. Вышеуказанное, обусловлено более высоким трибоэлектрическим зарядом приобретаемым кристаллами алмазов при движении их по лоткам вибропитателя из эбонита и текстолита, чем по лоткам из алюминиевого сплава, меди и органического стекла.

Извлечение алмазов на вибrolотках из алюминиевого сплава, меди и оргстекла при пороге разделения 0,5-1,0В практически сравнивается с эбони-

товыми и текстолитовыми лотками – 99,2-100 % при выходе суммарного концентрата 1,18-1,54 %.

Процесс трибоэлектрической сепарации гравитационного концентрата крупностью -2+1 мм одинаково эффективно протекает на вибrolотках из алюминиевого сплава и эбонита. При настройке сепаратора на порог разделения в интервале 0,5-0,2В, получено высокое извлечение алмазов 98-100 % и низкое число отсеков в концентрат – 1,07-1,13 отсеки на один алмаз.

Испытания по определению влияния влажности материала пробы на эффективность трибоэлектрической сепарации проводились на эбонитовых лотках вибропитателя и лотках из алюминиевого сплава. Влажность материала, исходного питания сепаратора

изменяли от минимального значения, близкого к нулю до 0,5; 0,6 и 0,7 % путем смачивания водой с помощью пульверизатора.

Анализируя полученные результаты можно отметить, что процесс трибоэлектрической сепарации рудного материала рационально проводить при влажности материала не более 0,5-0,6 %, при которой на пороге разделения 0,5В извлечение алмазов в концентрат на эбонитовых лотках и лотках из алюминиевого сплава составило соответственно 98-100 % при небольших колебаниях значений его выхода 1,7-1,75 % (рис. 8). При большей влажности обрабатываемого материала 0,70 %, для полного извлечения алмазов в концентрат величина порога разделения была снижена до минимальных значе-

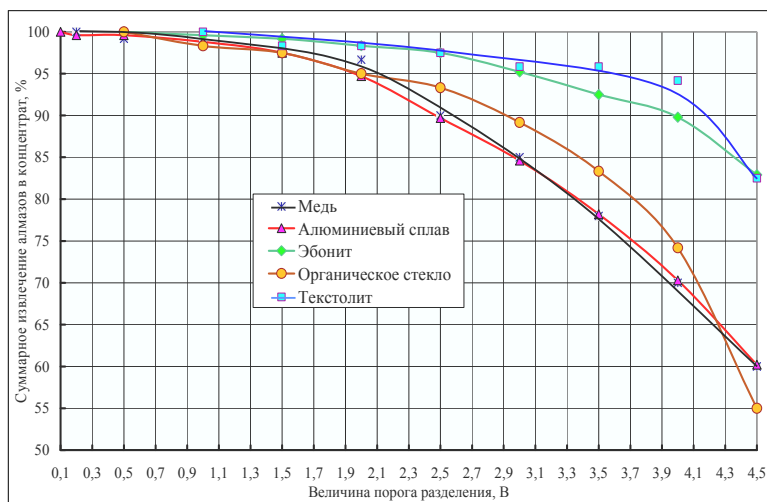


Рис. 6. Зависимость выхода концентрата трибоэлектрического сепаратора от величины порога разделения

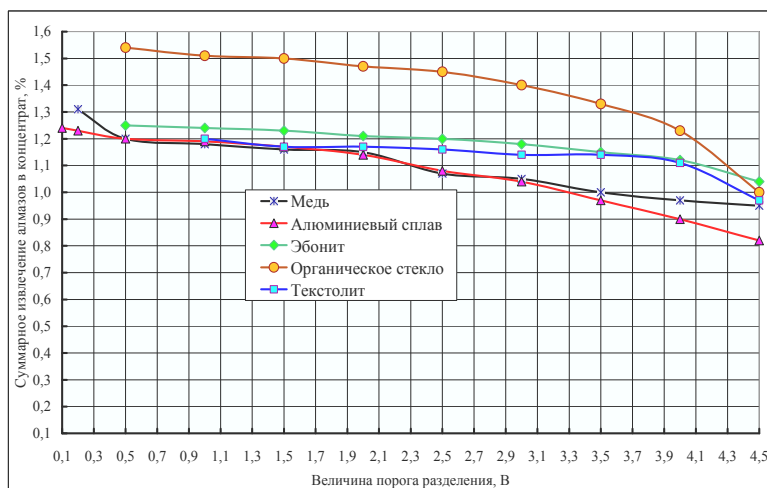


Рис. 7. Зависимость извлечения алмазов в суммарный концентрат трибоэлектрического сепаратора от величины порога разделения

ний 0,05-0,10В, что привело к резкому росту выхода материала в концентрат более чем в 1,5 раза. Очевидно, что при большей влажности материала потери алмазов с хвостами сепаратора будут расти, а снижение порога разделения будет способствовать росту выхода материала в концентрат и снижению эффективности процесса.

В результате исследований определено влияние концентрации алмазов в обрабатываемом материале на технологические показатели. С ростом массовой доли алмазов в питании сепаратора крупностью $-5+2$ мм с 0,4 до 4,0; 8,0 и 14,6 % извлечение их в концентрат за одну и две стадии сепарации, при по-

роге разделения на ТЭС 0,5В, снижается соответственно с 96,0 % до 82,0; 75,0 и 70,8 % и со 100 % до 94,2, при этом выход концентрата увеличивается соответственно с 2,1 % до 10,6; 17,6 и 24 % и с 2,5 % до 14,0; 23,5 и 31,7 %, а число отсечек исполнительного механизма отсекающего концентрата на основной операции увеличилось с 0,5 до 3; 5 и 7 отсечек в секунду соответственно, что и явилось причиной снижения извлечения.

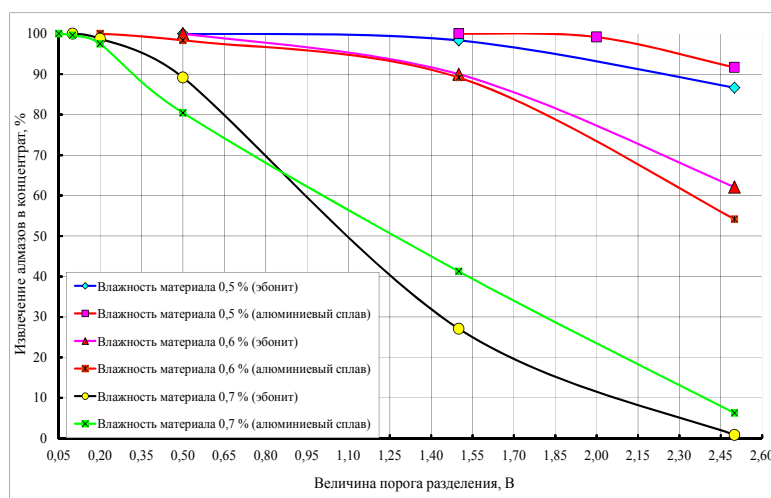


Рис. 8. Зависимость извлечения алмазов в суммарный концентрат трибоэлектрического сепаратора от величины порога разделения при разной влажности материала

ны порога разделения при разной влажности материала

Основной операции увеличилось с 0,5 до 3; 5 и 7 отсечек в секунду соответственно, что и явилось причиной снижения извлечения.

Проведены исследования по определению влияния производительности ТЭС на показатели сепарации. При производительности сепаратора 8,7 кг/ч достигнуто высокое извлечение алмазов в концентрат за одну стадию – 99,2 % при его выходе 1,2 %. Повышение производительности сепаратора до 40 и 60 кг/ч обуславливает снижение извлечения алмазов за одну стадию обогащения до 95 и 93 %, и рост выхода концентрата до 3,5 и 4,5 % соответственно. При производительности ТЭС 80 и 100 кг/ч извлечение алмазов падает до 90 и 88 %, а выход концентрата возрастает до 5,5 и 6,4 %. Проведение контрольной операции обеспечивает полное извлечение алмазов на всем диапазоне испытанных производительностей трибоэлектрического сепаратора. Снижение извлечения алмазов связано с конструктивной особенностью датчика измерения электрического заряда, который измеряет совокупный заряд зерен, находящихся в определенном объеме внутри датчика, и чем больше

зерен там находится (чем выше производительность), тем больше может искажаться сигнал от кристалла алмаза.

Применение перечистной операции на объединенном концентрате основной и контрольной операций, полученном при производительности 104 кг/ч, позволило при высоком извлечении алмазов в концентрат 93,5-95,4 %, получить небольшой его выход (0,5-0,6 % от исходного питания) с высоким содержанием алмазов – 65,0-82,4 % и сокращением в 159-201 раз.

Технологическими испытаниями лабораторного трибоэлектрического сепаратора, выявлены следующие оптимальные режимные параметры его работы на гравитационном алмазосодержащем концентрате, при которых обеспечивается высокое извлечение алмазов – за одну стадию 95,0-97,5 % и полное извлечение за две стадии сепарации:

- материал поверхности вибрлотков – алюминиевый сплав и эбонит;
- производительность – 25-35 и 15 кг/ч, для классов крупности -5+2 и -2+1 мм соответственно.
- порог разделения – 0,5-0,2В;
- влажность сепарируемого материала – не более 0,5-0,6 %;
- частота срабатываний исполнительного механизма отсекающего концентрата – не более 0,5-1,0 отсечки в секунду (при обогащении в одну стадию), не более 3,0-3,5 отсечки в секунду (при обогащении в две стадии с контрольной операцией);

В **четвертой главе** представлены результаты технологических испытаний трибоэлектрического сепаратора на участке доводки и сортировки обогащательной фабрики №16 Нюрбинского ГОКа АК «АЛРОСА». Результаты технологических испытаний ТЭС, в режиме его работы по двухстадиальной схеме сепарации (основная и контрольная), на продуктах комбинированной схемы доводки концентратов тяжелосредней сепарации крупностью -6+3 и -3+1 мм и пробах цеха технологического контроля зафиксировали следующие показатели:

■ при обработке хвостов контрольных РЛС

Извлечение алмазов по схеме «основная+контрольная» операции на материале класса -6+3 мм с порогом разделения соответственно 0,2В и 0,1В составило 98,1-98,9 % при выходе концентрата 1,0-1,6 %. При обработке материала класса -3+1 мм с порогом разделения соответственно 0,1В и 0,06В – извлечение алмазов в концентрат получено 98,8-100 % при его выходе 0,9-1,9 %.

■ при обработке хвостов перечистных РЛС-ОД-4-04Н по схеме «основная+контрольная» операции:

на классе -6+3 мм - извлечение алмазов, при пороге разделения на основной операции – 0,1В, на контрольной – 0,06В составило 91,9-100 %, а выход концентрата 1,2-2,1 %;

на классе -3+1 мм – извлечение алмазов при пороге разделения на основной операции – 0,06-0,1В, на контрольной – 0,04В составило 92,2-94,0 % при выходе концентрата 1,0-3,6 %.

■ при обработке проб цеха технологического контроля

извлечение алмазов получено 91,7-100 % при пороге разделения 0,1-0,06В и производительности 5-7 кг/ч.

■ при обработке концентратов жировых аппаратов по классам крупности -3+1,7 и -1,7+1,0 мм с дополнительным обезжириванием и производительностью ТЭС 3-4 кг/ч, в котором сконцентрирована основная масса слаболюминесцирующих алмазов, за две стадии при порогах разделения на основной и контрольной операциях 0,5В и 0,2В соответственно достигнуто высокое извлечение алмазов в концентрат – 97,6-98,9 % при его выходе 9,7-20,7 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках диссертационной работы решены следующие задачи:

1. Исследован характер формирования трибоэлектрического заряда у кристаллов алмазов. Определена минимальная, необходимая для обеспечения стабильного трибоэлектрического заряда алмазов, длина лотка. Она составляет для алюминиевого сплава 37-41 см, а для эбонита – 63-66 см, при этом величина заряда алмазов на эбонитовой подложке получена в 6 раз выше.

2. Установлена эффективность применения величины трибоэлектрического заряда в качестве разделительного признака, с целью извлечения алмазов, в том числе обладающих ослабленной рентгенолюминесценцией, из гравитационных концентратов. При этом, отмечено, что на величину трибоэлектрического заряда кристаллов алмазов оказывает влияние их крупность и морфология. Снижение крупности кристаллов алмазов по отношению к средней крупности сопутствующих минералов и пород, а так же преобладание среди алмазов обломков и сростков, будут способствовать снижению эффективности трибоэлектрической сепарации.

3. Выявлено, что процесс трибоэлектрической сепарации алмазосодержащего гравитационного концентрата крупностью -5+2 мм с содержанием алмазов 0,4 % одинаково эффективно протекает на всех испытанных типах

поверхности лотков вибропитателя (меди, алюминиевого сплава, эбоните и текстолите) за исключением оргстекла. Извлечение алмазов в концентрат трибоэлектрического сепаратора при пороге разделения 0,5-1,0В составило 99,2-100 % при его выходе 1,18-1,54 %.

4. Определено, что для получения высокой эффективности процесса трибоэлектрической сепарации влажность обрабатываемого рудного материала не должна превышать 0,5-0,6 %, при которой на пороге разделения 0,5В извлечение алмазов в концентрат на лотках из алюминиевого сплава и эбонита составило 98-100 %. При большей влажности обрабатываемого материала 0,70 %, и снижении величины порога разделения до 0,05-0,10В, значительно возрастает число отсеков на сопутствующие минералы и породы.

5. Технологическими испытаниями лабораторного трибоэлектрического сепаратора выявлены оптимальные режимные параметры его работы на подготовленном гравитационном алмазосодержащем концентрате крупностью -5+2 и -2+1 мм, при которых обеспечивается высокое извлечение алмазов.

6. Промышленными технологическими испытаниями трибоэлектрического сепаратора проведенными на участке доводки и сортировки обогатительной фабрики №16 Нюрбинского ГОКа АК «АЛРОСА» зафиксирована высокая эффективность работы трибоэлектрического сепаратора на промпродуктах текущей добычи цеха доводки обогатительной фабрики № 16 для извлечения слаболюминесцирующих и имеющих обычный уровень рентгенолюминесценции кристаллов алмазов. Извлечение алмазов в концентрат получено 91,9 % и более, а степень сокращения от 5 до 112 раз в зависимости от обрабатываемого продукта.

7. Обосновано включение в технологию комбинированной схемы доводки гравитационных алмазосодержащих концентратов дополнительно процесса трибоэлектрической сепарации на хвостах доводочных РЛС, что обеспечит прирост извлечения алмазов в схеме участка доводки за счет слаболюминесцирующих под действием рентгеновского излучения кристаллов. По предварительным расчетам, в этом случае может быть получен прирост товарной продукции фабрики до 0,3 %.

8. Показана возможность использования трибоэлектрической сепарации, для извлечения алмазов из концентратов жировых аппаратов, как самостоятельного процесса или в качестве контрольной операции на хвостах РЛС, что позволит исключить из действующей схемы участка доводки фабрики процессы магнетизирующего обжига и магнитной сепарации.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

Научные статьи в изданиях из перечня ВАК России:

1. Кононко Р.В. Перспективы применения процесса трибоэлектрической сепарации в схемах доводки гравитационных алмазосодержащих концентратов/ Р.В. Кононко, С.А. Богидаев, Ю.С. Мухачев// Вестник ИрГТУ. – Иркутск: ИрГТУ, 2011. – Вып. (5). – С.125 – 129.

2. Кононко Р.В. Результаты испытаний трибоэлектрического сепаратора при обработке алмазосодержащих промпродуктов в лабораторных и промышленных условиях/ Р.В. Кононко, С.А. Богидаев, Ю.С. Мухачев// Вестник ИрГТУ. – Иркутск: ИрГТУ, 2011. – Вып. (12). С.199 – 203.

Статьи в других изданиях, патенты:

3. Кулебякин Н.М. Электрометрический сепаратор для доводки алмазосодержащих концентратов/ Н.М. Кулебякин, Р.В. Кононко, Ю.С. Мухачев, Б.И. Китов, С.Ю. Борзенко, Е.В. Рябов// Обогащение руд: Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Современные методы переработки минерального сырья». – Иркутск: ИрГТУ, 2004. – С. 19-25.

4. Кононко Р.В., Мухачев Ю.С., Богидаев С.А. Перспективы применения процесса трибоэлектрической сепарации в схемах доводки гравитационных концентратов алмазоизвлекательных фабрик/ Р.В. Кононко, Ю.С. Мухачев, С.А. Богидаев// Материалы междунар. совещ. «Научные основы и современные процессы комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья» («Плаксинские чтения-2010» 13-18 сент. г. Казань):. – Казань: 2010. – С. 157-161.

5. Кононко Р.В., Рахмеев Р.Н., Чумак Е.Г., Мухачев Ю.С., Борзенко С.Ю., Рябов В.Е. Трибоэлектрический сепаратор алмазосодержащих материалов. Патент РФ на полезную модель № 97943// 27.09.2010. Бюл.№ 27.

6. Кононко Р.В. Перспективы применения процесса трибоэлектрической сепарации в схемах доводки гравитационных концентратов алмазоизвлекательных фабрик/ Р.В. Кононко, Ю.С. Мухачев, С.А. Богидаев // Золотодобыча. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2010. – №144. – С.5-8.

7. Кононко Р.В., Прокопенко А.В., Богидаев С.А. Новый аппарат для извлечения алмазов в схемах сухой доводки концентратов алмазоизвлекательных фабрик// Золотодобыча. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2011. – №157. – С.5-8.