

УДК 622.7

В.В. Рудаков, М.Н. Злобин, В.В. Новиков
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МОДУЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРИ ОБРАБОТКЕ
КИМБЕРЛИТОВ И РУД САМОРОДНЫХ,
ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

Представлена концепция внедрения на предприятиях, перерабатывающих алмазосодержащие кимберлиты, руды благородных, цветных и редких металлов, модульных установок с применением «сухих» методов обогащения сырья. Рассмотрены технологические схемы, основанные на совместном применении виброконцентраторов, рентгенолюминесцентной, рентгеноспектральной и фотометрической сепарации. Приведено описание запатентованных конструкций воздушных концентраторов различного типа. Проанализированы возможности реализации «сухих» методов рудоподготовки.

Ключевые слова: алмазосодержащие кимберлиты, руды благородных, цветных и редких металлов, технология переработки, «сухие» методы обогащения, комплексное использование сырья.

В последнее годы на алмазо-извлекаемых фабриках, как в нашей стране, так и за рубежом, все шире и шире находят применение модульные обогатительные установки, среди которых лидирующее положение занимают тяжелосредние установки. Как показывают работы [1-2] такая тенденция прослеживается и далее, и в частности, в новых запатентованных разработках.

В развитие способов извлечения из руд алмазов (патенты РФ № 2213622 и № 2223825) виброконцентрация в сочетании с рентгенолюминесцентной сепарацией могут позволить селективно и довольно дешево осуществить обогащение кимберлитовой руды в ее «сухом» виде (патенты РФ № 2320420 и № 2388545). С применением этих процессов, можно наиболее рационально создавать компактные модульные обогатительные установки с их размещением в подземных горных выработках, что в суровых северных условиях весьма целесообразно.

Рудоподготовку для этих процессов безводного обогащения также рационально осуществлять с применением «сухих» и эффективных методов раскрытия полезного компонента, таких, как шнеково-зубчатое и центробежно-ударное дробление. Последнее возможно и эффективно, когда из обогащаемой руды наиболее полно извлечены раскрытые алмазы и необходимо лишь дораскрыть более мелкие кристаллы.

Осуществление обогащения кимберлитовой руды с последовательным использованием процессов, основанных на различных физических методах обогащения, в частности, на рентгенолюминесцентном и гравитационном, к которому следует отнести виброконцентрацию, позволяет повысить надежность извлечения алмазов, так как в этом случае компенсируются технологические «потери метода».

«Сухой» способ извлечения из руд алмазов по патенту РФ № 2388545 с применением модульных установок

может реализовываться в подземных горных выработках и (или) на стационарных фабриках. В соответствии с этим патентом кимберлитовую руду дробят в шековых или в шнеково-зубчатых дробилках до крупности -50 мм и направляют на фракционирование по крупности с одновременной его первичной виброконцентрацией, осуществляемые в устройстве по патенту РФ № 2331480. В результате такой операции получают крупнозернистый (-50+8 мм) и мелкозернистый (-8+0 мм) концентраты и хвостовой продукт крупностью -50 мм. Для высвобождения и извлечения скрытых алмазов из хвостового продукта его додрабливают в замкнутом цикле с первичной виброконцентрацией.

С целью обеспечения сохранности кристаллов алмазов додрабливание хвостового продукта первичной виброконцентрации возможно и рационально осуществлять в режиме объемного сжатия в типовой шековой дробилке по патенту РФ № 2160162 или в центробежно-ударной дробилке в режиме самоизмельчения.

Мелкозернистый (-8+0 мм) концентрат первичной виброконцентрации подвергают перечистой виброконцентрации. Концентрат этой операции направляют на рентгенолюминесцентную сепарацию для извлечения алмазов. Алмазы из крупнозернистого (-50+8 мм) концентрата первичной виброконцентрации также извлекают рентгенолюминесцентной сепарацией. Рентгенолюминесцентную сепарацию осуществляют после фракционирования обогащаемых материалов по классам крупности.

Для извлечения алмазов из материала крупностью менее 2 мм возможно применение воздушной сепарации или виброконцентрации.

Хвосты рентгенолюминесцентной сепарации направляют на додрабли-

вание совместно с хвостами первичной виброконцентрации. Хвосты перечистой виброконцентрации рассеивают на классы крупности по зерну 2, 3 или 4 мм в зависимости от наличия в них скрытых алмазов. Подрешетный продукт отсева направляют в отвал, а надрешетный продукт подвергают додрабливанию в центробежно-ударных дробилках в режиме самоизмельчения с возвратом дробленого продукта на первичную операцию виброконцентрации.

Данный «сухой» способ извлечения из руд алмазов применим также и при обогащении россыпного алмазосодержащего сырья, включая и обработку материала в мерзлом состоянии. Применение такого способа переработки россыпного сырья в теплое время года целесообразно при замене дробильного оборудования на «сухое» дезинтегрирующее, например, по патенту РФ № 2213622.

Вариант технологии «сухого» обогащения в модульном исполнении может быть предпочтительным еще и потому, что решает многие экологические проблемы, включая проблему «сухого» складирования хвостов в более крупном зерне, и будет намного экономичнее традиционных «мокрых» технологий. Такой вариант технологии наиболее рационален при размещении модульных установок в подземных горных выработках при подземной добыче руды.

В работах [1, 3] показано, что технология «сухого» обогащения руд самородных, цветных и редких металлов основывается на последовательном удалении из безводного рудного потока кусков породного материала, не содержащих полезного компонента, а также кусков рудного материала с отвальным содержанием полезного компонента. Принцип последовательного удаления в отвал кусков ненуж-

ного для дальнейшего глубокого обогащения материала заложен в технологии «сухого» обогащения как при предконцентрации руды методом покусковой рентгеноспектральной сепарации и мелкопорционной рентгеноспектральной сортировки, так и при глубоком обогащении с использованием этих же безводных методов обогащения в сочетании с другими «сухими» методами. К ним, в первую очередь, следует отнести виброконцентрацию, пневмовиброконцентрацию, электрическую и пневматическую сепарацию. Рудоподготовку для этой безводной технологии предусматривается осуществлять, также как и для кимберлитовой руды, с использованием дробильно-размольного оборудования для «сухого» дробления и измельчения, в частности, дробилок типа ММД, центробежно-ударных дробилок и мельниц типа «Титан» и «ДЦ». Раскрытие рудных минералов предполагается интенсифицировать посредством одновременного наложения на механические разрушающие усилия других предразрушающих и разрушающих воздействий. Например, с использованием скоростной, высококонтрастной и высокотемпературной тепловой обработки разрушаемого материала потоком раскаленных газов или высокотемпературным перегретым паром в устройстве для переработки материала по патенту РФ № 2309798. Устройство состоит (рис. 1) из дробильно-измельчительного агрегата 1 (показан схематически) для механических разрушающих воздействий на обрабатываемый материал, загрузочное 2 и разгрузочное 3 приспособления. Загрузочное приспособление 2 в нижней своей части снабжено камерой 4 для скоростной, высококонтрастной и высокотемпературной тепловой обработки загружаемого материала по-

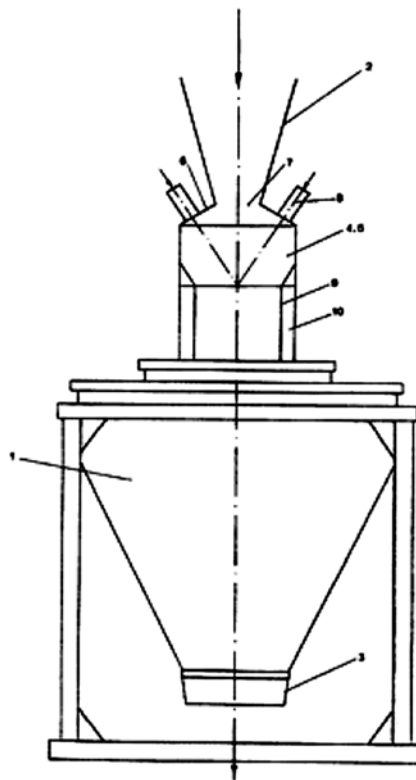


Рис. 1. Устройство для переработки материала с использованием операций его разупрочнения и предразрушения (Патент РФ № 2309798)

током раскаленных газов или перегретого пара. Для этого камера 4 выполнена в виде короткой гильзы 5 с закрепленной по ее верхнему торцу конусообразной обечайкой 6 с центральным загрузочным отверстием 7, а по периметру конусообразной обечайки 6 равномерно, по меньшей мере, в один ряд установлены газовые горелки 8.

При необходимости, вместо горелок 8 могут быть установлены паровые сопла 8 для перегретого пара. Оси газовых горелок (паровых сопел) 8 направлены в радиальных плоскостях на ось гильзы 5 камеры 4.

При необходимости, газовые горелки (паровые сопла) 8 могут быть установлены на конусообразной обечайке 6 в два и более ряда в шахматном порядке, что целесообразно при интенсификации теплового воздействия на обрабатываемый материал. При этом из-за кратковременности интенсивного теплового воздействия на поток материала не происходит прогрева частиц в глубину, а, следовательно, удельные энергетические затраты на такую операцию незначительны.

Виброконцентрацию в технологии «сухого» обогащения предлагается реализовывать с применением запатентованных аппаратов. На рис.2,3 представлен один из таких аппаратов, на котором были проведены испытания процесса виброконцентрации руды и зернистых материалов. Испытания виброконцентратора проведены с применением грохота ULS 1,5 x 0,6. Концентрационный элемент был выполнен в форме желоба, с днищем в виде пластины с боковыми ребрами. На пластине были плотно закреплены поперечные ребра. В средней части желоба между поперечными ребрами была выполнена продольная канавка, сопряженная на нижнем уровне с межреберными впадинами посредством боковых щелей. Поперечные ребра имели уклон в направлении продольной канавки и наклон вгрузочную сторону. У выходного конца продольной канавки был закреплен концентратоприемник. Для оперативного контроля за извлечением сульфидных фракций и минеральных сростков были подготовлены имитаторы в виде порошка магнетита крупностью $-0,315+0,2$ мм и $-0,63+0$ мм, которые можно было оперативно извлекать из продуктов разделения посредством магнита.

Перед проведением очередного опыта имитаторы вводились непосредственно в пробу, и проба с введенными имитаторами перемешивалась методом кольца и конуса. Испытания виброконцентратора проведены при различных углах наклона коробки грохота ULS 1,5 x 0,6. Результаты испытаний показали, что при высоком извлечении магнетита крупностью $-0,315+0,2$ мм и практически полном извлечении магнетита крупностью $-0,63+0$ мм, как имитатора сульфидов, можно с высокой степенью уверенности утверждать о на-

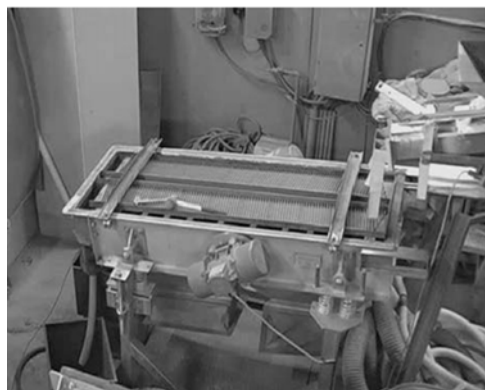


Рис. 2. Общий вид виброконцентратора на базе грохота ULS 1,5x0,6



Рис. 3. Виброконцентратор в работе

дежном и полном извлечении раскрытых сульфидов и тяжелых фракций из руд самородных, цветных и редких металлов с применением виброконцентратора на базе грохота KROOSH типа ULS 1,5 x 0,6 и концентрационного элемента испытанной и подобной ей конструкции.

Грохот данного типа был выбран для виброконцентратора не случайно, а исходя из его преимуществ по сравнению с традиционными вибрационными грохотами. По данным ООО «Вибротехцентр» (г. Москва), наличие больших ускорений, создаваемых на сеющей поверхности и в толще материала (около 1000g), многочастотный характер вибрации (на сеющей поверхности одновременно присутствуют сплошной широкий спектр частот), сильные вибрационные импульсы, исходящие от многочастотной возбуждающей системы Kroosher, позволяют достичь показателей, принципиально отличающихся от таковых у всех традиционных грохотов. В частности, удельная производительность в десятки раз превышает производительность у традиционных машин; высокая эффективность разделения фракций сухих материалов; высокая эффективность разделения фаз; отсутствие забивания сеток при сколь угодно долгом сроке непрерывной работы; возможность улавливания/отделения тонких фракций твердой фазы.

Вибрационная технология Kroosher успешно применяется и для эффективного разуплотнения сильно слежавшихся материалов, при этом происходит разрушение всех агломератов внутри слежавшихся упакованных материалов. Для виброконцентрации все это является весьма ценным качеством грохотов данного типа.

Следует отметить, что впервые процесс виброконцентрации в автор-

ском исполнении прошел промышленную апробацию при обогащении алмазосодержащих руд. Промышленные испытания были проведены на самой крупной алмазоизвлекающей фабрике № 12 АК «АЛРОСА» с использованием грохота фирмы «SVEDALA» с размером сеющей поверхности 2000x6000 мм и размером ячейки сита 5x5 мм, который был оснащен концентрационным элементом, изготовленным из тонкого листового металла в местных условиях. Обычный грохот, предназначенный для отсева материала (и продолжающий выполнять свою прямую функцию), был переоборудован в обогатительный аппарат, который не требовал каких-либо дополнительных энергетических и эксплуатационных затрат. После переоборудования он стал грохотом-концентратором, надришетный продукт которого стал выдаваться в виде двух продуктов: концентратного и хвостового (Патент РФ № 2234982 «Грохот-концентратор»). Извлечение алмазов контролировалось посредством введения в питание грохота-концентратора радиоактивных алмазов-индикаторов крупностью -8+6,7 мм. Всего было проведено три промышленных опробования, в каждом из которых в питание грохота-концентратора вводилось по 20 таких алмазов-индикаторов. Испытания дали положительные результаты, которые были зафиксированы актом промышленных испытаний

Работа по испытанию процесса виброконцентрации на опытном образце виброконцентратора на базе грохота KROOSH типа ULS 1,5 x 0,6 была, затем продолжена в ООО «ЭГОНТ» и выполнялась в два этапа.

Первый этап включал все подготовительные работы, разработку и монтаж испытательного стенда, наладку его основного и вспомогательного оборудования, настройку работы виб-



Рис. 4. Общий вид виброконцентратора, установленного на грохоте ULS 1,5 x 0,6



Рис. 5. Упругоэластичное крепление концентрационного элемента в его центральной части

роконцентратора на базе грохота вибрационного ULS 1,5 x 0,6.

Испытательный стенд был размещен в 40-футовом (12 м) морском контейнере, специально оборудованном для этой цели. В контейнере были прорублены проемы и встроены входная дверь и окно, произведен настил пола, подведено электропитание и электроосвещение, сделана разводка внутренней электросети. После этого был осуществлен монтаж вибрационного грохота и его наладка. Произведена установка концентрационного элемента (КЭ). Экспе-

риментально было установлено, что для равномерной подачи продуктов по всей длине КЭ необходимо производить его крепление на грохоте упругоэластичными пластинами. Для подачи питания был изготовлен и установлен острорезонансный вибрационный питатель с бункером и питающим лотком, концентратоприемник и приемник для хвостов. Для пылеподавления была смонтирована система пылеотсоса и пылеотделения.

На рис. 4. и 5. представлены фотографии испытательного стенда с виброконцентратором и упругоэластичными креплениями КЭ из титана на вибрационном грохоте.

Настройка стенда была проведена при работающем виброконцентраторе с использованием искусственных смесей из инертного безрудного материала крупностью - 10+0 мм. После настройки были проведены технологические испытания процесса виброконцентрации на таких же искусственных смесях, как и при настройке. В качестве искусственных смесей использовали щебень и песок в определенных пропорциях по гранулометрическому составу близкому к составу обогащаемой руды Наталкинского месторождения.

При проведении испытаний процесса виброконцентрации с использованием искусственных смесей в смесь вводили сульфидные минералы. В качестве имитатора использовался сульфидный золотосодержащий концентрат крупностью - 2+0 мм. Технологические испытания проведены с использованием КЭ из титана с высотой рабочих ребер 5 мм (КЭ-5) и 10 мм (КЭ-10). Подготовка искусственной смеси для испытаний производилась смешиванием щебня крупностью -10+2 мм в количестве 30–40 кг и песка крупностью -2+0 мм в количестве 2–3 кг.



Рис. 6. Компоненты искусственной смеси

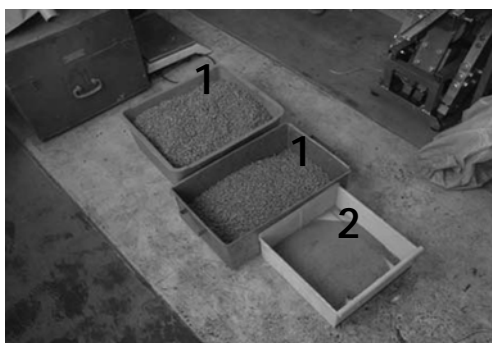


Рис. 7. Продукты, полученные при виброконцентрации искусственной смеси:
1 – хвостовой продукт; 2 – концентрат)

В смесь вводился имитатор – сульфидный золотосодержащий концентрат крупностью - $2+0$ мм в количестве 250 г (рис. 6). Компоненты тщательно перемешивались. Полученную смесь загружали в бункер питателя и проводили сепарацию в соответствии с разработанной методикой.

Продукты, полученные при сепарации, (рис. 7) взвешивались и подготавливались для проведения химического анализа. После каждого опыта на поверхности КЭ оставался материал, который выгружался при зачистке КЭ и также подготавливался к химическому анализу. Каждый КЭ

был испытан на искусственных смесях и на руде Наталкинского месторождения. Объем каждой пробы составлял около 50 кг, что позволяло полностью заполнить КЭ и получить стабильный режим его работы.

В результате проведенных испытаний было установлено, что процесс виброконцентрации на аппаратах на базе грохота вибрационного ULS 1,5 x 0,6 с концентрационными элементами КЭ-5 и КЭ-10 может быть использован при обогащении «сухих» продуктов крупностью менее 10 мм.

Было установлено, что увеличение слоя обогащаемого материала на концентрационном элементе положительно сказывается на результатах виброконцентрации. Достичь увеличения слоя материала предложено путем увеличения высоты рабочих ребер и бортов концентрационного элемента, либо посредством наложения на концентрационный элемент облегченного трафарета из крупноячеистой решетки с закреплением его на концентрационном элементе.

В соответствии с выданными рекомендациями разработаны рабочие чертежи и изготовлены усовершенствованные концентрационные элементы в ОАО «Экспериментально-механический завод» (г. Химки). Там же разработаны чертежи и изготовлен концентрационный элемент специальной конструкции для виброконцентратора на базе многочастотного вибрационного грохота KROOSH типа ULS 1,5 x 0,6, на котором предполагается реализовать режим «кипящего» слоя.

С использованием разработанных конструкций концентрационных элементов и многочастотного вибрационного грохота KROOSH типа ULS можно, на наш взгляд, значительно улучшить технологию «сухой» предконцентрации золотосодержащих и других типов руд, а также, что осо-

бенно важно, технологию глубокого «сухого» обогащения этих руд. Это связано, прежде всего, с тем, что виброконцентратор данной конструкции может эффективно выводить из процесса предконцентрации и глубокого обогащения раскрытые зерна сульфидов и золота в отдельный продукт и тем создавать благоприятные условия для других, используемых для этого, методов обогащения, будь то рентгеноспектральная сепарация и сортировка или фотометрическая сепарация.

Виброконцентрация в предлагаемой технологии «сухого» обогащения реализуется с применением ряда аппаратов по многим патентам авторов. Большое их разнообразие связано с тем, что для каждого вида сырья следует выбрать оптимальный вариант виброконцентрации для основных, очистных и перечистных операций и в этом кроются определенные авторские «ноу-хау» для конкретной технологии.

Для интенсификации разделения материала при виброконцентрации необходимо обеспечить равномерное его псевдооживление (разрыхление) при минимизированной флуктуации перемешивания частиц. Этого можно достигнуть, если пластину концентрационного элемента виброконцентратора выполнить в виде уплотненного воздухоборника, снабженного штуцером для подвода сжатого воздуха, а ее рабочую поверхность выполнить из пористого материала (например, из пористой стали, титана и др.). Аэродинамическое сопротивление пористого материала должно быть при этом, по меньшей мере, в два раза больше, чем аэродинамическое сопротивление слоя обогащаемого материала на этой рабочей поверхности (значение расчетное). В этом случае толщина слоя обогащаемого материала не будет отрицатель-

но сказываться на его псевдооживлении, так как общее аэродинамическое сопротивление пористой поверхности и слоя обогащаемого материала останется при этом практически постоянным, несмотря на возможное некоторое изменение сопротивления слоя обогащаемого материала. Это даст возможность обеспечить достаточно равномерное псевдооживление (разрыхление) слоя обогащаемого материала при минимизированной флуктуации перемешивания частиц. Высоту слоя обогащаемого материала рационально при этом управляемо изменять.

В модульных установках для «сухого» обогащения было бы рационально, на наш взгляд, использовать центробежные воздушные виброконцентраторы.

Обеспечить необходимые условия центробежного вибрационного обогащения в воздушном потоке, при непрерывном выводе из аппарата продуктов разделения, возможно в предлагаемом центробежном воздушном виброконцентраторе (патент РФ № 2360745). Аппарат состоит (рис. 8.) из конической чаши 1, установленной с возможностью вращения на вертикальном валу 2, концентрационного элемента 3, выполненного в виде ребристого покрытия 4, дозатора 5, загрузочного 6 и разгрузочного 7 приспособлений, концентратоприемника 8, вибровозбудителя 9, вентилятора 10.

Коническая чаша 1 с концентрационным элементом 3 имеют возможность изменения частоты и амплитуды вибрации за счет того, что вибровозбудитель 9 выполнен в виде поворотного эксцентрикового сочленения вертикального вала 2 конической чаши 1 с приводным валом 11 подшипникового узла 12, с возможностью их фиксации в нужном положении.

Концентрационный элемент 3 с ребристым покрытием 4 выполнен в

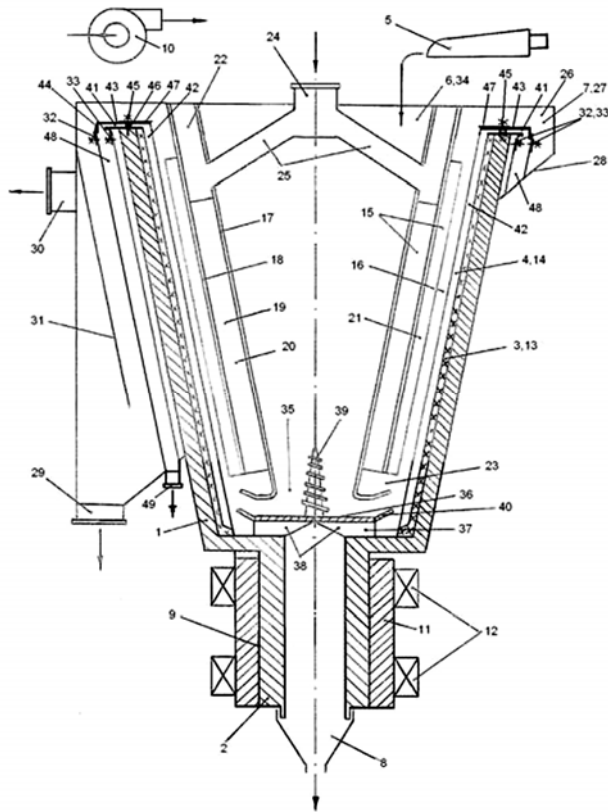


Рис. 8. Центробежный воздушный виброконцентратор

виде съемного усеченного конуса 13 с ребрами 14 на его внутренней поверхности, выполненными заодно с конусом 13. Ребра 14 имеют уклон вниз и наклон в загрузочную сторону, что призвано улучшить условия для выделения в чаше тяжелой фракции и последующей непрерывной ее выгрузки. В зависимости от характеристики обрабатываемого материала и его крупности возможно изменение количества ребер 14, их высоты и углов наклона, путем замены одного концентрационного элемента на другой с иными конструктивными пара-

метрами. Концентрационный элемент 3 и его ребристое покрытие 4 выполнены износостойкими. Центробежный воздушный виброконцентратор снабжен воздушной системой 15, размещенной соосно внутри конической чаши 1 с конусообразным зазором 16 по отношению к ее внутренней поверхности. Воздушная система 15 выполнена в виде двух коаксиально расположенных друг в друге усеченных конусов 17 и 18 с зазором 19 между собой и с вертикальными ребрами 20 и 21 на их внешней поверхности. Образованная усеченными конусами 17 и 18 внутренняя полость 22, сообщена со стороны малых нижних их оснований посредством кольцеобразного прохода 3 с внутренней полостью конусообразного зазора 16.

В верхней своей части воздушная система 15 снабжена входным патрубком 24, сообщенным посредством воздухопроводов 25 с внутренней ее полостью 22. Через конусообразный зазор 16 внутренняя полость 22 воздушной системы 15 сообщена с внутренней полостью 26 разгрузочного приспособления 7.

Разгрузочное приспособление 7, выполнено в виде кольцеобразного желоба 27 с наклонным днищем 28. В нижней части кольцеобразного желоба 27 имеется патрубок 29 для вывода легкой фракции, а в верхней части патрубок 30 для отвода воздуха, экранированный на входе пластиной 31.

На контакте подвижных частей конической чаши 1 и ее элементов с неподвижными кромками разгрузочного приспособления 7 имеются закрепленные за кромки, уплотняющие эластичные манжеты 32.

Загрузочное приспособление 6 выполнено в виде воронки 34, соосно размещенной внутри воздушной системы 15, и имеет в нижней части осевой выход 35 на диск 36, закрепленный с зазором 37 за днище конической чаши 1 посредством спиралевидных ребер 38. По оси к диску 36 прикреплен стержень 39 в виде винта с острием, направленным внутрь воронки 34. По периметру диска 36 закреплена конусообразная обечайка 40.

Вал 2 конической чаши 1 выполнен полым. Его осевое отверстие через зазор 37 под диском 36 сообщено с внутренней полостью чаши 1.

Для обеспечения непрерывного вывода тяжелой фракции из работающего аппарата, виброконцентратор имеет расположенный в верхней части конической чаши 1 кольцеобразный регулируемый проход 41, соединяющий межреберные впадины 42 ребристого покрытия 4 с внутренней полостью разгрузочного приспособления 7. Сверху кольцеобразный регулируемый проход 41 экранирован закрепленным за торец конической чаши 1 кольцеобразным диском 43 с изменяемым внутренним диаметром. По внешнему краю кольцеобразного диска 43 закреплена обращенная вниз обечайка 44, призванная изменить траекторию движения частиц тяжелой фракции. Кольцеобразный диск 43 закреплен подвижно посредством резьбовых соединений 45 через упругоэластичные

втулки или пружины 46, что призвано обеспечить плавную регулировку кольцеобразного прохода 41 для изменения выхода продукта с тяжелой фракцией. Диск 43 выполнен с утоньшением по направлению к внешнему его краю, с тем, чтобы исключить забивание кольцеобразного прохода 41 частицами материала. Внутренний диаметр кольцеобразного диска 43 может изменяться, например, посредством сменных колец 47, что призвано обеспечить регулирование толщины слоя обогащаемого материала на ребристом покрытии 4 при работе виброконцентратора.

Внутри разгрузочного приспособления 7, непосредственно под обечайкой 44 кольцеобразного диска 43, помещен конусообразный приемник 48 для продукта с тяжелой фракцией. Приемник 48 сообщен с внутренней полостью кольцеобразного прохода 41 и снабжен в нижней части патрубком 49 для вывода продукта.

Разделение зернистых материалов в воздушном потоке в технологии «сухого» обогащения предлагается реализовывать с применением запатентованных аппаратов, которые также возможно и рационально использовать как в мобильных модульных обогатительных установках, так и на стационарных фабриках.

На рис. 9 показан общий вид од-

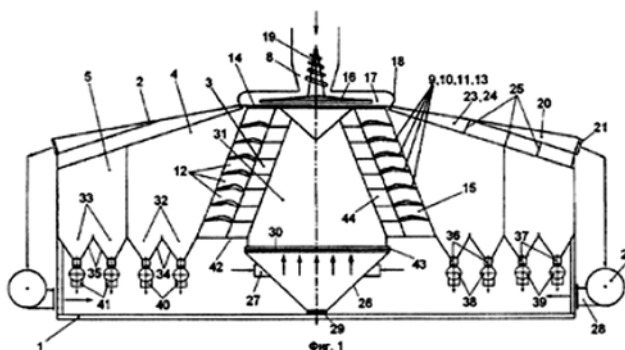


Рис. 9. Камерный воздушный сепаратор

ного из таких аппаратов – камерного воздушного сепаратора по патенту РФ № 2307714. Сепаратор состоит из закрепленного на несущей раме 1 корпуса 2 цилиндрической формы, в котором последовательно от центра к периферии размещены подготовительная камера 3 и камеры 4 и 5 для сепарации крупных и тонких частиц материала, соответственно. Камеры 4 и 5 выполнены в виде соприкасающихся между собой секторов 6 цилиндров с радиально расположенными вертикальными стенками 7.

Подготовительная камера 3 снабжена дозатором 8 для равномерного дозирования сепарируемого материала и каскадом 9 обтекаемых плоскостей 10 для снижения средней скорости падения частиц материала и увеличения времени взаимодействия потоков воздуха и сепарируемого материала.

Обтекаемые плоскости 10 выполнены в виде уплощенных конических колец 11 с монотонно увеличивающимися диаметрами и размещены друг над другом с вертикальными зазорами 12 таким образом, что каскад 9 обтекаемых плоскостей 10 обретает форму усеченного конуса 13, размещенного по оси подготовительной камеры 3. Уплощенные конические кольца 11 и верхнее основание 14 усеченного конуса 13 закреплены посредством радиально расположенных ребер 15. Ребра 15 закреплены на несущей раме 1.

Уплощенные конические кольца 11 и зазоры 12 принимаются из расчета, чтобы угол наклона образующей усеченного конуса 13 превышал угол естественного откоса сепарируемого материала, что необходимо для равномерного перемещения сепарируемого материала вдоль образующей усеченного конуса 13 по внешним краям обтекаемых плоскостей 10.

Уплощенные конические кольца 11 в радиальном сечении имеют угол наклона образующей, соответствующий углу атаки к потоку воздуха, необходимому для сепарируемого материала. Для увеличения скорости ламинарного обтекания потоком воздуха верхних поверхностей плоскостей 10, уплощенные конические кольца 11 в радиальном сечении выполнены выпукло-вогнутыми.

Дозатор 8 снабжен соосно закрепленным на верхнем основании 14 усеченного конуса 13 центробежным разбрасывателем 16. Вокруг него с кольцевым зазором 17 закреплен за радиальные ребра 15 гаситель скорости частиц материала, выполненный в виде обечайки 18, вогнутой в радиальном сечении для лучшего гашения скорости частиц и изменения траектории их движения вдоль образующей усеченного конуса 13. Центробежный разбрасыватель 16 снабжен закрепленным по его оси стержнем в виде винта 19 с острием, направленным внутрь дозатора 8, призванным принудительно, без забивания отверстия дозатора 8 подавать материал на центробежный разбрасыватель 16.

Над камерами 4 и 5 для сепарации крупных и тонких частиц материала расположена камера 20 для отсоса воздуха, к которой через патрубки 21 посредством воздухопроводов (на чертежах не показаны) подключены равномерно размещенные по периметру сепаратора вытяжные вентиляторы 22, между камерой 20 для отсоса воздуха и камерами 4 и 5 для сепарации крупных и тонких частиц размещена конусообразная успокоительная решетка 23, выполненная из радиально расположенных ребер 24, скрепленных между собой кольцеобразными обечайками 25.

К нижней части подготовительной камеры 3 подсоединен циклон 26, тангенциальные входные патрубки 27

которого сопряжены посредством воздуховодов (на чертежах не показаны) с выходными патрубками 28 вытяжных вентиляторов 22. Циклон 26 в нижней части имеет соосно расположенное разгрузочное приспособление 29 для выгрузки пылевидных частиц.

Над выходным отверстием 30 циклона 26 внутри подготовительной камеры 3 по ее оси размещено конусообразное успокоительное устройство 31.

В днищах камер 4 и 5 для сепарации крупных и тонких частиц материала размещены кольцеобразные разгрузочные приспособления 32 и 33 с пирамидальными карманами 34 и 35. К нижней части пирамидальных карманов 34 и 35 плотно присоединены патрубки 36 и 37. Патрубки 36 и 37 соединены с внутренней полостью кольцеобразных трубчатых конвейеров 38 и 39, имеющих на выходе разгрузочные течи 40 и 41 для выгрузки крупных и тонких частиц материала, соответственно. К нижнему основанию 42 усеченного конуса 13 подсоединен патрубок 43, к которому подсоединен циклон 26.

Успокоительное устройство 31 имеет сетчатую поверхность, на которой закреплены расположенные в радиальных плоскостях ребра 44, предназначенные для формирования воздушного потока строго в радиальном направлении от центральной части сепаратора к его периферии. В настоящее время разработаны рабочие чертежи и завершается изготовление опытного образца камерного воздушного сепаратора данной конструкции.

Указанные в статье ссылки на патенты авторов, а также все другие их патенты, можно взять в Интернете в открытых реестрах Роспатента. В этих патентах имеется необходимая информация по каждому способу и по каждому устройству с иллюстрациями и описаниями.

Следует отметить, что до рассмотрения варианта возможности использования «сухого» бесцианидного метода обогащения золотосодержащих руд, авторами первоначально был рассмотрен вариант бесцианидного извлечения золота с использованием некоторых новых технических решений, реализованных на отечественных алмазоизвлекающих фабриках. Этот вариант был изложен в докладе «Перспективы использования некоторых новых технических решений для технологии бесцианидного извлечения золота из руд», сделанном на юбилейной научно-практической конференции в г. Мирном в апреле 2005 года [4]. Он базировался преимущественно на промышленно освоенных «мокрых» процессах обогащения, т.е. на процессах, реализуемых в водной среде. Авторами в докладе были сделаны следующие выводы.

Использование новых перспективных технических решений в области обогащения полезных ископаемых, особенно тех из них, которые прошли достоверную промышленную апробацию или внедрены в промышленное производство при обогащении других видов горнорудного сырья, может служить основой для создания технологии бесцианидного извлечения золота из руд. В частности, это касается процесса виброконцентрации, центробежной концентрации, различных видов покусковой сортировки, пленочной сепарации, новых типов гидравлических классификаторов, флотогравитационных осветлителей, дробильно-измельчительного оборудования и др. Для этого требуется проведение необходимых исследований, экспериментальной проверки и доработки используемых в технологии обогащения золоторудного сырья процессов и оборудования.

В заключение следует отметить, что идея размещения обогатительного передела под землей в сочетании с обратной закладкой пустующих горных выработок твердеющими хвостами не нова и уже широко реализуется в мировой практике. В работе [5] дан краткий обзор мирового опыта сооружения подземных обогатительных фабрик (ПОФ). Изложены условия их сооружения и требования к техническим решениям и оборудованию. Предложены технические и компоновочные решения (ПОФ) на примере Холоднинского свинцово-цинкового месторождения, расположенного в при-

доохранной зоне озера Байкал. В работе отмечается, что в таком размещении всего горно-обогатительного цикла не только минимизируются затраты на транспорт руды и складирование хвостов, но и радикально решаются проблемы охраны окружающей среды. Немаловажным преимуществом подземного размещения является постоянство температурного режима, обеспечивающего оптимальные условия хранения руды и минимальные затраты на поддержание комфортной температуры для персонала фабрики. Это особенно важно в экстремальных климатических условиях, при низких температурах и снежных заносах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудаков В.В., Злобин М.Н., Новиков В.В. Предложения и рекомендации для практической реализации технологии «сухого» обогащения руд самородных, цветных и редких металлов и алмазов. Материалы Международной научно-практической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья», 13-17 апреля 2010 г., г. Екатеринбург, Издательство «Форт Диалог-Исеть», 2010, С. 149-158.
2. Злобин М.Н., Митюхин С.И., Миронов В.П. Перспективы использования модульных установок при обработке низкопродуктивных и отдаленных месторождений алмазов. Материалы Конгресса обогатителей стран СНГ, М.: Альтекс, 2003.
3. Рудаков В.В., Злобин М.Н., Компанейцев Е.А., Новиков В.В. Предпосылки и некоторые разработки по созданию технологии бесцианидного извлечения золота на примере Наталкинского месторождения. Обогащение и переработка минерального и техногенного сырья: материалы научно-практической конференции, 14-16 октября 2009 г., г. Екатеринбург, Изд-во УГТУ, 2009, С. 110-119.
4. Рудаков В.В., Зельберг С.И., Злобин М.Н. Перспективы использования некоторых новых технических решений для технологии бесцианидного извлечения золота из руд, ЗАО «Полюс», 2005. Доклад на юбилейной конференции в честь 50-летия АК «АЛРОСА» (18-20 апреля 2005 г., г. Мирный).
5. Баранов В.Ф., Захваткин В.В. Мировой опыт проектирования подземных обогатительных фабрик и технические предложения по их сооружению на примере Холоднинского свинцово-цинкового месторождения, «Обогащение руд», 2009. № 5, С. 40-45. **VIAS**

Коротко об авторах

Рудаков В.В. – профессор, доктор технических наук, действительный член РАЕН, академии горных наук, инженерной академии, Торгово-промышленная палата Российской Федерации, Председатель Комитета по поддержке предпринимательства в сфере добычи, производства, переработки и торговли драгоценными металлами и драгоценными камнями и изделиями из них E-mail: ProkhorovSN@polyusgold.com
Злобин М.Н. – доктор технических наук, эксперт ВК «АСА/ИМАЗ»,
E-mail: mnzlobin@mtu-net.ru
Новиков В.В. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, генеральный директор, Экологические горные обогатительные технологии (ЭГОИТ), E-mail: egont@mail.wplu.net