УДК 622. 7(084.2)

Я.В.КУСКОВА, *аспирантка, ledizet@rambler.ru*
В.Б.КУСКОВ, *канд. техн. наук, доцент, opiopi@bk.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

J.V.KUSKOVA, *post-graduate student, ledizet@rambler.ru*
V.B.KUSKOV, *PhD in eng. sc., associate professor, opiopi@bk.ru*
Saint Petersburg State Mining University

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ СТОЛОВ

Разработана новая модификация аппарата, позволяющая увеличить извлечение, повысить производительность и снизить крупность обогащаемых частиц. Аппарат имеет деку, выполненную в виде диска, разделенного на сектора, в каждом из которых есть круговые нарифления. Стол оснащен высокочастотным шаговым двигателем, обеспечивающим его непрерывное вращение и подачу противоимпульсов для сдвига частиц в направлении вращения стола.

***Ключевые слова*:** гравитационное обогащение, круглый концентрационный стол.

WORKING OUT OF NEW DESIGNS OF CONCENTRATION TABLES FOR INCREASE OF EFFICIENCY OF ENRICHMENT USEFUL ISKOPAE

It was made new modification of device for allows increasing recovery, to increase productivity and to lower size of concentrated particles. The device has a deck executed as a disk, which divides into sectors; each sector has circular rifles. The table is equipped with the high-frequency step-by-step engine ensuring continuous rotation of a table and submission counter impulses for shear of particles in a direction to rotation of a table.

***Key words*:** gravity concentration, round concentration table.

Гравитационные методы обогащения достаточно широко применяются при переработке полезных ископаемых. Преимущества этих методов – экономичность, отсутствие вреда для окружающей среды и высокая производительность. В то же время при относительно высокой производительности они имеют низкую эффективность разделения мелких частиц. Однако и здесь есть определенные возможности – одним из гравитационных аппаратов, который показывает высокую эффективность извлечения мелких частиц, является концентрационный стол.

Концентрационные столы со второй половины XIX в. и по настоящее время применяются для обогащения мелких классов (–3 мм) руд олова, вольфрама, благородных, редких металлов и других полезных ископаемых. Известны неподвижные и подвижные столы.

В истории развития горного дела неподвижные столы явились первыми аппаратами для обогащения и известны были в глубокой древности, задолго до применения других видов обогащения. Их устройство осталось очень примитивным, и за все время существования были сделаны лишь весьма незначительные изменения. Вместе с тем они послужили в дальнейшем образцом для механических столов.

Механический стол был изобретен в 1797 г. Менде в Фрайберге и усовершенствован Риттингером в 60-х гг. XIX в.

Подвижные столы бывают ленточные, круглые и качающиеся (сотрясательные). В настоящее время наибольшее распространение получили качающиеся столы. На этих столах происходит разделение по плотности (с учетом крупности и формы частиц) в тонком слое воды, текущей по слабонаклонной плоскости (деке), совершающей асимметричные возвратно-поступательные движения в горизонтальной плоскости перпендикулярно к направлению движения воды. Основное преимущество концентрационных столов – высокое извлечение тяжелых минералов, недостаток – низкая удельная производительность.

Рассматриваемый в работе аппарат можно отнести к новой конструкция круглого вращающегося концентрационного стола[*]. Он имеет подвижную дисковидную деку с круговыми нарифлениями, разделенную на сектора, распределительный бункер, высокочастотный шаговый двигатель для обеспечения движения деки вокруг вертикальной оси и приемники для продуктов разделения. Сектора деки имеют не менее двух зон разгрузки продуктов разделения с последовательно увеличивающимися радиусами. При этом первая зона с наименьшим радиусом – для разгрузки удельно-легкого продукта, а каждая последующая зона с увеличивающимися радиусами служит для разгрузки продуктов с возрастающей плотностью. Распределительный бункер имеет сектора в форме ласточкиного хвоста для раздельной подачи питания и смывной воды на поверхность деки.

Новая конструкция стола приведена на рисунке. Концентрационный стол позволяет получить три продукта разделения: удельно-тяжелый (плотный), промежуточный (промпродукт) и удельно-легкий. Стол имеет дисковидную деку 4 с рифлями 5, разделен на два сектора. У каждого сектора есть три зоны (три сектора) разгрузки продуктов разделения с разными радиусами: наименьший радиус R_1 – для удельно-легкого продукта, промежуточный R_2 – для промышленного продукта, наибольший R_3 – для удельно-тяжелого продукта. Соответственно аппарат имеет сборные кольцевые коаксиальные желоба: 1 – для удельно-легкого продукта (желоб имеет наименьший диаметр), 2 – для промежуточного продукта (промежуточный диаметр), 3 – для удельно-тяжелого продукта (наибольший диаметр). Также стол оснащен загрузочным бункером (пульподелителем) 6 с секторами для подачи исходного питания 7 и смывной воды 8 на поверхность стола. Пульпопроводы оснащены автоматическими клапанами, регулирующими расход исходного питания и смывной воды. Клапаны управляются пневматическим приводом.

Высокочастотный шаговый двигатель обеспечивает непрерывное вращение деки стола в заданном 14 направлении, обеспечивая при этом набор кинетической энергии твердых частиц, а также центробежную силу для принудительного движения пульпы от центра к периферии. С заранее заданной (необходимой) частотой и скважностью на привод подаются противоимпульсы для сдвига частиц в направлении 14 вращения. По ходу вращения дека движется с меньшей скоростью и проходит больший путь, а в противоположном направлении 15 она движется с б♦льшей скоростью и проходит меньший путь. Таким образом воспроизводится работа традиционного (качающегося) стола, но при существенно б♦льшей крутизне фронтов противоимпульсов, чем на столах с традиционными приводами. Кроме того, использование шагового двигателя позволяет легко и оперативно регулировать работу стола (скорость вращения и ускорение деки, частоту и амплитуду ее движения, углы основного вращения и противохода),

[*] Пат. № 2372994 РФ. Концентрационный стол / В.Б.Кусков, А.Г.Цай, Е.Е.Андреев, Я.В.Кускова. Опубл. 20.11.2009. Бюл. № 32.

Pat. N 2372994 RU. Shaking table / V.B.Kuskov, A.G.Tsaj, E.E.Andreev, J.V.Kuskova. Publ. 20.11.2009. Bull. N 32.

Пат. № 2380163 РФ. Гравиэлектромагнитный сепаратор / В.Б.Кусков, А.Г.Цай, Е.Е.Андреев, Я.В.Кускова. Опубл. 27.01.2010. Бюл. № 3.

Pat. N 2380163 RU. Gravitational electromagnetic separator / V.B.Kuskov, A.G.Tsaj, E.E.Andreev, J.V.Kuskova. Publ. 27.01.2010. Bull. N 3.

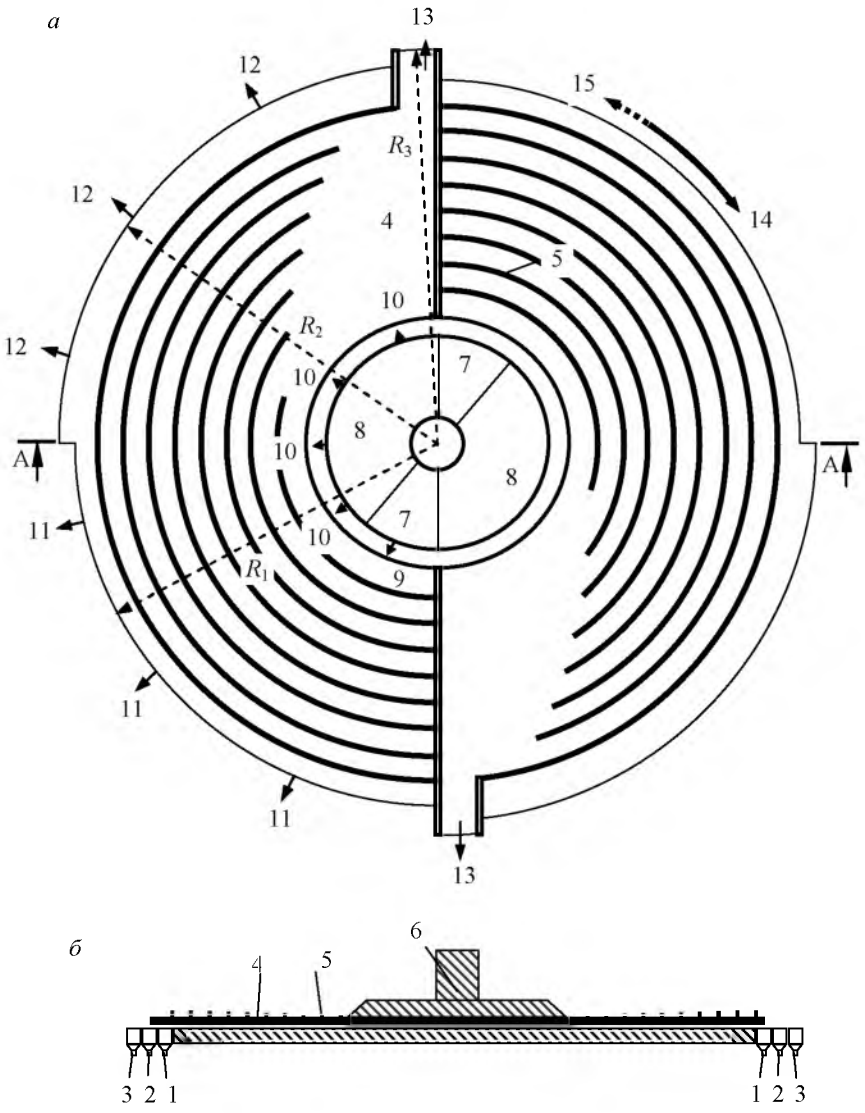


Схема круглого концентрационного стола: *а* – вид сверху, *б* – разрез

например, от программируемого промышленного микроконтроллера.

Количество секторов стола и разгрузочных зон может быть любым. Но наиболее рациональным является деление деки стола на два сектора и каждого сектора на три разгрузочных зоны.

Конструкция секторов для подачи исходного питания и смывной воды в форме ласточкиного хвоста позволяет легко подавать исходное питание и смывную воду в соответствующие зоны деки (распределительный бункер вращается вместе с декой, а питающие пульпопроводы неподвижны относительно деки). Кроме того, такая конструкция обеспечивает дополнительную скорость для пульпы и воды, поступающих на поверхность деки, заменяя (совместно с центробежной силой) наклон деки обычного качающегося стола. Это значит, что деку стола можно делать плоской, а не конической, что существенно упрощает ее изготовление.

Концентрационный стол работает следующим образом: исходное питание из секторов 7 распределительного бункера 6 вымывается на поверхность стола по стрелке 9. Из секторов 8 распределительного бункера на поверхность стола подается смывная вода по стрелке 10. На частицу, находящуюся на поверхности стола, действует сила тяже-

Результаты опытов на смеси вольфрама и кварца

Продукт	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
		W	SiO_2	W	SiO_2
Плотный	3,0/3,2	62,33/58,02	38,60/41,40	90,86/88,49	1,18/1,36
Промежуточный	15,1/16,6	0,92/1,02	98,80/98,10	6,75/8,07	15,25/16,73
Легкий	81,9/80,2	0,06/0,09	99,80/99,40	2,39/3,44	83,56/81,91
Итого	100,0/100,0	2,06/2,10	97,81/97,33	100,0/100,0	100,0/100,0

Примечание. В числителе – на круглом столе, в знаменателе – на обычном.

сти, сила гидродинамического давления потока воды, центробежная сила, сила инерции, возникающая из-за ассиметричности движения деки, сила трения и другие силы. Под воздействием этих сил происходит расслоение частиц в соответствии с их плотностью и крупностью и частицы попадают в соответствующие сборники. Наименее плотные частицы разгружаются на секторе стола, имеющего наименьший радиус R_1 (по стрелке 11), более плотные (промежуточный продукт) на секторе с радиусом R_2 (по стрелке 12), а самые плотные – на секторе с наибольшим радиусом R_3 (по стрелке 13).

Постоянное вращение деки, увеличение длины рифлей, приходящейся на единицу занимаемой площади, большая крутизна противоимпульсов, подача исходной пульпы и воды с оптимальным напором – позволяют повысить эффективность разделения частиц. Сектора с переменными радиусами упрощают разгрузку продуктов разделения и исключают взаимное засорение этих продуктов, что также повышает эффективность разделения.

Наибольший эффект стол дает при обогащении мелких минералов с большой плотностью (повышается извлечение самых мелких частиц), но он вполне пригоден и для разделения более крупных и удельно-легких полезных ископаемых, например угля.

Опыты проводились на экспериментальной модели аппарата, имеющего следующие параметры: $D \times H = 1{,}25 \times 1{,}5$ м; радиусы секторов соответственно $R_1 = 507$ мм, $R_2 = 551$ мм, $R_3 = 595$ мм; масса около 40 кг. Дека была изготовлена из винипласта, рифли составляют единое целое с декой. Опыты проводились на искусственной смеси (–0,071 мм) из вольфрама (2 %) и кварца (98 %). Результаты одного из опытов приведены в таблице.

Производительность обычного стола составляла 41 кг·ч/м^2 поверхности стола, а у круглого – 45 кг·ч/м^2.

Работа выполнена при проведении НИР в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.