

поступает в дробилки мелкого дробления, затем в спаренные с ними сепараторы. Пары дробилка-сепаратор расположены по кругу.

Из сепараторов рудная и породная масса поступают во вращающийся питатель, расположенный на центральной цапфе. Стенки и ребра питателя скользят по неподвижной плите и образуют пояс рудных ячеек и пояс породных. В неподвижной плите, являющейся дном питателя, сделаны отверстия, через которые рудная и породная массы поступают на соответствующие промежуточные конвейеры, а затем и на соответствующие разгрузочные конвейеры.

Достоинством предлагаемых комплексов является относительно малые параметры по длине при большой производительности по исходной руде, поступающей на обогащение.

Недостатки: большая высота (>20 м); а также (второй вариант): пониженная высота черпания (10 м) и разность максимального и минимального радиусов черпания (2 м).

Таким образом, возможно создание экскавационно-дробильно-обогащительного комплекса большой производительности для предобогащения руды в карьере.

УДК 621.926

А.Г. Кухарь, Е.И. Мошковский

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Приведено результати подрібнення матеріалів, представлено результати розробок і створення молоткових дробарок, вібраційних млинів та грохотів, атриторів, дезінтеграторів, дозволяючих оснащати участки переробки мінеральної сировини. Табл. 5. Бібліогр.: 3 найм.

В целом ряде отраслей промышленности технологический процесс получения материалов и изделий с заданными свойствами возможен в случае применения тонкоизмельченного исходного продукта. Это, например, такие отрасли промышленности, как огнеупорная, абразивная, лакокрасочная, порошковая металлургия и другие. Замена металлических

частей в двигателе внутреннего сгорания керамическими позволяет повысить рабочую температуру, обеспечить более полное сгорание, повысить КПД на 25 % при меньшей массе. Аморфные материалы применяются в электротехнической промышленности, из которых получают специальным прессованием детали с повышенными физико-механическими свойствами, применяющиеся в особо ответственных изделиях. Металлические порошки, например, металлиды (соединения металла с металлом) используются для плазменного и детонационного напыления защитных покрытий по поверхности деталей машин. Порошки высоколегированных чугунов используются преимущественно для индукционной наплавки деталей горного, металлургического, энергетического и др. оборудования, работающего в условиях абразивного изнашивания при нормальных и повышенных до 500 °С температурах, обеспечивают твердость напыленного слоя выше 50 HRC. Тонкое измельчение синтезированных материалов, полученных методом СВС-технологии, осуществляется в шаровых барабанных и вибрационных мельницах. В первом случае время измельчения довольно значительное. Крупность готового продукта СВС-технологии для изготовления, например, керамики, должна быть 0,1-0,5 мкм. При механическом измельчении нескольких материалов и их смешивании ускоряется протекание твердофазных химических реакций, изменяется структура, повышается реакционная способность твердых тел и т.д. Процесс измельчения - сложный физико-химический процесс, при котором реализуется целый комплекс физических и химических явлений. Возникающие при расколе твердых тел свежесформированные поверхности несут на себе электрический заряд. В присутствии растворов электролитов контактирующие полупроводники и металлы образуют электрические пары, которые работают как электрохимический элемент, вызывая ускорение или замедление процессов растворения по сравнению с растворением индивидуальных компонентов [1].

Для тонкого измельчения минерального сырья применяются шаровые барабанные и вибрационные мельницы, дезинтеграторы струйные и пневматические измельчители, планетарные и электромагнитные

мельницы. В горнорудной и строительных отраслях промышленности для переработки значительных потоков материалов применяются шаровые барабанные мельницы, в цементной промышленности - трубные. Каждая из приведенных мельниц имеет предельно достигаемую крупность готового продукта при рациональной длительности ведения этого процесса. По виду нагружения частиц (слоя частиц) измельчаемого материала можно выделить ударное, истирающее и их комбинацию.

Вибрационные мельницы с горизонтальным расположением помольной камеры [2] и вертикальным [3] имеют в качестве вибровозбудителя инерционный или эксцентриковый привод (одновальный или двухвальный). Траектория колебаний помольных камер от круговой (эллиптической) до прямолинейной. При работе мельниц мелющие тела взаимодействуют с цилиндрической поверхностью камеры (мельницы с криволинейной траекторией колебаний) либо с плоскостью, перпендикулярной прямолинейной траектории колебаний. Последние мельницы называются вертикальными, поскольку траектория колебаний расположена в вертикальной плоскости. Вертикальные вибрационные мельницы (МВВ) выполняются по одно- или двухкорпусной схеме с инерционным или эксцентриковым вибровозбудителем. При работе двухкорпусных мельниц МВВ с двухвальным, эксцентриковым вибровозбудителем динамические нагрузки на основание практически не передаются. В мельницах МВВ реализован виброударный режим измельчения частиц материала, что является наиболее благоприятным условием для протекания механохимических реакций. Кроме того, сохранение сферической формы мелющих тел в процессе эксплуатации при сравнительно небольшом их износе повышает надежность технологических показателей работы мельницы.

В связи с тем, что измельчительный агрегат рассматривается как реактор, косвенную оценку эффективности каждого конкретного агрегата можно дать, основываясь на результатах тонкого измельчения материалов. Так, например, при измельчении карбида кремния в периодическом режиме в горизонтальной и вертикальной вибрационной мельницах получены следующие результаты (табл. 1).

Агрегирование частиц измельченного материала в горизонтальной и вертикальной вибрационных мельницах начинается почти одновременно и на разных уровнях (соответственно через 2 и 1,5 часа измельчения, средний размер частиц соответственно 3,3 мкм и 1 мкм).

Таблица 1

Результаты измельчения карбида кремния

Параметры	Мельница горизонтальная				Мельница вертикальная			
	время измельчения, час							
	1,0	2,0	3,0	5,0	0,75	1,5	3,0	5,0
Содержание класса менее 1 мкм, %	4,6	13,0	6,9	11,6	36,3	52,6	46,9	46,6
Средний размер частиц, мкм	5,1	3,3	4,7	3,6	1,8	1,0	1,2	1,2

Гранулометрический состав измельченного карбида кремния определялся на одном и том же приборе в одинаковых условиях. Следует отметить, что при измельчении в мельнице МВВ частицы приобретают более изометрическую форму (в исходном отношении "длина-ширина" до 3,5, а в измельченном - до 1,5). Исследования формы и размера частиц проводились на растровом электронном микроскопе при увеличении $\times 15 \cdot 10^3$.

Синтетические алмазы измельчались в мельнице МВВ в течение 30 и 60 мин., при объемной концентрации, равной концентрации в электромагнитной мельнице. В промышленных условиях из продуктов измельчения был выделен класс менее 1 мкм: из продукта, измельченного в мельнице МВВ в течение 30 мин выделено в 1,6 раза больше, чем из продукта, измельченного в электромагнитной мельнице в течение 120 мин.

На основании ранее выполненных теоретических и экспериментальных исследований научно-производственной фирмой "МВТ" (машины вибрационные и технологические) совместно с Институтом геотехнической механики НАН Украины и научно-производственным

предприятием "Прецизионные абразивы" разрабатывается и создается эффективное дробильно-размольное и классифицирующее оборудование от лабораторных образцов до промышленных. Ряд единиц оборудования и комплексов находятся в промышленной эксплуатации. На базе этого оборудования создаются установки замкнутого цикла измельчения.

Дробилки молотковые (табл. 2) предназначены для дробления материалов с исходной крупностью до 50 мм. Расположение оси ротора - вертикальное, передача вращения от электродвигателя осуществляется посредством клиноременной передачи (дробилки ДМВ1), либо через упругую лепестковую муфту при соосном расположении электродвигателя и ротора (дробилки ДМВ2). Производительность по исходному питанию до 2000 кг/час, крупность продукта дробления - менее 5 мм.

Таблица 2

Техническая характеристика дробилок

Параметры	ДМВ1-0,5	ДМВ1-0,7	ДМВ-0,3	ДМВ-0,5
Диаметр ротора, мм	500	700	300	500
Кол-во оборотов, об/мин	1450	945	1450	1450
Крупность исходного продукта, мм	50	50	30	50
Производительность, кг/ч	1000	2000	500	1000
Эл.двигатель, мощность, кВт	7,5	10	4	7,5
Габаритные размеры, длина, мм	1200	1350	450	650
ширина, мм	700	900	450	650
высота, мм	800	800	820	850

Мельница вибрационная горизонтальная (МВ1 и МВ2) (табл. 3) предназначена для тонкого измельчения материалов в периодическом или

Таблица 3. -Техническая характеристика вибрационных мельниц

Параметр	Модель												
	МВ1П (лаб.)	МВ1-	МВ1-	МВ1-	МВ1-	МВ1-	МВ2-	МВ2-800	МВ2-	МВВЛ (лаб.)	МВВ-	МВВ-500	МВВ-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Объем помольной камеры, $\text{м}^3 \cdot 10^{-3}$	15 (5x3)	150	200	400	400 (200x2)	800 (400x2)	1200 (600x2)	5-20	200	500		1200	
Внутренний диаметр помольной камеры, мм	150	350	350	500	350	500	500	100-	410	645	1000		
Длина помольной камеры, мм	285	1560	2080	2040	2080	2040	3060		1530	1530	1530		
Количество помольных камер, шт.	3	1	1	1	2	2	2	1-5	1	1	1		
Амплитуда колебаний, мм	5-7	5-7	5-7	5-7	5-7	5-7	5-7	7-11	7-9	7	7		
Частота колебаний, с^{-1}	150- 300	150	150	150	150	100	100	100- 300	150	100	100		

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Масса мельющих тел (стальные шарики), кг	18x3	545	725	1450	725x2	1450x2	2180x2	5-80	840	2100	5040
Масса колеблющи хся час-тей (без мельющих тел), кг	15	380	600	1100	1050	2400	3800	40-80	810	2000	4900
Установлен -ная мощность эл.двигате- ля, кВт	3	7,5	10	20	20	40	60	4x2	10x2	25x2	60x2
Габаритные размеры: длина, мм ширина, мм высота, мм	600 400 450	1700 600 700	2300 600 700	2400 700 1100	2300 900 700	2400 1200 1100	3500 1200 1100	800 700 600	1300 1000 2200	1400 110 2300	1600 1300 2500

непрерывном режиме в мокром или сухом виде, в инертных средах. Привод - одновальный инерционный вибровозбудитель.

Внутренняя поверхность помольных камер футеруется соответствующим материалом, удовлетворяющим требованиям технологического процесса получения тонкоизмельченного минерального сырья. Мельница вибрационная вертикальная (МВВ) (табл. 3). - для измельчения прочных и абразивных материалов. Привод - двухвальный инерционный вибровозбудитель. В мельнице реализован виброударный режим измельчения.

Атритор лабораторный (АЛ) (табл. 4) предназначен для тонкого измельчения материалов в периодическом режиме в сухом или мокром виде, в инертных средах. Измельчение материала происходит за счет воздействия мелющих тел при вращении ротора в помольной камере. Корпус атритора с помольной камерой и закрепленным на нем электродвигателем установлен на раме в подшипниковых узлах.

Дезинтегратор (МВТ-0,1; -0,2; -03; -05) предназначен для тонкого измельчения малоабразивных материалов с производительностью от 100 до 4000 кг/час по классу менее 0,14 мм. На дезинтеграторе установлено по два электродвигателя, на валах которых закреплены роторы с билами, вращающиеся в противоположные стороны. Установленная мощность - от 3 кВтх2 до 30 кВтх2.

Таблица 4 - Технические характеристики атритора

Параметры	Модель	
	АЛ-5	АЛ-8
Объем помольной камеры $\text{м}^3 \cdot 10^{-3}$	5	8
Крупность исходного материала, мм	1	1
Диаметр мелющих тел, мм	6-7	6-7
Электродвигатель, мощность, кВт	3	4
Габаритные размеры:		
длина, мм	650	750
ширина, мм	400	450
высота, мм	800	900
Масса, кг	120	180

Грохот вибрационный (табл. 5) предназначен для классификации материала по крупности от 0,16 мм до 20 мм. На грохоте устанавливаются как металлические, так и полимерные просеивающие поверхности. В качестве привода используется однофазный инерционный вибровозбудитель. Угол наклона рабочей поверхности до 20°. Траектория колебаний корпуса грохота - от круговой до эллиптической.

Таким образом, разработанный ряд дробильно-измельчительного и классифицирующего оборудования позволяет создавать полностью оснащенный участок подготовки различных материалов к дальнейшему технологическому переделу.

Таблица 5 - Техническая характеристика вибрационных грохотов

Параметры	Модель				
	ВГ-0,15	ВГ-0,3	ВГ-0,6	ВГ-1,2	ВГ-2,4
Площадь рабочей поверхности, м ²	0,15	0,3	0,6	1,2	2,4
Размеры рабочей поверхности, LxВ, м	1000-150	1000x300	1500x400	1500x800	2000x1200
Количество сит, шт.	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3
Размеры ячеек сита, мм	0,16-3	0,16-5	0,315-5	1-20	1-20
Частота колебаний, с ⁻¹	151	151	151	100	100
Амплитуда колебаний, мм	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
Эл.двигатель, мощность, кВт	1,1	1,1	3,0	4,0	5,5
Габаритные размеры:					
длина, мм	1100	1100	1700	1700	2200
ширина, мм	300	400	600	1000	1400
высота, мм	500	600	750	1000	1100

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болдырев В.В. Механическая активация при реакциях твердых тел. В сб. "Свойства и применение дисперсных порошков": В.В. Скороход (отв.ред.), Киев: Наукова думка, 1986. - с. 69-70.
2. Современные вибрационные мельницы и перспективы их применения в цветной металлургии и за рубежом / Под ред. Лесина, Р.В. Локшиной. - Л., 1987. - 44 с. - (Гр. ЦНИИцветмет экономики и информ. Сер.: Обогащение руд цветных металлов; Вып. 3).
3. Измельчение материалов порошковой металлургии в вертикальной вибрационной мельнице / В.А. Франчук, А.Г. Кухарь и др. // Порошковая металлургия. - 1988. - № 8. - С. 11-15.

УДК 622.778: 622.34

В.А. Зенин

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ К РАСЧЕТУ ОБЪЕМНОГО ПОЛЯ РАЗНЕСЕННЫХ ПЛАСТИН И РЕШЕТОК НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ

На базі інтегральних рівнянь розроблена фізично обґрунтована модель для розрахунку магнітних полів, створених складними геометричними конструкціями на базі постійних магнітів, які становлять магнітну систему гідросепараторів МГС-5, МГС-9. Бібліогр.: 3 найм.

Для интенсификации процессов гравитационного обогащения (гидросепарация и классификация) магнетитовых железных руд предложено использовать щелевые магнитные системы [1]. Они представляют собой геометрическую конструкцию из пластин или решеток, футерованных плитками постоянных магнитов (20÷50кА/м). Конструкция, помещенная в рабочий объем гидросепаратора или классификатора, формирует зону разделения компонентов железорудной пульпы. Определение магнитных характеристик данной системы является актуальной задачей, решение которой позволит прогнозировать эффективность разделительных процессов и выполнить проектирование