Оборудование для подготовки сырья

Теоретическое занятие

Профессия: 18.01.05 Аппаратчик-оператор производства неорганических веществ

МДК.01.01 Обслуживание и ремонт типового технологического оборудования

Тема 1.3. Оборудование для подготовки сырья

Преподаватель: Титова Н.В.

2023

Физические основы процесса разрушения горных пород

Процессы дробления и измельчения применяются для доведения материала до необходимой крупности, гранулометрического состава или заданной степени раскрытия минералов, т. е. для получения свободных минеральных зерен. При этом куски горных пород разрушаются внешними силами.

Разрушение – это процесс зарождения и роста трещин и пор. Происходит по ослабленным сечениям, имеющим трещиноватые или другие дефекты структуры. Разрушение наступает после перехода за предел прочности нормальных и касательных напряжений, возникающих в материале при его упругих деформациях: сжатии, растяжении, изгибе или сдвиге. Предел прочности – предельное значение напряжения, выше которого образец разрушается практически мгновенно, а ниже – живет неограниченно долго.

Различные способы дробления и измельчения отличаются видом основной необратимой деформации, вызвавшей разрушение. В соответствии с этим способы разрушения делятся на:

- раздавливание – наступает после перехода напряжений за предел прочности на сжатие;
- раскалывание – после перехода напряжений за предел прочности на растяжение;
- излом – после перехода напряжений за предел прочности на изгиб;
- срезывание – после перехода напряжений за предел прочности на сдвиг;
- истирание – после перехода напряжений во внешних слоях кусков за предел прочности на сдвиг;
- удар – воздействие динамических нагрузок на материал, деформации возникают те же: сжатие, растяжение, изгиб, сдвиг.

Эти способы разрушения являются общими и для операций дробления, и для операций измельчения, однако эти процессы различаются по своему технологическому назначению. Принято считать дроблением такой процесс

разрушения, в результате которого большая часть продукта имеет крупность выше 5 мм. При измельчении получают продукт мельче 5 мм. Размер 5 мм принят условно.

Все машины, применяемые для разрушения кусков горных пород, делятся по технологическому назначению на дробилки и мельницы. Отличительными особенностями этих типов машин являются:

1. Дробилки:

⦚ между дробящими телами всегда есть зазор, который свободен на холостом ходу и заполнен материалом на рабочем ходу;

⦚ выдают в основном кусковой продукт с преобладанием крупных фракций.

2. Мельницы:

- измельчающие детали соприкасаются на холостом ходу, а на рабочем – разделены слоем материала;
- выдают порошкообразный продукт с преобладанием мелких фракций.

В различных конструкциях машин могут использоваться сразу несколько способов разрушения, но преобладающим является один из них:

⦚ раздавливание – в щековых, валковых и конусных дробилках;

⦚ раскалывание – в зубчатых и игольчатых дробилках;

⦚ удар – в молотковых дробилках и дезынтеграторах;

⦚ истирание – в мельницах.

Для процессов разрушения наиболее важны прочность (крепость), дробимость, измельчаемость и абразивность горных пород. Прочность – способность твердого тела сопротивляться разрушению от действия внешних сил. Характеризуется предельными напряжениями, которые могут быть созданы в опасном сечении тела.

С точки зрения физико-механических свойств пород наиболее выгодно разрушать их растяжением. Но по конструктивным соображениям в основном используется раздавливание. Поэтому для сравнения прочностных свойств пород используют напряжение на сжатие или коэффициент крепости, разработанный проф. Протодьяконовым М.М. По шкале Протодьяконова все породы делятся на

10 категорий с коэффициентами крепости от 0.3 для самых слабых до 20 для наиболее прочных пород.

Дробимость – это обобщающий параметр для многих механических свойств пород и выражает энергоемкость процесса дробления.

Измельчаемость оценивают по удельной производительности мельницы по вновь образованному расчетному классу.

Абразивность оценивают по износу материала рабочих поверхностей машин в процессе дробления (измельчения) при трении.

Оценка результатов дробления (измельчения) производится по степени дробления (измельчения) и эффективности работы машин. Степень дробления – отношение размеров кусков исходного материала к размеру кусков продукта дробления.

$$i=D/d, \quad (2.1)$$

где i – степень дробления;

D, d – средний или максимальный размер куска в питании и дробленом продукте, соответственно.

Нет таких дробильных машин, которые могли бы принимать исходную руду и выдавать конечный продукт. Поэтому применяют несколько приемов (стадий) дробления (см. схему). В зависимости от крупности исходного и дробленого материала различают следующие стадии дробления и измельчения, показатели для которых приведены в табл. 1.

Таблица 1. Стадии дробления и измельчения

Стадия	**Крупность, мм**		**Степень дробления**
	питания	**продукта**	
Дробление: крупное	1200-500	350-100	3-5
Среднее	350-100	100-40	3-8
Мелкое	100-40	40-10	3-8

Измельчение: грубое	30-10	5-2	
Тонкое	5-2	1–0.5	
Сверхтонкое	1-0.5	0.1-0.005	

При дроблении (измельчении) в несколько последовательных стадий общая степень дробления (измельчения) определяется как произведение всех степеней дробления в отдельных стадиях:

$$I=i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_n. \quad (2.2)$$

Дробилки (мельницы) могут работать в открытом или замкнутом цикле. При открытом цикле материал проходит дробилку один раз, при замкнутом – надрешетный продукт грохота непрерывно возвращается в дробилку на додрабливание, образуя циркулирующую нагрузку. В случае мельниц – пески (крупный продукт) гидроциклона или классификатора возвращаются на доизмельчение. Замкнутые циклы обеспечивают более высокую степень дробления (измельчения) по сравнению с открытыми.

Если продукт дробления представляет собой свободные зерна полезного минерала, то дальнейшее дробление не имеет смысла, т.к. будет только приводить к переизмельчению материала. Процесс является энергоемким, поэтому проф. Г.О. Чечет сформулировал принцип «не дробить ничего лишнего». При разрушении происходит преодоление сил сцепления между частицами и образование новой поверхности. Энергия, потребляемая при дроблении (измельчении), расходуется на: 1) упругую деформацию разрушаемых зерен, т.е. рассеивается в окружающее пространство в виде тепла; 2) образование новой поверхности, т.е. превращается в свободную поверхностную энергию измельченных зерен. При измельчении расход полезной энергии – на образование новой поверхности – составляет около 1% общего ее расхода.[1]

Классификация дробильно-измельчительного оборудования основана на различии в способе разрушения материала, который определяется видом энергии,

[1]Семенова Е. Г. Технология пищевых производств. Учебное пособие для СПО. – СПб.: Лань, 2023.

используемой для разрушения. В соответствии с этим все машины делят на 4 основных типа:

1. Механические дробилки;
2. Механические мельницы (с мелющими телами);
3. Взрывные пневматические, электрогидравлические, электроимпульсные и электротермические дробильные аппараты;
4. Аэродинамические и пневмомеханические мельницы – струйные размольные аппараты без мелющих тел.

Наибольшее применение получили механические дробилки и мельницы. Все остальные типы оборудования находятся в стадии исследования. Из механических мельниц в основном применяются барабанные – шаровые, стержневые, рудногалечные и рудного самоизмельчения. Область применения отдельных конструктивных типов дробилок определяется прочностью дробимого материала.

Исходным продуктом для измельчения является конечный продукт дробления. Для тонко вкрапленных руд измельчение – последний этап раскрытия зерен полезных минералов перед обогащением. Измельчение производится как в водной среде – мокрое измельчение, так и в воздушной среде – сухое измельчение. Основным оборудованием являются мельницы различных типов: механические (с мелющими телами), струйные (без мелющих тел), непрерывного и периодического действия. Наибольшее распространение получили барабанные мельницы: с вращающимся барабаном, вибрационные и центробежные. В горнорудной промышленности наиболее широко применяются мельницы с вращающимся барабаном. Классификация мельниц представлена в виде табл. 2.

Таблица 2. Классификация мельниц

Тип мельницы	**Измельчающие тела**	**Форма барабана**	**Способ разгрузки материала**
Шаровые	Шары стальные кованые, чугунные	Цилиндрическая	Центральная разгрузка Разгрузка через решетку
		Коническая	
Стержневые	Стержни стальные	Цилиндрическая	Центральная разгрузка
Галечные	Галька кремневая	Трубные (цилиндрические)	Разгрузка через решетку
		Конические	
Рудногалечные	Куски твердых пород	Цилиндроконическая	
Самоизмельчения	Крупные куски руды	Цилиндроконическая	
Полусамо-измельчения	Смесь крупных кусков руды и крупных стальных шаров	Цилиндроконическая	

В зависимости от формы барабана различают мельницы цилиндрические и цилиндроконические. Цилиндрические мельницы бывают короткие: $L \leq D$, длинные: $D < L < 3D$ и трубные: $L > 3D$.

Схема конструкции барабанной мельницы приведена на рис. 1. При вращении барабана измельчающие тела благодаря трению увлекаются внутренней поверхностью барабана и поднимаются на некоторую высоту. Затем свободно падают или перекатываются вниз. Измельчаемая руда подается через центральное отверстие в одной из крышек внутрь барабана и, продвигаясь вдоль него, измельчается. Измельчение происходит под действием удара падающих измельчающих тел и от истирания и раздавливания частиц между телами. Стержневые мельницы дают более равномерный по крупности продукт, чем шаровые, т.к. соприкосновение

стержней во время удара происходит по линии (шары соприкасаются в точке). Диаметр стержней 60-100 мм, длина на 25-50 мм меньше длины барабана. Диаметр шаров меньше или равен 0.042-0.056 диаметра барабана.

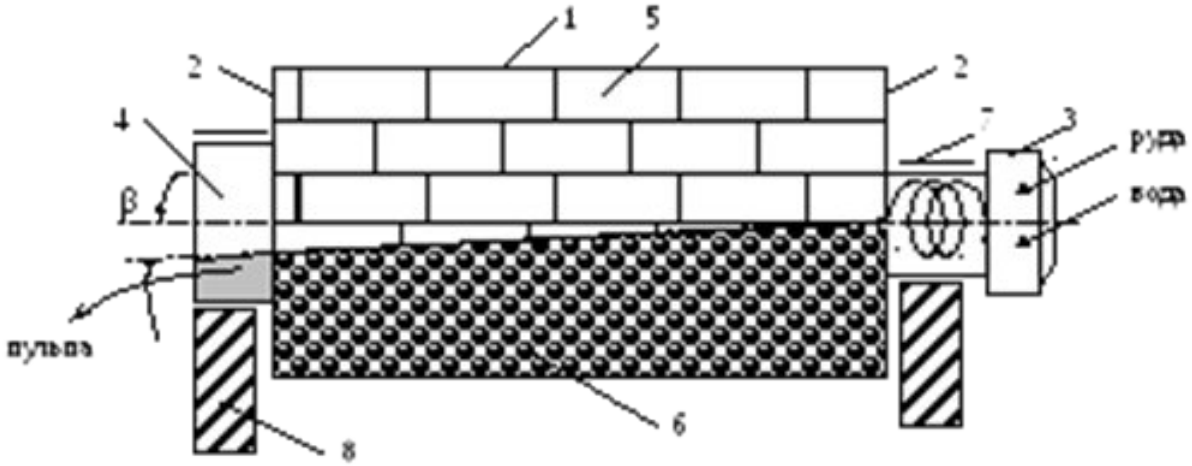


Рисунок 1. Принципиальная схема барабанной мельницы

1 – барабан; 2 – торцевые крышки; 3 – загрузочная цапфа с ленточной спиралью; 4 – разгрузочная цапфа; 5 – футеровка; 6 – шаровая или стержневая загрузка; 7 – подшипники; 8 – фундамент.

Рассев сыпучего материала с целью определения его гранулометрического состава называют ситовым анализом. Методы проведения ситовых анализов унифицированы.

Методика проведения ситового анализа, которая применяется в практике сепарации измельченного материала, следующая. Для рассева используют набор проволочных сит с квадратными отверстиями, соответствующими стандартной шкале.

Материал крупнее 25 мм рассеивается на качающихся горизонтальных грохотах и ручных ситах, а мельче 25 мм – на лабораторных ситах. Сетка лабораторного сита натянута на цилиндрическую обечайку диаметром 200 мм и высотой 50 мм. В верхнюю кромку обечайки для придания ей жесткости закатано проволочное кольцо. Нижняя кромка обечайки имеет несколько меньший диаметр, чем верхняя, что позволяет набирать комплекты сит, вставляя их одно в другое, и одновременно вести рассев материала на нескольких ситах. Верхнее сито

закрывают крышкой, а нижнее вставляют в чашку-поддон, куда собирается подрешетный продукт последнего сита.

Массу пробы для ситового анализа принимают в зависимости от крупности наибольшего куска в пробе:

Размер наибольшего куска, мм	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10
Минимальная масса пробы, кг	0,025	0,05	0,1	0,2	0,3	2,25	18

Пробы рассеивают сухим или мокрым способом в зависимости от крупности материала и необходимой точности ситового анализа. Если не требуется особой точности и материал не слипается, то применяют сухой способ рассева. Сита устанавливают сверху вниз от крупных размеров отверстий к мелким. Пробу засыпают на верхнее сито и весь набор сит встряхивают на механическом встряхивателе в течение 10÷30 мин. Остаток на каждом сите взвешивают с точностью до 0,01 г на технических весах. Сумма масс всех полученных классов не должна расходиться более чем на 1% с массой исходной пробы. Если это условие выполняется, то сумму масс всех классов принимают за 100%. Выход классов получают делением массы каждого класса на общую их массу.

При наличии в пробе значительной доли мелкого материала и необходимости повышенной точности анализа пробу рассевают мокрым способом. Ее засыпают на сито с отверстиями наименьшего размера, например 0,074 мм, и отмывают мельчайшие частицы (шлам) слабой струей воды или погружая сито в бак с водой. Промывку ведут до тех пор, пока промывочная вода не станет прозрачной. Остаток на сите высушивают, взвешивают и по разности масс определяют массу отмытого шлама. Высушенный остаток рассеивают сухим способом на ситах, включая и самое мелкое, на котором отмывался шлам. Подрешетный продукт этого последнего сита прибавляют к полученной ранее массе отмытого шлама.

Грохочение (рассев) – процесс разделения сыпучего материала на продукты различной крупности с помощью просеивающих поверхностей с калиброванными отверстиями. При этом получают верхний (надрешетный) и нижний (подрешетный) продукты.

По технологическому назначению различают следующие виды операций грохочения:

1. Вспомогательное – применяемое в схемах дробления исходного сырья для улучшения работы дробилок. При этом дробилка освобождается от значительной части зерен, размер которых меньше выпускной щели дробилки. Вспомогательное грохочение подразделяется на:

⦚ предварительное – перед дробилкой;

⦚ контрольное (поверочное) – после дробилки, при этом грохот работает в замкнутом цикле с дробилкой и контролирует крупность продукта дробления;

⦚ совмещенное – операции предварительного и контрольного грохочения объединяются в одну.

2. Подготовительное – для разделения материала на несколько классов крупности, предназначенных для последующей обработки. Применяется перед операциями обогащения. В результате получают машинные классы.

3. Самостоятельное – для выделения классов, являющихся готовыми продуктами (сортами) и отправляемых потребителю. Здесь требуется высокая эффективность грохочения, т.к. необходимо точное разделение материала по крупности.

4. Обезвоживающее – для удаления основной массы воды, содержащейся в продукте после мокрого обогащения, или для отделения суспензии после обогащения в тяжелых суспензиях.

В зависимости от крупности кусков в питании и размера отверстий сита различают крупное, среднее, мелкое, тонкое и особо тонкое грохочение. При крупном и среднем грохочении (максимальные куски в питании соответственно 1200 и 350 мм) применяют колосниковые решетки. При мелком (до 75 мм) – решета и сита, при тонком (до 10 мм) – сита.

Рабочие поверхности грохотов подразделяются на три вида – колосниковые решетки, штампованные решета, сита. Рабочая поверхность характеризуется размером и формой отверстий. По форме отверстия бывают: круглые, квадратные, прямоугольные, щелевидные.

Колосниковые решетки набирают из отдельных колосников, представляющих собой стальные полосы, брусья или балки. Применяются как в подвижных так и в неподвижных грохотах. Наиболее пригодное для просеивания сечение колосников – трапецеидальное с расширяющейся книзу щелью. Щели также должны расширяться вдоль колосников по ходу материала во избежание заклинивания материала.

Основные требования к управляемым питателям и дозаторам для сыпучих материалов, выполняющим функции ИУ АСР могут быть сведены к следующим:

- минимальная сложность конструкции;
- отсутствие (или минимум) движущихся частей;
- герметичность;
- возможность плавного регулирования расхода в заданном диапазоне;
- линейность статических и динамических характеристик «вход – выход».

Механические питатели, т.е. такие, в которых для перемещения материала используется усилие рабочего органа, получили в промышленности наибольшее распространение, как в качестве собственно побудителей расхода, так и в качестве ИУ САД. Классифицировать механические питатели по виду движения РО [1, 8] не совсем удобно, т.к. в этом случае можно выделить только две группы: с поступательным (возвратно-поступательным) и вращательным (возвратно-вращательным) движением. Из этой классификации следует исключить вибрационные питатели, в которых амплитуда возвратно-поступательного перемещения РО пренебрежимо мала по сравнению с расстоянием, проходимым материалом. Вибрационные методы управления потоками СМ имеют ряд специфических особенностей и требуют отдельного рассмотрения.

В качестве рабочих органов в механических питателях с непрерывным (квазинепрерывным) потоком СМ используются:

- бесконечная лента (резинотканевая или полимерная полоса; цепь, шарнирно соединенные пластины, металлическая сетка) – в ленточных питателях;
- лопастное колесо – в секторных (роторных) питателях;
- шнек (винт) – в шнековых (винтовых) питателях;

- скребки (ножи, плужковые сбрасыватели) – в ленточных и тарельчатых питателях;
- затворы, заслонки – в ленточных питателях.

Источниками механической энергии для перемещения РО (исполнительными механизмами) могут быть электро-, гидро- и пневмоприводы. В подавляющем большинстве серийно выпускаемых устройств в качестве ИМ применяются электродвигатели.

На рисунке 3 показаны схемы основных типов питателей с механическим приводом.

Для подачи преимущественно порошковых или мелкозернистых материалов, применяются тарельчатые питатели (рис. 3а). При достаточном разнообразии конструкций, для всех тарельчатых питателей характерно наличие горизонтально расположенного вращающегося диска 1, на который материал поступает свободно из расходного бункера 2.[2]

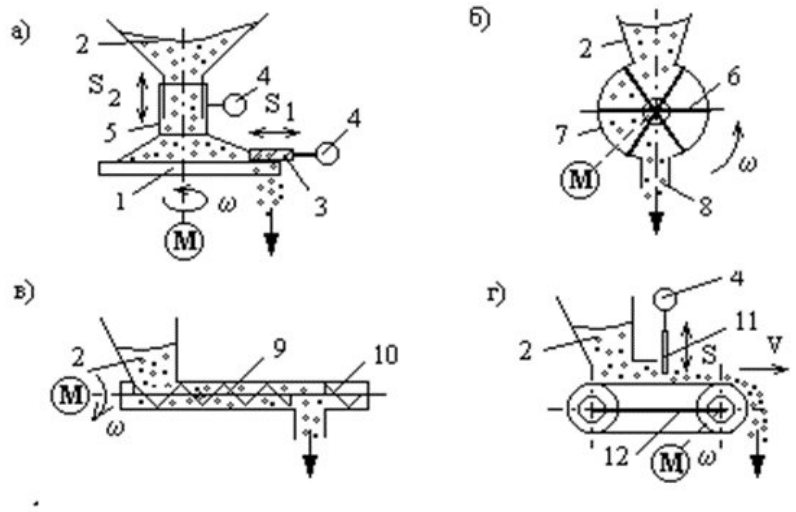


Рисунок 3. Основные типы механических питателей

а) тарельчатый; б) секторный; в) шнековый; г) ленточный;
1 – вращающийся диск; 2 – расходный бункер; 3 – плужковый сбрасыватель (нож);
4 – исполнительный механизм; 5 – манжета; 6 – лопастное колесо;
7 – корпус; 8 – разгрузочное отверстие; 9 – шнек; 10 – обратные лопасти;
11 – вертикальный шибер; 12 – рама.

[2] Семенова Е. Г. Технология пищевых производств. Учебное пособие для СПО. – СПб.: Лань, 2023.

Бункеры и затворы к ним

Бункерами называются хранилища для сыпучих и кусковых материалов емкостью до 100 м3 а более. Большей частью бункеры имеют пирамидальную или коническую ферму и изготовляются из стали, а также из железобетона и дерева. Загрузка производится при помощи различных транспортных устройств, подающих материал в бункеры.

Выгрузка происходит через сужающееся книзу днище с выпускным патрубком, к которому крепится разгрузочное устройство – затвор или питатель. Для равномерной и бесперебойной выгрузки материала из бункера угол наклона, а его стенок к горизонту должен быть больше угла естественного откоса материала (обычно $\alpha = 45–50°$).

Чтобы устранить зависание или сводообразование материала, которое возможно вследствие его плохой сыпучести, смерзания или слеживания, в нижней части бункера часто устраивают щели или отверстия для ручного шурования материала.

В ряде случаев разрушение сводов в бункерах достигается с помощью пневматического разрыхления (аэрирования) материала, к которому снизу через пористые плитки или сопла подводится сжатый воздух. Для этой же цели успешно используются механические вибраторы, устанавливаемые снаружи на стенках стальных бункеров.

Для открывания и закрывания выпускных отверстий бункеров, а также для грубого регулирования потока выгружаемого материала служат затворы.

В условиях химических производств широко распространены плоские (шиберные) и секторные затворы.

Плоские затворы делятся на простые рычажные и реечные.

Перемешивающие устройства

В химической технологии перемешивание применяют для улучшения тепло- и массообмена, получения равномерных смесей нескольких жидкостей, жидкости и твердого тела, жидкости и газа. Хотя основной задачей перемешивания

в большинстве случаев является равномерное распределение вещества или температуры в перемешиваемом объеме, иногда задача перемешивания заключается в создании высоких скоростей среды около теплообменных поверхностей с целью интенсификации теплообмена.

Способы перемешивания. Известны несколько видов перемешивания:

- механическое;
- циркуляционное;
- барботажное.

Барботажное перемешивание осуществляется путем барботажа инертного газа или газообразных веществ через жидкость.

Циркуляционное перемешивание происходит за счет больших скоростей движения (насосом). Это перемешивание целесообразно применять в том случае, когда имеется необходимость отвода тепла через развитую поверхность теплообмена, т.е. через выносной теплообменник.

Механическое перемешивание в жидкой среде, а также в пастообразных и вязких материалах осуществляется с помощью мешалок, которые по конструктивной форме, в зависимости от устройства лопастей, разделяются на:

- лопастные;
- листовые;
- якорные;
- рамные;
- турбинные;
- пропеллерные;
- специальные.[3]

[3] Семенова Е. Г. Технология пищевых производств. Учебное пособие для СПО. – СПб.: Лань, 2023.

Список использованной литературы

1. Баймишев Р.Х., Долгошева Е.В. Производственные практики. Методические указания. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2022. – 32 с.

2. Семенова Е.Г. Технология пищевых производств. Учебное пособие для СПО. – СПб.: Лань, 2023. – 92 с.