МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

РЕФЕРАТ

По теме: «Теоретические основы измельчения твердых тел»

Работа

Студентки группы 3 – Ф – 68

Сомовой Юлии

Процесс измельчения широко применяется в химико-фармацевтическом производстве, особенно в фитохимических цехах. *Измельчение* представляет собой *процесс механического деления твердых тел на части*. В результате измельчения увеличивается поверхность обрабатываемых материалов, что позволяет значительно ускорить растворение, химическое взаимодействие, выделение биологически активных веществ из измельченного материала.

Переработка материалов в измельченном виде позволяет значительно ускорить экстрагирование и тепловую обработку материалов, провести указанные процессы с незначительными потерями действующих веществ и меньшим расходом тепла [1]. (

Применение твердых материалов, раздробленных на мелкие куски (путем дробления) или измельченных в порошок (путем размола), позволяет значительно ускорить растворение, обжиг, химическое взаимодействие, т.е. различные процессы, протекающие тем быстрее, чем больше поверхность участвующего в них твердого вещества.

В настоящее время для измельчения материалов применяют машины различных типов, начиная от крупных щековых дробилок, дробящих глыбы материала объемом до 2м3, и кончая коллоидными мельницами, измельчающими продукты на частицы размером до 0,1мк.

Дробление и размол характеризуются *степенью измельчения* – отношением диаметра *d*к кусков после измельчения:

*d*н

i= (1)

*d*к

Куски исходного материала и куски или зерна, получаемые в результате измельчения, не имеют правильной (симметричной) формы поэтому на практике размеры кусков (*d*н и *d*к) определяют размером отверстий сит, через которые просеивают сыпучий материал, т.е. с помощью ситового анализа. (Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Изд – во хим. Лит – ры, 19682. С.49.)

Для расчета среднего характерного размера кусков материал разделяют с помощью набора сит на несколько *фракций*. В каждой фракции находят средний характерный размер как полусумму характерных размеров максимального *d*max и минимального *d*min кусков:

*d*max + *d*min

*d*ср= . (2)

2

Практически размер максимальных кусков определяется размером отверстий сита, через которое проходит весь материал данной фракции, а размер минимальных кусков – размером отверстий сита, на котором данная фракция остается.

Средний характерный размер куска в смеси вычисляют по уравнению

*d*ср1\**а1*+ *d*ср2\**а2*+…+ *d*ср\* *аn*

*d* = . (3)

*а1+ а2*+…+ *аn*

где *d*ср1, *d*ср2, …*d*срn – средние размеры кусков каждой фракции; *а1*, *а2*, …, *аn* – содержание каждой фракции, % мас.

Найденные таким образом средние характерные размеры кусков *D* исходного и *d*измельченного материалов используются для расчета степени измельчения по формуле (3).

В зависимости от размера кусков исходного материала и конечного продукта различают два типа измельчения: 1) дробление ;2) размол (порошкование).

Приблизительная характеристика классов дробления и размола приведена в табл.1:

*Таблица 1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Классы измельчения** | ***D,*мм** | ***d,*мм** |
| Крупное (дробление)  Среднее (дробление)  Мелкое (дробление)  Тонкое (размол)  Коллоидное (размол) | 1000÷200  250÷50  50÷25  25÷3  0,2÷0,1 | 250÷40  40÷10  10÷1  1÷0,4  до 0,001 |

Крупное, среднее и мелкое дробления осуществляют в дробилках сухим способом, а тонкое коллоидное измельчения – сухим и мокрым способом. При мокром дроблении уменьшается пылеобразование и получают частицы, более однородные по размеру, облегчается также выгрузка материала.

Дробление материалов осуществляется раздавливанием, ударом, истиранием, раскалыванием и распиливанием, резанием, разламыванием.

Для достижения оптимальной степени измельчения процесс осуществляют постадийно на последовательно соединённых дробильно-размольных машинах.

Изрезывающие машины используют для измельчения растительного материала (корней, стеблей, цветков и др.).

Раздавливание применяют при крупном и среднем измельчениях, истирание – при тонком измельчении.

В зависимости от физико-математических свойств исходных материалов используют следующие способы измельчения (табл.2):

*Таблица 2*

|  |  |
| --- | --- |
| **Материал** | **Способы измельчения** |
| Твердый и хрупкий  Твердый и вязкий  Хрупкий, средней твердости  Вязкий, средней твердости | Раздавливание, удар  Раздавливание, распиливание  Удар, раскалывание и истирание  Истирание или истирание и удар, распиливание |

(Чуешов В. И. Промышленная технология лекарств. Т.1. – Х.: МТК – Книга,2002. С.32 – 34)

**Виды измельчения Типы машин**

Щековые дробилки

Крупное дробление

Тонкое измельчение

Мелкое дробление

Среднее дробление

Вибрационные мельницы и дробилки

Ролико-кольцевые мельницы

Барабанные машины

Молотковые дробилки

Валковые дробилки

Конусные дробилки

Сверхтонкое измельчение

Коллоидные мельницы

Ударно-центробежные дробилки и мельницы

Струйно-вибрационные мельницы

По современным воззрениям, процесс деформации твердых тел заключается в том, что под действием внешних сил в наиболее слабых местах тела образуются замкнутые или начинающиеся на поверхности мельчайшие трещины. При прекращении внешнего воздействия трещины под действием молекулярных сил могут смыкаться ( «Самозаживляться»); при этом тело подвергается лишь упругой деформации. Разрушение тела происходит в том случае если трещины на столько увеличиваются, что пересекают твердое тело по всему его сечению в одном или нескольких направлениях. В момент разрушения деформирующегося тела напряжение в нем превышает некоторое избыточное значение, упругая деформация сменяется деформацией разрушения и происходит измельчение.

Процессы измельчения связаны с значительным расходом энергии на образование новых поверхностей, на преодоление внутреннего трения частиц при их деформации во время разрушения и на преодоление внешнего трения между материалом и рабочими частями машины.

Теория процесса измельчения устанавливает зависимость между энергией, затраченной на измельчение твердого тела, и результатом измельчения, т. е. размером кусков ( зерен ) продукта измельчения.

Теория измельчения основывается на двух гипотезах: объемной и поверхностной.

*Объемная теория.* Эта теория была впервые предложена и доказана Л. В. Кирпичевым в 1874 г.

Согласно объемной теории, расход энергии на дробление пропорционален объему тела и, следовательно, отношение работ А1 и А2, затраченных на дробление двух тел, имеющих объемы V1 и V2, равно

А1 V1

= (4)

А2 V2

Работа равна произведению силы P на деформацию и по закону Гука пропорциональна линейному размеру l тела, т. е. А = Pal (a – коэффициент пропорциональности). Объем тела пропорционален его линейным размерам и может быть выражен зависимостью V=bl3 (b – коэффициент пропорциональности). Соответственно выражение (4) принимает вид:

P1al1 bl31

=

P2al2 bl32

откуда

P1 l21

= (5)

P2 l22

Таким образом по теории Кирпичева для однородных твердых тел усилия дробления пропорциональны квадратам их сходственных линейных размеров или поверхностям тел, а произведенная работа пропорциональна объемам или весам этих тел.

*Поверхностная теория.* Согласно этой теории, работа, затраченная на дробление, пропорциональна поверхности кусков, образующихся при дроблении. Поверхность материала при дроблении возрастает обратно пропорционально конечному размеру кусков dk, который, согласно зависимости (1) равен dн/і.

Тогда при одинаковой крупности кусков исходного материала получим для различной степени дробления:

І1

А1 dн  І1

= = (6)

А2  І2 І2

dн

т. е. работа, затрачиваемая на дробление, пропорциональна степени измельчения маиериала.

Несмотря на то, что обе теории не отражают в полной мере всех явлений, происходящих при дроблении, исследования В. А. Баумана показали, что теория Кирпичева хорошо согласуется с опытными данными при крупном и среднем дроблении, осуществляемом главным образом раздавливанием и ударом. Поверхностная теория более соответствует процессам мелкого дробления и тонкого измельчения, связанным с истиранием и иногда с раскалыванием материала.

Таким образом, обе гипотезы близки в определенной степени к истине и, следовательно, дополняют друг друга. Это нашло отражение в единой теории дробления, предложенной П. А. Ребиндером.

По Ребиндеру, работа, затрачиваемая на дробление, в общем случае равна сумме двух слагаемых:

А=σΔF+kΔV (7)

Первый член данного выражения представляет собой энергию, расходуемая на образование новых поверхностей при разрушении твердого тела. Эта энергия равна удельной поверхностной энергии σ (приходящейся на единицу поверхности тела), умноженной на поверхность ΔF, образующуюся при разрушении. Второй член уравнения выражает энергию деформации. Она равна работе k упругой (и пластической) деформации на единицу объема твердого тела, умноженной на часть объёма тела ΔV, подвергшуюся деформации.

Уравнение (7) является частным случаем закона сохранения энергии, согласно которому процесс дробления характеризуется переходом одного вида энергии твердого тела в другой. До разрушения тело обладает потенциальной энергией, т. е. находится под действием внешних сил в состоянии упругой деформации. В результате разрушения потенциальная энергия переходит в кинетическую, причем энергия деформации превращается в тепло и рассеивается в окружающую среду.

При крупном дроблении величина вновь образующейся поверхности, в следствии больших размеров исходного материала, сравнительно невелика. Поэтому в данном случае второй член kΔV уравнения (7) значительно превышает первый член σΔF и расход энергии на дробление приблизительно пропорционален обыему твердого тела.

При тонком измельчении вновь образующаяся поверхность очень велика, поэтому в уравнении (7), описывающем этот процесс, первый член во много раз больше второго. В связи с этим расход энергии на измельчение приблизительно пропорционален вновь образовавшейся поверхности.

Теория Ребиндера хорошо согласуется с опытом, а описанные выше объемная и поверхностная теории основываются на ней и могут рассматриваться как частные случаи. (Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Изд – во хим. Лит – ры, 19682. С.51 – 54)

Расход энергии при измельчении возрастает с уменьшением размера частиц. В связи с этим во избежание непроизводительных затрат крайне важно, чтобы при организации процесса был заранее известен ожидаемый размер частиц после дробления. «Не дробить ничего лишнего» - таково основное правило дробления.

С целью уменьшения расхода энергии в ряде случаев целесообразно периодически удалять достаточно измельченные частицы из зоны помола.

Фактический расход энергии на измельчение определяется экспериментальным путем с учетом свойств материала и степени измельчения.

Все измельчители применительно к условиям фармацевтического производства можно разделить на

1. машины для предварительного измельчения;
2. машины для окончательного измельчения.

В новейших отечественных руководствах измельчители предпочитают классифицировать по способам измельчения. В этом случае все измельчители, применяемые в фармацевтическом производстве, можно условно разделить на следующие группы:

1. Изрезывающего и распиливающего действий (траворезки-соломорезки, корнерезки, машины с дисковыми пилами).
2. Раскалывающего и разламывающего действий (щековые дробилки).
3. Раздавливающего действия (гладковалковые дробилки – вальцовые мельницы, валковые дробилки с нарезной рифленой поверхностью).
4. Истирающе – раздавливающего действия (дисковые мельницы – эксцельсиор).
5. удоарлного действия (молотковые мельницы, дезинтеграторы, дисмембраторы, струйные мельницы).
6. Ударно – истирающего действия (шаровые мельницы, вибромельницы).
7. Коллоидные измельчители (струйные, вибрационные).

Для крупного дробления применяют щековые и конусные дробилки, в которых материал с размером кусков не более 1500 мм измельчается под действием на него в основном раздавливающих и раскалывающих усилий до кусков размером около трехсот ста мм.

После крупного дробления материал подвергают в случае необходимости измельчению в дробилках среднего и мелкого дроблений, в которых измельчение осуществляется приблизительно от 100 мм (размер наиболее крупных кусков исходного материала) до 10 – 12 мм. Для среднего и мелкого дроблений используют валковые и ударно – центробежные мнльницы.

Для тонкого измельчения от кусков с размером 10 – 12 мм до частиц размером 2 – 0,0075 мм применяют барабанные и кольцевые мельницы. В них материал измельчается под одновременным действием раздавливающих, ударных и истирающих усилий.

Для сверхтонкого измельчения применяют вибрационные, струйные и коллоидные мельницы, в которых частицы материала измельчаются приблизительно от 10 - 1 мм до 75\*10-5 – 1\*10-4 мм. (Чуешов В. И. Промышленная технология лекарств. Т.1. – Х.: МТК – Книга,2002. С.37 – 38)

Выбор дробилок и мельниц производят в зависимости от вида измельчения, а также от физико – механических свойств измельчаемого материала ( твердость, хрупкость, абразивность и др.).

Для крупного измельчения наиболее широко применяются щековые дробилки. Конусные дробилки обладают большей производительностью, чем щековые, требуют меньшего расхода энергии, дают более равномерный продукт с меньшим содержанием мелочи и отличаются спокойной работой. Однако вследствие более сложной конструкции большего веса и большей стоимости конусные дробилки целесообразно применять для крупного дробления только при большой производительности, когда одна конусная дробилка может заменить две или более щековых. Во всех остальных случаях следует отдавать предпочтение щековым дробилкам.

Валковые дробилки значительно уступают по производительности грибовидным, но при небольших производительности и степени измельчения целесообразние применять валковые дробилки, отличающиеся простотой, компактностью и надежностью работы. Для хрупких материалов наиболее пригодны высокопроизводительные зубчатые валковые дробилки, простые по конструкции и требующие небольшого расхода энергии.

Молотковые дробилки мало пригодны для измельчения очень твердых и абразивных материалов (быстрый износ) или влажных материалов, содержащих более 15% влаги (забивание решетки). Для влажных материалов небольшой твердости более приспособлены дезинтеграторы.

Тонкое измельчение материалов (примерно до 100 мк) прозводится приимущественно в шаровых мельницах. Ролико – кольцевые мельницы применяются лишь для тонкого измельчения материалов небольшой твердости (например, для измельчения фосфоритов), а также для обработки материалов, не пригодных к измельчению в шаровых мельницах. Вследствие сложности устройства ролико – кольцевые мельницы применяют значительно реже барабанных.

Вибрационные мельницы могут быть наиболее эффективно использованы для получения высокодисперсных измельченных продуктов (не более 60 мк) при условии их предварительного измельчения примерно до 2 мм в дробилках или мельницах других типов. Вибрационные мельницы не пригодны для измельчения липких порошков и вязких паст.

Для сверхтонкого измельчения ряда материалов (каменный уголь, сухие красители, двуокись титана и др.) перспективно применение струйно – вибрационных мельниц.

Измельчение может проводиться в открытом и замкнутом циклах.

При измельчении в открытом цикле куски материала проходят через дробилку (мельницу) только один раз, не возвращаясь в неё. Обычно в открытом цикле проводят крупное и среднее измельчение, если нет необходимости получать конечный продукт точных размеров. При наличии мелочи в исходном материале его предварительно подвергают грохочению (рис.1.а).

При измельчении в замкнутом цикле дробилка (мельница) работает с грохотом или классификатором, при помощи которого слишком крупный продукт непрерывно возвращается для повторного измельчения в дробилку или в мельницу (рис.1.б)такая схема широко применяется при тонком измельчении, когда требуется однородность размеров конечного продукта. Работа по замкнутому циклу позволяет снизить расход энергии на измельчение и повысить производительность дробилки.

На рис. 1 изображены наиболее простые схемы измельчения в один прием. При изиельчении в два приема (рис.2.)материал после щековой дробилки поступает на поверочное грохочение, а затем направляется в валковую дробилку. Такая схема позволяет получать равномерный по крупности продукт измельчения.

Количество материала, возвращаемого на повторное измельчение, при работе по замкнутому циклу («циркуляционная нагрузка») составляет 300 – 600 % от веса исходного материала.

Величина циркуляционной нагрузки при дроблении в замкнутом цикле с предварительным грохочением определяется по формуле:

a

x = η – r  (8)

где а – весовая доля крупных кусков в исходном материале;

η – содержание крупной фракции в верхнем продукте грохота (к.п.д. грохота);

r – весовая доля кусков крупнее заданного размера в продукте дробления.

При измельчении в замкнутом цикле с поверочным грохочением циркуляционная нагрузка составляет:

r

х = η – r (9)

в среднем весовая доля крупной фракции в дробленном материале равна: для щековых и конусных дробилок r  **=** 0,7для грибовидных r  **=** 0,4 , для валковых r  **=** 0,7 – 0,8. (Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Изд – во хим. Лит – ры, 19682. С.82 – 84)

Исходный Исходный материал

материал

1 Грохочение(предварительное)

2

крупный мелкий

(верхний) (нижний) продукт продукт

дробление

конечный продукт

а)

1

Исхдный

Исходный материал материал

дробление

2

Грохочение (поверочное)

крупный мелкий

(верхний) (нижний) продукт продукт

б)

рис.1. Схемы измельчения в один прием:

а) – по открытому циклу; б) – по замкнутому циклу; 1 – грохот; 2 – дробилка;

Исходный

материал

Дробление (щековая дробилка)

1 Грохочение (поверочное)

2

3 Нижний

Продукт продукт

Дробление (валковая дробилка)

Конечный продукт

Рис.2. Схема измельчения в два приема:

1 – щековая дробилка; 2 – грохот; 3 – валковая дробилка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чуешов В. И. Промышленная технология лекарств. Т.1. – Х.: МТК – Книга,2002. С.32.