CZASOPISMO TECHNICZNE M
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

z. 2-M/2008
ISSN 0011-4561
ISSN 1897-6328

ВАЛЕРЬЯН БЛИНИЧЕВ, ТАТЬЯНА ГУЩИНА, ИРИНА ПОСТНИКОВА*,
ЯНУШ КРАВЧИК**

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В СЕПАРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЕ УДАРНО-ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

PROCESS DESCRIPTION OF FINE DISINTEGRATION IN THE SEPARATION IMPACT-REACTION MILLS

Аннотация

В данной статье рассматриваются основные положения для расчета гранулометрического состава измельчаемых материалов в многоступенчатых мельницах ударно-отражательного действия с сепарационной выгрузкой продуктов измельчения.

Ключевые слова: ударное измельчение, кольцевая сепарационная зона, критическая скорость измельчения , гранулометрический состав.

Abstract

In the article the basic assumptions for estimation of composition the size analysis of the grain materials disintegrated in the multi-step, impact-reaction mills working with classifying discharge of products are considered.

Keywords: impact disintegration, circular separation zone, critical speed of crumbling, grain size analysis.

* Д.т.н. профессор Валерьян Н. Блиничев, ст. преподаватель Татьяна В. Гущина, к.т.н. доцент Ирина В. Постникова, Ивановский Государственный Химико-Технологический Университет.

** Д.т.н. профессор Януш Кравчик, Краковская Политехника.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Разработка новых композиционных и строительных материалов связана с необходимостью получения большого количества тонкодисперсных материалов. Тонкодисперсные материалы – порошки, как правило, имеют ограничения по содержанию крупных частиц выше заданной границы. Для обеспечения условий получения тонкодисперсных порошков заданного гранулометрического состава необходима разработка как новых конструкций измельчителей, так и методов их расчета.

Получение тонкодисперсных порошков осуществляется в настоящее время по двум технологическим схемам: а) измельчитель – выносной центробежный классификатор; б) измельчитель со встроенным классификатором.

Получение тонкодисперсных порошков по первой схеме имеет определенные недостатки, связанные, во-первых, с направлением в мельницу непрерывного потока частиц с размерами больше граничного, выходящего из выносного классификатира, а во-вторых, с большими габаритами установки.

Измельчители со встроенными классификаторами более предпочтительны, так как имеют значительно меньшие габариты и существенно лучшие условия для транспортировки отделенных в классификаторе крупных фракций на повторное измельчение.

Рассмотрим структурную схему непрерывного измельчения в одной из многоступенчатых мельниц ударно-отражательного действия с сепарационной выгрузкой измельченного материала, разработанных в ИГХТУ [1, 2]. Схема представлена на рис. 1.

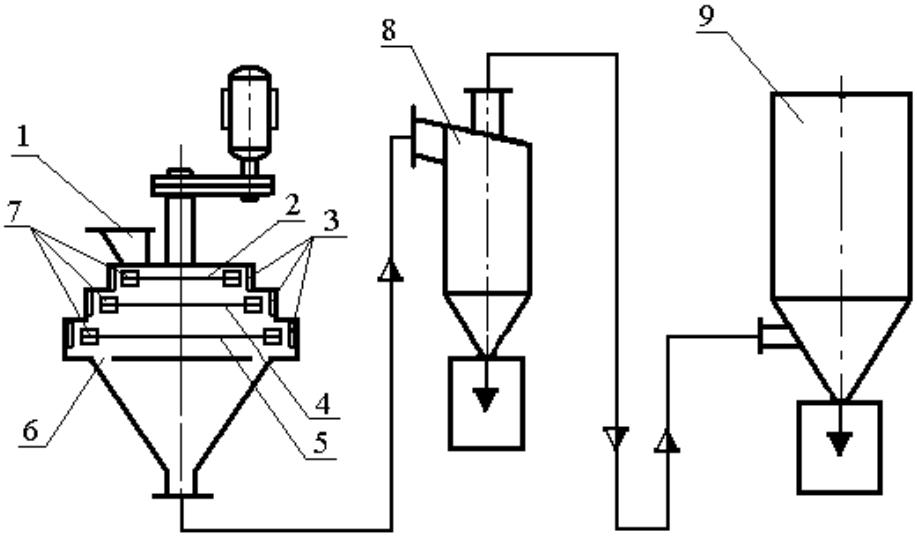

Рис.1. Структурная схема многоступенчатого измельчителя ударно-отражательного действия
1 – загрузочный патрубок; 2 – ротор 1^{й} ступени; 3 – отбойники; 4 – ротор 2^{й} ступени; 5 – ротор 3^{й} ступени; 6 – кольцевая сепарационная зона; 7 – била; 8 – циклон; 9 – фильтр

Fig. 1. Structural scheme of multi-step disintegration in the impact-reaction mills

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Измельчение материалов осуществляется в многоступенчатых сепарационных мельницах следующим образом.

Исходный материал с размерами, как правило, менее 5–15 мм поступают в мельницу через патрубок 1. Частицы материала поступают на ротор первой ступени, где разгоняются билами 7. Исходный спектр частиц направляется на первичное измельчение об отбойники 3. Отраженные от отбойника частицы повторно нагружаются последующим билом ротора первой ступени при скоростях уже близких линейной скорости бил. Под действием гравитационных сил и сил аэродинамического сопротивления потока воздуха, нагнетаемого билами 7, измельченные частицы поступают на вторую ступень измельчения, где также испытывают ударное нагружение билами 7, но уже с большей скоростью удара как о била, так и об отбойники 3. Далее они поступают на 3-ю ступень измельчения и ударно нагружаются о била и отбойники до тех пор, пока силы аэродинамического сопротивления воздушного потока не будет больше центробежных сил ротора 3-ей ступени.

Тонкодисперсные частицы, выносимые из кольцевой сепарационной зоны 6 воздушным потоком, отделяются от него в циклоне 8 и фильтре 9, стоящих в технологической линии тонкого измельчения.

Задачей расчета подобного измельчителя является следующее:

а) Рассчитать скорости первичного и вторичного ударов на каждой ступени из условия, что каждый последующий удар о била 7 должен быть со скоростью, большей критической скорости удара частиц среднего размера, подлежащих измельчению. После каждого удара средний размер частиц, подлежащих измельчению, должен пересчитываться;

б) Рассчитать число ударов о била и отбойники каждой ступени;

в) Рассчитать конструктивные и режимные параметры работы 3-ей измельчительно-сепарационной ступени, обеспечивающей получение тонкодисперсных материалов заданного гранулометрического состава при минимизации энергозатрат.

Критическую скорость первого удара можно рассчитать по следующей зависимости (1) [1]

$$V_{кр1} = \frac{30 \cdot \left(\frac{\tau_{ср}}{\rho} + 1 \right)}{X_{исх}^{0,4}} \qquad (1)$$

Здесь:

$V_{кр1}$ – критическая скорость для первого удара, м/с;

ρ – плотность материала, кг/см^3;

$\tau_{ср}$ – предельная нагрузка на срез, кг/мм^2;

$X_{исх}$ – исходный размер частиц;

$V_{кр}$ – скорость удара частиц размером X_i, при которой вероятность их разрушения составляет 50% .

Критическая скорость удара возрастает в степенной зависимости с уменьшением линейного размера частиц.

Проведенные нами исследования показывают, что энергосберегаемая проектируемая скорость ударного нагружения билами ротора должна быть на 25–30% больше

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

критической скорости для частиц среднего размера входящего на каждую ступень потока измельчаемого материала.

Число ударных нагружений билами для первой и второй ступени измельчения можно рассчитывать по полученной нами эмпирической зависимости

$$n = 205 \cdot e^{-3Q} \cdot V^{-0,7} \cdot X_{ср}^{0,3} \tag{2}$$

где:

Q – производительность измельчителя, т/ч;

V – скорость бил ротора, м/с;

$X_{ср}$ – средний размер исходных частиц, мм.

Скорость ударного нагружения об отбойники должна рассчитываться по уравнению [1]

$$m_{ч} \cdot \frac{dV_{т}}{dt} = K_{с} \cdot \rho_{с} \cdot S_{мид} \cdot \frac{\left(V_{т} - V_{г}\right)^{2}}{2} \pm K_{стох} \tag{3}$$

За начальную скорость частиц принимается окружная скорость бил ротора рассчитываемой ступени.

$K_{стох}$ – стохастическая сила, зависящая от пульсаций газовых потоков, упругих свойств измельчаемых частиц, которая определяется в ходе специальных исследований.

Стохастическая пульсационная сила $K_{стох}$ оказывает большое влияние на вынос в продукт крупных неизмельченных частиц и должна учитываться при конструировании сепарационных устройств в мельницах ударного действия.

Вероятность разрушения частиц при каждом ударе рассчитывается по следующему уравнению [1, 2]

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \tag{4}$$

В уравнении (4) безразмерный комплекс t зависит как от реальной скорости ударного нагружения, так и от критической скорости ударного разрушения, зависящей от прочности частиц и их размеров

$$t = 2,5 \cdot \lg \frac{V}{V_{кр}} \tag{5}$$

где: V – скорость ударного нагружения, м/с;

$V_{кр}$ – критическая скорость ударного нагружения, м/с.

Критическая скорость ударного нагружения может быть рассчитана по эмпирическому уравнению [1]

$$V_{кр} = \frac{45 \cdot \left(\frac{\tau_{ср}}{\rho} + 0,67\right)}{X_{i}^{0,4}} \tag{6}$$

где: X_i – текущий измельчаемый размер частицы, мм.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Распределительную функцию разрушившихся при ударе частиц рассчитываем по модифицированному уравнению Розина-Раммлера

$$D_x = 1 - e^{k^{0,53}} \tag{7}$$

где

$$k = \frac{\dfrac{X_i}{X_{исх} - X_i}}{2,65 \cdot \dfrac{V}{V_{кр}}} \tag{8}$$

Для расчета гранулометрического состава частиц, измельченных в мельнице без внутренней сепарации, используют матричный подход [2]

$$F_к(X) = (1 - P(X_i)) \cdot F_0(X) + P(X_i) \cdot F_0(X) \cdot D(X_i) \tag{9}$$

Где:

$P(X_i)$ – вероятность распределения частиц i-го размерав в виде треугольной матрицы;

$F_0(X)$ – начальное распределение частиц в виде линейной матрицы;

$D(X_i)$ – распределительная функция.

На вход в сепарационную зону будет поступать поток измельченных частиц при n – последовательно реализованных ударных нагружений и в каждом следующем нагружении расчет гранулометрического состава будет вестись по уравнению (9).

В сепарационной зоне будет осуществляться разделение потока частиц по задаваемому граничному размеру.

Задаваемый граничный размер будет зависеть от требований заказчика-пользователя измельчителей.

Обычно заказчик предъявляет два требования:

– $X_{\max}^{прод} \prec X_к$, т.е. в продукте не должно быть частиц размером больше $X_к$;

– содержание частиц размером более X_i должно быть менее n %.

В идеальном случае граничный размер частиц, унесенных потоком воздуха в продукт, будет определяться из равенства двух сил: а) силы сопротивления регулируемого расхода воздушного потока; б) центробежной силы, создаваемой вращающимися элементами последнего ротора в сепарационной зоне.

Большое влияние на величину граничного размера выносимых в продукт частиц будет оказывать стохастическая пульсационная сила, величину которой необходимо сводить к минимуму за счет конструктивных и режимных параметров работы мельницы.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Литература

[1] Блиничев В. Н.: *Разработка оборудования и методов его расчета для интенсификации процессов тонкого измельчения материалов и химической реакции в твердых телах.* Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. Иваново, 1975.

[2] Яшков В. В., Федосов С. В., Блиничев В. Н.: *Метод расчета гранулометрического состава материала в совмещенном процессе сушки и измельчения в мельницах ударно-отражательного действия*, *Интенсификация процессов переработки сыпучих материалов*, Межвуз. сб. научн. трудов/Ивановск. хим.техн. ин-т. Иваново, 1987.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ