

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гусев, Ю.Б. К вопросу о классификации и методах расчета грейферных перегружателей мостового типа / Ю.Б. Гусев, А.Ю., Танченко / Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – № 42. – 156 с.
2. Чмырь, Ю.В. Исследования и практика применения магнитной структуроскопии при техническом диагностировании кранов-перегружателей завода «Сибтяжмаш» / Подъемные сооружения. Специальная техника / Одесса, 2011, 32 с.
3. Королёв, В.П. Менеджмент технологической безопасности стальных конструкций в коррозионных средах / Королёв В.П., Шимановский В.Н., Гибаленко А.Н. / Донецк, 2008. – 121 с. – ISBN 978-966-8242-70-0
4. Маругин, В.М. Квалиметрическая экспертиза строительных объектов / – СПб.: Политехника, 2008. – 527 с. – ISBN 978-5-7325-0672-3
5. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. / Научное издание. – М.: Издательство АСВ 2007. – 256с.
6. Заключение №12-07 ДЦТБ по результатам технического диагностирования рудно-грейферного крана РГК-1 грузоподъемностью 32 т пролетом 76.2 м, регистрационный № 348М, заводской № 002189.
7. ДБН 362–92. «Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації»

УДК 621.926.

Иванов А.Н.*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры***МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ, ПРОВЕДЕННЫХ НА ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО И НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Измельчение материалов является самым энерго- и трудоемким процессом в различных отраслях промышленности. Дроблению и помолу подвергаются сотни миллионов тонн различных материалов: руды - в горнорудной промышленности на обогатительных фабриках, уголь и сланцы - на тепловых электростанциях, сжигающих топливо в пылевидном состоянии, уголь - на коксохимических заводах перед коксованием, известняки и доломиты, используемые в качестве флюсов на металлургических заводах, гранит и другие горные породы для приготовления щебня, а также известняк, мел, клинкер, шлаки - для получения цемента и т.д. Например, около 85% электроэнергии, затрачиваемой на производство цемента, приходится на дробление и помол, 75% из которых приходится только на помол.

Основным помольным агрегатом, несмотря на невысокий КПД, по-преж-

нему остаются шаровые и трубные мельницы благодаря высокой производительности, простоте их конструкции и надежности. На помол одной тонны цемента марки 400 расходуется 40 кВт/ч, марки 500 - 50 кВт/ч, марки 600 - 60 кВт/ч, при соответствующем снижении производительности (в % по отношению к марке 400): 100, 70-80, и 50-70.

Учитывая вышеизложенное, становится очевидным необходимость повышения энергетической эффективности и дисперсных характеристик (тонкости помола) трубных мельниц. Одним из основных мероприятий в этом направлении является создание новых адаптированного и пульсирующего режимов работы мелющей загрузки, не требующих никаких дополнительных капитальных затрат. Суть нового режима состоит в чередовании по длине окружности корпуса мельницы участков футеровки с высоким и низким коэффициентами сцепления, что

создаёт пульсирующий режим работы шаров.. Благодаря этому разрушается малоэффективное центральное «мёртвое» ядро, образующееся в результате обратной поперечной сегрегации шаров (крупные - в центре, мелкие - на периферии), интенсифицируется работа мелющей загрузки, нарушается не только поперечная сегрегация шаров, но и частиц измельчаемого материала, все это приводит к повышению эффективности процесса измельчения.

Так как в каждом поперечном сечении мельницы по ее длине есть одновременно и крупные и мелкие частицы, то необходимо, чтобы и мелющие тела работали в течение каждого оборота то в водопадном, то в каскадном режиме пропорционально количеству частиц, требующих измельчения ударом и истиранием. Соотношение количества этих частиц можно определить из диаграммы помола, построенной по остаткам на сите, размер ячеек которого соответствует граничному размеру частицы, требующей измельчения истиранием. Тогда ординаты под и над диаграммой помола покажут количество соответственно крупных и мелких частиц. Аналитически это можно записать, как

$$\frac{T_B}{T_K} = \frac{R}{100 - R} \quad (1),$$

где T_B и T_K – время работы мелющих тел за один оборот корпуса мельницы соответственно в водопадном и каскадном режимах в любом искомом поперечном сечении по длине мельницы; R - весовые остатки измельчаемого материала (%) в любом искомом поперечном сечении по длине мельницы в пробах на сите, размер которого отвечает размеру частиц, требующих измельчения истиранием. Исследования показали, что для клинкера этот размер равен 0,5мм.

Рассмотрим закономерность изменения режимов работы как за время одного оборота корпуса, так и по длине мельницы. На рис. 1 дана диаграмма помола по остаткам на сите 05. Начальное количество крупной фракции R_0 . Вес крупных частиц текущего контроля определяется процентным содержанием остатка R в пробе на контрольном сите, а вес мелких

частиц, прошедших через сито, равен $R_0 - R$ (рис.1).

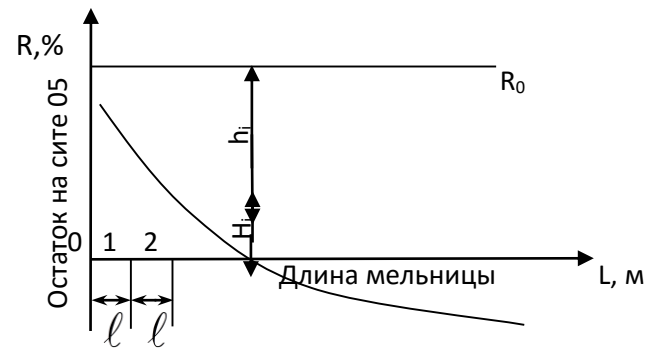


Рис.1. Диаграмма помола по остаткам на сите 05

Высота ординат H_i диаграммы помола мельницы непрерывного действия длиной L показывает количество крупных частиц в рассматриваемом сечении, а величина h_i - мелких частиц. Сумма ординат $H_i + h_i = R_0$. Величину R определяют из диаграмм помола как

$$R = R_0 10^{-kL^m}, \quad (1)$$

где k и m - постоянные для данного материала параметры.

Следовательно, размер ячеек сита равен 0,5 мм, т.е. все частицы измельчаемого клинкера крупнее 0,5 мм требуют измельчения ударом, а остальные - истиранием.

Для клинкера и других материалов подобной размалываемости, согласно данным по вышеназванной работе, средние значения коэффициентов k и m соответственно равны: $k = 0,12$; $m = 1$. Тогда имеем такое уравнение диаграммы помола

$$R = R_0 10^{-0,12L} \quad (2)$$

Поскольку R представляет на рис.1 ординату H_i , характеризующую количество крупных частиц (требующих измельчения ударом, т.е. водопадного режима), то время работы мелющих тел в водопадном режиме T_B за один оборот мельницы будет составлять от времени полного оборота мельницы T часть, пропорциональную H_i , т.е.

$$T_B = R_0 10^{-0,12L} T \quad (3)$$

Естественно, остальную часть оборота загрузка должна работать в каскадном режиме, поэтому

$$T_K = T - T_B \quad (4)$$

Очевидно, что также (рис.1) величина T_k пропорциональна величине h_i , характеризующей количество мелких частиц (требующих измельчения истиранием, т.е. каскадного режима) На рис.2 представлена диаграмма помола в периодической мельнице.

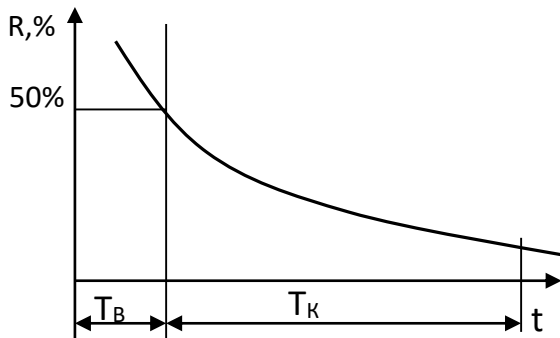


Рис. 2. Диаграмма помола в периодической мельнице

Итак за счет оптимального соответствия режима работы мелющих тел крупности измельчаемого материала в любом сечении по длине мельницы (это энергоадаптированный режим) повышается эффективность ее работы, снижаются энергозатраты, повышается тонкость помола.

С целью подтверждения этого по определенной методике были проведены эксперименты на специальном стенде, с лабораторной типовой шаровой мельницей МБ-500 конструкции ГипроЦемент. Мельница периодического действия состоит из 2-х автономных камер с отдельными загрузочными люками, с внутренним диаметром 500 мм и длиной каждой камеры 280 мм. Барабан внутри футеровался бронеплитами различного профиля.

Так как в мельницах периодического действия (МПД) за весь период измельчения (т.е. на всех его стадиях увеличения тонкости помола и изменения соотношения крупных и мелких частиц) футеровка остается неизменной, то влияние смены режимов в лабораторных периодических мельницах изучают по кинетике процесса измельчения каждого варианта чередования режимов. Выбирая наиболее крутые участки диаграмм помола для каждого варианта, затем komponуют общий оптимальный вариант применительно к мельницам непрерывного действия (МНД)

Движение потока измельчаемого материала в ТМ очень сложно и структура потока оказывает влияние на эффективность процесса помола. В НИИЦемент(е) разработана классификация 19-ти типовых математических структур моделей потока, из которых самой идеальной считается поршневая модель (идеального вытеснения).

Известно, что в МПД есть главное преимущество над МНД и заключается оно в том, что процесс измельчения в них реализуется в режиме идеального вытеснения, что обеспечивает максимальную энергетическую эффективность и качество продукта. С целью объединения преимуществ и устранения недостатков МПД и МНД Вердиян М.А. разработал МДНД (мельница дискретно-непрерывного действия) по понятным причинам при проведении лабораторных исследований лучше использовать МПД. В промышленности особенно при объёмах переработки обычно используют МНД..

Таким образом задача состоит в том, чтобы разработать методику переноса результатов опытов, полученных на МПД на МНД любых типоразмеров.

Следует иметь ввиду, что при удельной поверхности свыше $2500 \text{ см}^2/\text{г}$ наблюдается налипаемость частиц, которая накладывает свое влияние на характер зависимостей. В мельницах непрерывного действия это влияние снижается аспирацией и вводом поверхностно-активных веществ.

Перенос результатов опытов с периодических мельниц на непрерывные можно выполнить и таким образом. За критерий надо взять величину конечной удельной поверхности или остатков на ситах, полученных опытами на периодической мельнице. Зная какой длины при известном диаметре должна быть мельница непрерывного действия для достижения этой же тонкости помола, заменяем абсциссу времени на абсциссу длины. Затем по полученным автором зависимостям [2] определяют чередование и длину участков футеровки с высоким и низким коэффициентами сцепления по длине мельницы, как отношение ординат под и над диаграммой помола, построенной по остаткам на сите,

размер ячеек которого равен размеру частиц истирания (для клинкера 0,5 мм). Если имеется диаграмма помола по удельной поверхности S , то ее перестраивают по известным соотношениям (1) [3] в диаграмму по остаткам R на сите 0088, которую затем пересчитывают на остатки сита 05 [4].

Так, для цемента хорошую сходимость дает формула [3].

$$S=2500^{1.465} \sqrt{\lg \frac{100}{R}} \quad (5)$$

где S - удельная поверхность в $\text{см}^2/\text{г}$; R - остаток на сите 0088, в %.

Связь между остатками на ситах с разными размерами определяют как [4]

$$R_x=100 \left(\frac{R_l}{100} \right)^{\left(\frac{x}{l} \right)^n} \% \quad (6)$$

где R_x и R_l - остатки соответственно на исскомом сите с размером отверстий « x » и на известном с размерами « l »; n - коэффициент, отражающий количество мелких фракций в смеси.

$$n = \frac{\lg \ln \frac{100}{R_a} - \lg \ln \frac{100}{R_b}}{\lg \frac{a}{b}} \quad (7)$$

где R_a и R_b – соответственно остатки в % на любых ситах с размерами ячеек a и b .

При $n > 1$ в размолотом материале нет резкого преобладания мелких фракций, т.е. продукт имеет более ровную фракцию, при $n < 1$ наблюдается переизмельчение материала. Обычно для шаровых мельниц $n=0,8-1,2$.

Предложенная методика позволяет определить искомую величину остатка на сите 05 отдельно по известному остатку на сите 009 или только по остатку на сите 02, или по данным 2-х этих остатков вместе.

В нашем случае $x=0,5$ мм, $l=0,088$ мм, для аспирируемых трубных мельниц в среднем $n=0,86$.

Тогда

$$R_{0,5}=100 \left(\frac{R_{0,088}}{100} \right)^{\left(\frac{0,5}{0,088} \right)^{0,86}} = 100 \left(\frac{R_{0088}}{100} \right)^{4,455} \% \quad (9)$$

Как показали исследования автора, при сухом измельчении твердых материалов крупностью свыше 2 мм оптимальной

скоростью вращения барабана, является $\varphi = 0,79-0,88$ (см. рис.). Следует отметить, что скорость вращения барабана мельницы, обеспечивающая оптимальный угол отрыва мелющих тел, зависит от коэффициента сцепления загрузки с барабаном, т.е. от профиля футеровки.

В мельницах непрерывного действия различие в режимах работы мелющей загрузки в первой и второй камерах достигается за счет применения футеровки барабана с разными коэффициентами сцепления с загрузкой. В первой камере это волнистая, полочная, каблучковая и пр. футеровка с высоким коэффициентом сцепления, во втором – гладкая.

Поскольку в мельницах периодического действия в процессе помола изменять коэффициент сцепления с загрузкой не представляет возможным, то частоту ее вращения рассчитывают на «водопадный» режим, «каскадный» режим или на средний режим. Такой выбор рабочей частоты вращения барабана приводит к тому, что определенную часть периода измельчения мельница работает не в оптимальном режиме.

Логично предложить, что в идеальном случае рабочая частота вращения барабана n_p должна изменяться от максимальной до минимальной по определенному закону, диктуемому кинетикой измельчения материала.

Как известно, кинетика измельчения хорошо описывается уравнением [3,4]

$$R = R_0 \dot{a}^{-kt^m} \quad (10),$$

где R и R_0 – остатки крупного класса на контрольном сите соответственно в момент времени t и в поступающем материале, т.е. при $t = 0$; k —коэффициент, учитывающий условия измельчения; m - коэффициент, учитывающий свойства измельчаемого материала.

Графически уравнение (10) представлено кривой степенного вида на рис.2.

Логично, что пропорционально R должен изменяться коэффициент сцепления K_c и угол подъема α . Таким образом, наиболее рационально чтобы и частота вращения корпуса изменялась по уравнению (10) Это можно сделать плавно при регулируемом приводе.

С целью упрощения предлагается использовать две скорости: первая для водопадного режима, вторая – для каскадного.

Для перехода к периодическим мельницам нужно в (10) длину L_1 заменить на время работы мельницы в водопадном режиме T_B , а длину корпуса мельницы на полное время измельчения, т.е. на период измельчения T . Такая диаграмма помола представлена на рис.2.

Выводы: Нижний предел скорости вращения барабана следует выбирать из условия максимальной «стирающей» составляющей. Это достигается в том случае, когда мелющая загрузка скатывается без наличия «водопадного» режима. Как показали исследования автора, такой режим наступает при скоростях вращения 0,65-0,75 от критической в зависимости от профиля футеровки.

Для наглядности доказательства необходимости изменения режима работы мелющей загрузки в периодических мельницах сравним их с мельницами непрерывного действия. Анализ их работы показывает, что в мельницах непрерывного действия кинетика процесса измельчения идет в зависимости от длины мельницы, а в периодических – от времени измельчения, т.е. всегда можно воспользоваться одними и теми же зависимостями, зная зависимость время помола от длины мельницы. Итак, периодическая мельница, (пренебрегая влиянием аспирации) является как бы непрерывной для процесса измельчения, но в которой процесс измельчения идет во времени. Таким образом, все зависимости процесса измельчения, полученные для непрерывных мельниц, можно применить для периодических, заменив параметр длины мельницы на период времени измельчения.

Перенос результатов опытов с периодических мельниц на непрерывные можно выполнить и таким образом. За критерий надо взять величину конечной удельной поверхности или остатков на ситах, полученных опытами на периодической мельнице. Зная какой длины при известном диаметре должна быть мельница непрерывного действия для достижения этой же тонкости помола, заменяем абсциссу времени на абсциссу длины. Затем по полученным автором зависимостям [2] определяют чередование и длину участков футеровки с высоким и низким коэффициентами сцепления по длине мельницы, как отношение ординат под и над диаграммой помола, построенной по остаткам на сите, размер ячеек которого равен размеру частиц истирания (для клинкера 0,5 мм). Если имеется диаграмма помола по удельной поверхности S , то ее перестраивают по известным соотношениям [3] в диаграмму по остаткам R на сите 0088, которую затем пересчитывают на остатки сита 05 [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов А.Н. Исследование энергосберегающего пульсирующего режима работы мелющей загрузки трубных мельниц. Интегровані технології та енергозбереження. – Харків: ХДПУ. -2000. №2. С. 14-18.
2. Иванов А.Н. Закономерности энергосберегающего режима работы мелющей загрузки трубных мельниц. Интегровані технології та енергозбереження. – Харків. ХДПУ. -2000. №1. С. 8-12.
3. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисления характеристик гранулометрического состава. –М: Металлургиздат. -1959. – 437с.
4. Ромадин В.П. Пылеприготовление. М-Л. Госэнергоиздат. -1953. –519с.