

Асанов А.А., Шайдуллаев Р.Б., Эсенгулов М.К., Айдарбек кызы Н.

КӨМҮРДҮ МАЙДАЛОО ҮЧҮН УРМА ТЕГИРМЕН

Асанов А.А., Шайдуллаев Р.Б., Эсенгулов М.К., Айдарбек кызы Н.

УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНАЯ МЕЛЬНИЦА ДЛЯ МИКРОПОМОЛА УГЛЯ

A.A. Asanov, R.B. Shaidullaev, M.K. Esengulov, Aidarbek kzy N.

SHOCK AND CENTRIFUGAL MILL FOR THE MIKRO GRADE OF COAL

УДК: 621.926.3

Макалада көмүрдү майдалоочу тегирмендин конструкциясы келтирилген, анын параметрлерин аныктап талдоодо орнотмонун математикалык жана компьютердик моделдери колдонулган.

Негизги сөздөр: тегирмен, майдалоо, модель.

В статье приводится описание новой конструкции мельницы для помола угля, для обоснования и выбора ее параметров использованы математическая и компьютерная модели установки.

Ключевые слова: мельница, измельчение, модель.

To the article description of new construction of mill is driven for the grade of coal, for a ground and choice of her parameters the mathematical is used and computer to the model of setting.

Key words: mill, growing, model shallow.

Измельчение является основой большинства современных технологий и широко используется в самых различных областях материального производства. Существенным недостатком процесса измельчения является высокое энергопотребление. Поэтому снижение энергопотребления на осуществление данного процесса является актуальной задачей.

Существуют различные способы получения высокодисперсных порошков твердых тел [1]. При этом механический способ, основанный на процессах раздавливания, удара и истирания, является наиболее простым и широко распространенным. Обычно при механическом диспергировании обрабатываемый материал подвергается действию сжимающих сил с двух сторон (статическое раздавливание - истирание) или с одной стороны (свободный удар).

Первый способ измельчения реализуется, например, в щековых, конусных и валковых дробилках, шаровых и вибрационных мельницах, второй способ характерен для десинтеграторов, мельниц струйных и ударно-отражательных дробилок. Минеральное сырье, обычно используемое в производстве порошков твердых тел, характеризуется прочностью на сжатие, в 6-12 раз превосходящей прочность на растяжение,

поэтому для его диспергирования целесообразно использовать быстрый удар, а не медленное сжатие. Это достигается использованием установок тонкого помола.

В работе [2] отмечается, что получить тонкодисперсный продукт однократным ударным нагружением можно только при очень высоких скоростях удара, что экономически невыгодно, так как для придания кускам измельчаемого материала высокой скорости потребуется затратить большое количество энергии. Экономически наиболее целесообразным является ударное измельчение при умеренных нагрузках с повторным ударным нагружением не до измельченных крупных кусков и непрерывным отводом из рабочей зоны измельчения готовой мелкой фракции.

На таком принципе работает ударно-центробежная мельница, представленная на рисунке 1. Она состоит из вертикального цилиндрического корпуса 1, футерованного внутри отражательными стержнями 2, и ротора, закрепленного на валу электродвигателя 3 и состоящего из диска 4 с разгонными лопатками 5 и отбойными лопатками 6. Загрузка исходного материала в центр ротора осуществляется через воронку 7 в крышке 8. Выгрузка готового продукта осуществляется через спиралеобразный полукольцевой канал 9 в днище 10.

При работе мельницы материал вместе с воздухом попадает в каналы ротора, разгоняется до высоких скоростей и ударяется об отражательные стержни. После удара мелкоизмельченные частицы под воздействием силы тяжести и воздушного потока опускаются вниз вдоль поверхности отражательных стержней, а крупные осколки, отскакивая от стенки, попадают под повторное воздействие отбойных лопаток. Таким образом, в этой конструкции при умеренной скорости вращения ротора крупные частицы материала подвергаются многократному ударному измельчению, а тонкодисперсный продукт непрерывно опускается вниз и через кольцевой канал выводится из агрегата.

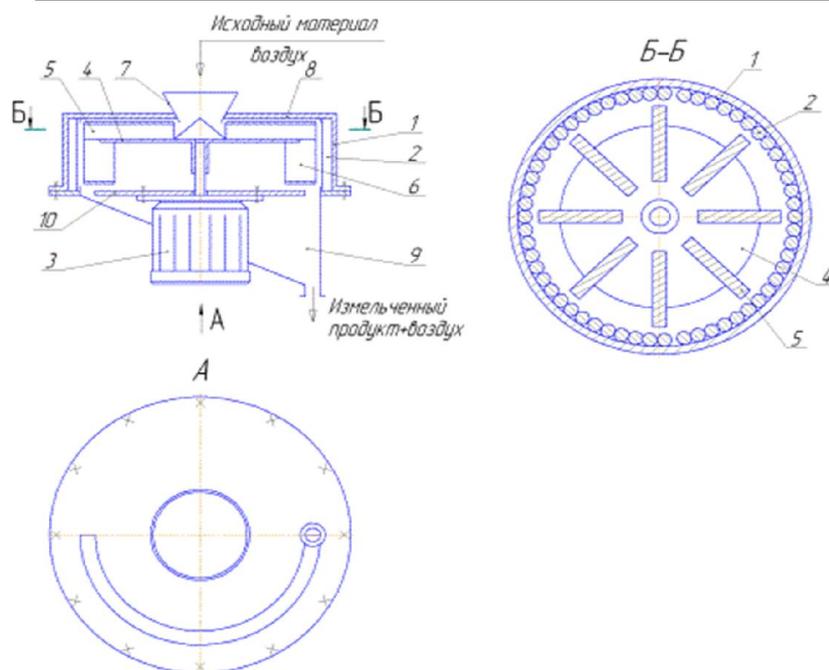


Рис. 1. Ударно-центробежная мельница.

Вместе с тем, при измельчении угольного сырья из-за повышенной взрывоопасности при механическом диспергировании предпочтение дается мокрому помолу во вращающихся шаровых, стержневых или вибрационных мельницах. Серьезным недостатком вибрационных мельниц является крайне неоднородный зерновой состав продукта помола. Поэтому в традиционных технологических схемах измельчения угля в основном используется замкнутый цикл помола, когда полученная суспензия подвергается сепарированию с последующим помолом выделенных крупных зерен. Все это в совокупности с необходимостью добавки пластификаторов усложняет технологический процесс и увеличивает себестоимость получаемого продукта, что обусловило поиск и разработку нового технического решения.

Предлагаемая центробежная мельница по сравнению с базисной имеет ряд конструктивных и эксплуатационных отличий, обеспечивающих повышение параметров технической характеристики, а именно:

1. Повышение производительности и снижения удельного расхода энергии за счет изменения конструкции и установки отбойных лопаток по винтовой линии, а не по направляющей обечайки ротора.
2. Упрощение конструкции дна мельницы и вывода готового продукта из зоны измельчения.
3. Снижение пылеобразования и исключение возгорания угольной пыли за счет подачи воды в камеру измельчения.

Разработанная центробежная мельница, компьютерная модель которой приведена на рисунке 2, содержит цилиндрический корпус 1 с отбойной поверхностью 2, крышку 3 корпуса, днище 4 корпуса с окном 5, ротор 6, загрузочная камера 7 и разгрузочный 8 патрубок. Ротор 6 мельницы выполнен в виде диска 9 с

разгонными (верхние) 10 и отбойными (нижние) 11 лопатками и цилиндрической обечайкой 12. Отбойные лопатки 11 привариваются к обечайке 12 по нескольким винтовым кривым. Вал ротора 13 выполнен полым, в нижней его части (под обечайкой) крепятся крестообразные трубки 14 для подачи воды в камеру измельчения. Подаваемая вода исключает возможность возгорания угольной пыли, снижает интенсивное пылеобразование, а также способствует удалению готового продукта в виде суспензии из камеры измельчения.

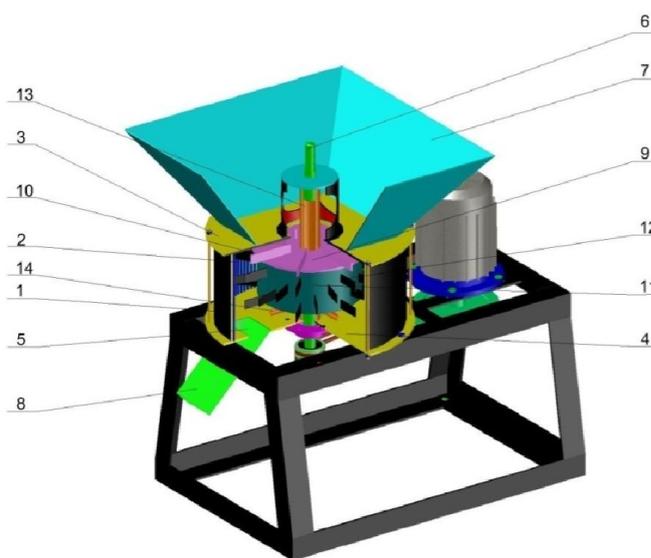


Рис. 2. Компьютерная модель конструкции центробежной дробилки: 1-корпус; 2-отбойная поверхность; 3-крышка корпуса; 4-днище; 5-разгрузочное окно; 6-ротор; 7-загрузочная камера; 8-разгрузочный патрубок; 9-диск; 10-разгонные верхние лопатки; 11-цилиндрическая обечайка; 12-отбойные лопатки; 13-вал ротора.

Мельница работает следующим образом. При работе мельницы приводится во вращение диск 9 ротора 6 с разгонными 10 и отбойными 11 лопатками. При вращении диска 9 с разгонными лопатками 10 в центре ротора 5 будет создаваться разрежение, за счет чего в мельницу через загрузочную камеру 7 вместе с исходным материалом будет поступать и воздух, который выполняет в мельнице функцию среды.

Частицы исходного материала при попадании на диск 9 разгонными лопатками 10 вращающегося ротора 6 отбрасываются к отбойной поверхности 2 корпуса мельницы 1. При ударе об отбойную поверхность 2 происходит измельчение частиц. При ударном разрушении каждой исходной частицы материала образуются новые частицы в широком диапазоне крупности.

В соответствии с теорией ударного разрушения, подтвержденной экспериментально, вновь образовавшиеся мелкие частицы разлетаются вдоль отбойной поверхности 2, а более крупные (недоизмельченные) частицы отскакивают в радиальном направлении. В рассматриваемой конструкции мельницы мелкие частицы будут смачиваться водой подаваемой из крестообразных трубок и под действием силы тяжести опускаться вниз, образуя суспензию. Более крупные частицы будут отскакивать от отбойной поверхности 2 и попадать под удар отбойных лопаток 11 ротора 6. При ударе об отбойные лопатки 11 частицы будут частично разрушаться и далее, двигаясь по ним, разгоняться, и отбрасываться на отбойную поверхность 2, и подвергаться повторному ударному разрушению. При каждом последующем ударе размеры образующихся частиц будут уменьшаться. Повторное ударное разрушение будет происходить многократно, пока частицы не достигнут требуемой крупности и из-за малых размеров при отскоке от отбойной поверхности, не смогут долетать до отбойных лопаток 11 или не опустятся вниз ниже отбойных лопаток 11, где будут смочены водой и через разгрузочный патрубок 8 удалятся из корпуса мельницы.

Вследствие того, что практически вся кинетическая энергия исходного угольного сырья в ударно-центробежной мельнице, переходит в работу разрушения, степень измельчения определяется скоростью соударения частиц угля с футеровкой. Для определения этой скорости и ее направления было исследовано движение материальной частицы в канале вращающегося центробежного ускорителя.

При решении задачи были приняты следующие допущения:

1. Трением между свободно поверхностью частицы в канале и воздухом пренебрегаем.
2. Материальная частица не взаимодействует с другими материальными телами, а движется под влиянием центробежных сил инерции.
3. Размерами угольных частиц пренебрегаем по сравнению с размерами канала.
4. Считаем, что угольная частица передвигается скольжением, перекачивание отсутствует.

В этом случае дифференциальные уравнения движения частицы имеют вид:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -f N \frac{\dot{x}}{v\tau} - 2m\omega\dot{y} + m\omega^2x; \\ m\ddot{y} &= -f N \frac{\dot{y}}{v\tau} + N \frac{y}{r} + 2m\omega\dot{x} + m\omega^2y; \\ m\ddot{z} &= -f N \frac{\dot{z}}{v\tau} + N \frac{z}{r} - mg; \\ z^2 + y^2 &= R^2; \end{aligned} \quad (3)$$

где m – масса частицы; ω – угловая скорость вращения патрубка; x, y, z – координаты частицы; R – радиус канала патрубка; g – ускорение свободного падения; v_{τ} – тангенциальная скорость движения частицы; N – нормальное давление; f – коэффициент трения.

Результаты расчетов при следующих исходных данных: для патрубков со средними размерами 0,045; 0,05; и 0,1 м при различных угловых скоростях вращения, позволили установить общие закономерности движения частицы в канале патрубка:

1. Материальная частица перемещается только по противоположной к направлению вращения стенке канала.
2. В плоскости вектора вращения ω т.е. в плоскости xz - частица совершает колебания, затухающие к направлению выхода.
3. По мере движения частицы в канале ее скорость возрастает. На участке канала длиной (0,3 - 1,0 м) происходит очень быстрое возрастание относительной скорости.
4. В зависимости от положения материальной частицы проекции скорости на оси y, z принимают либо положительное, либо отрицательное значение. Проекция скорости на ось x всегда положительна.

При выборе параметров измельчителя необходимо учитывать следующее:

- а) наибольшая скорость вылета частиц и наименьший износ канала имеют место при $R = 0.05$ м, $\omega = 157$ рад/с, $l = (0,3-0,8)$ м;
- б) если необходимо иметь направление скорости на выходе, параллельное оси SX , следует ограничить длину канала до (0,26 – 0,28) м при $R = 0.05$ м и $l = (0,3 - 0,8)$ м при $R = 0.1$ м;
- в) наименьший износ при малых скоростях вылета имеют каналы радиуса 0,05 м при $\omega = 104,6$ рад/с.

Технологические параметры установки выбираем к соответствию с соответствию с физико-механическими свойствами исходного материала и проектной производительностью.

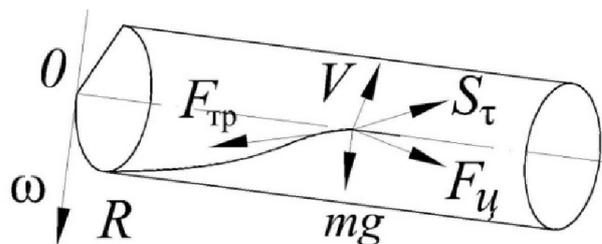


Рис. 3. Расчетная схема движения и исследования частиц в патрубке.

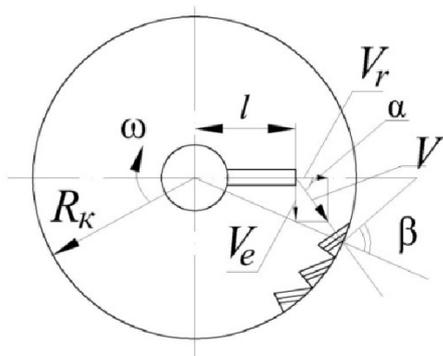


Рис. 4. Схема к расчету элементов футеровки.

В соответствии с приведенными расчетными схемами, приведенными на рисунках 3 и 4, были рассчитаны параметры центробежной мельницы-дробилки. В результате исследований установлена, что энергия откоса разрушенных частиц на два порядка меньше кинетической энергии исходного куска. Таким образом, можно считать, что вся кинетическая энергия переходит в работу разрушения, то есть

$$E = A = \frac{mv^2}{2}. \quad (4)$$

Следовательно, скорость соударения, считая удар нормальным к поверхности футеровки, определится как

$$V = \sqrt{2k^1}. \quad (5)$$

где K – коэффициент пропорциональности в формуле Кирпичева-Кика, его значения определяют экспериментальным путем.

Учитывая, что в процессе полета частицы от патрубка к футеровке может встретиться с осколочными частицами, а также возможное отклонение на малый угол от нормали к футеровке воздушным потоком, пронизывающим полость дробилки, эту скорость следует увеличивать на коэффициент запаса $K = 1,2 + 1,25$, то есть

$$V = K\sqrt{2k^1}. \quad (6)$$

Скорость относительного движения частиц в момент вылета их из канала будет равна

$$v_\tau = \omega \sqrt{l^2 - x_0^2} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (7)$$

где ω – угловая скорость вращения; l – расстояние от вертикально оси до конца патрубка; φ – угол трения.

Абсолютная скорость вылета частиц состоит из переносной ωl и относительной v_τ расположенных перпендикулярно друг к другу.

$$V = \omega \sqrt{l^2 - x_0^2} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)^2 \quad (8)$$

Эта скорость будет направлена к оси патрубка (рис. 4) под углом

$$a = \operatorname{actg} \left[\frac{\sqrt{l^2 - x_0^2}}{l} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \right] \quad (9)$$

По известной скорости задавшись одним из параметров ω или l , можно из выражения (9) определить другой параметр. В соответствии с результатами исследований и соображениями уменьшения габарита установки можно принять $l = (0,6 \dots 0,8)$ м. В этом случае минимальная угловая скорость вращения ωS

$$\frac{v}{\sqrt{(l^2 - x_0^2) \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) + l^2}}; \quad (10)$$

Радиус канала ускорителя определим из производительности по выражению

$$R = \sqrt{\frac{Q}{\pi v_2 n \varphi \gamma}}. \quad (11)$$

где n – число каналов, обычно принимаемое $4 \dots 8$; φ – коэффициент заполнения сечения канала; γ – объемная масса материала.

Выводы:

Создание эффективного измельчительного оборудования с пониженными энергозатратами, позволяющих получать конкурентоспособные продукты является актуальной технической задачей. Применение компьютерного моделирования позволила на основе разработанной математической модели в широком диапазоне изменения исходных параметров установить рациональные параметры установки для микропомола угля.

Литература:

1. Селективное разрушение минералов / В.И. Ревнивцев [и др.]; под ред. В.И. Ревнивцева. - М.: Недра, 1988. - С. 287.
2. Опыт применения центробежно-ударных дробилок, 1991. - С. 25. (Обзорная информация / Черная металлургия. Сер. Обогащения руд).
3. Кудрявцев Е.М. Моделирование, проектирование и расчет механических систем. - М.: ДМК Пресс. 2008. - С. 400.

Рецензент: д.т.н., профессор Мендеев Р.А.