

Романович А.А., д-р техн. наук, проф.,

Воронов В.П., канд. тех. наук, доц.,

Мещеряков С.А., инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Апухтина И.В., ассистент

Белгородский государственный университет

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, РАСХОДУЕМОЙ НА ДЕЗОГЛАМЕРАЦИЮ СПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРЕСС-ВАЛКОВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

AlexejRom@yandex.ru

В статье представлены аналитические исследования по расчету мощности потребляемой на дезагломерацию материалов, предварительно измельченных и спрессованных в пресс-валковом измельчителе.

Ключевые слова: пресс-валковый измельчитель, мощность, дезагломерация спрессованных материалов.

Введение. Известно, что использование пресс-валковых измельчителей (ПВИ) в технологической линии помола цемента позволяет повысить производительность помольной линии на 25–35 % [1, 2]. Однако выходящий из ПВИ материал имеет структуру в виде спрессованной ленты, что требует особых условий его дезагломерации и окончательного помола. За рубежом широкое распространение получили технологические помольные схемы, включающие в себя ПВИ, молотковую дробилку, используемую для дезагломерации спрессованных пластин и традиционную шаровую мельницу для окончательного помола шихты, работающую в открытом или замкнутом цикле измельчения [3, 4, 6]. Реализация такой схемы позволяет повысить производительность шаровой мельницы на 30 % и на 15–18 % снизить удельный расход электроэнергии. Известны также способы помола материалов, при которых материал сначала измельчается между валками ПВИ под высоким давлением, а затем разрушается образованный агломерат во вращающемся дисковом питателе или в элеваторе с центробежной разгрузкой [3, 4], а окончательный помол также осуществляется в шаровой мельнице. Приведенные способы помола материалов позволяют повысить производительность конечного агрегата на 20–35 % и снизить энергозатраты на 10–20 %.

Однако применение дополнительного агрегата для дезагломерации спрессованного материала влечет за собой повышение затрат на содержание и эксплуатацию помольного оборудования.

Фирмой «Humboldt Wedag» разработан способ измельчения материалов, в котором дезагломерация и окончательный помол шихты осуществляется в одном агрегате – ШИМ. Мельница в этом случае имеет две камеры, первая из которых служит для разрыхления агломерата без мелющих тел или с небольшим их количеством, а

во второй осуществляется окончательный помол. Однако при реализации этого способа не эффективно используется объем и возможности помольного агрегата. Поэтому целесообразно проводить исследования, связанные с созданием оборудования и способа помола, который позволяет производить предварительное измельчение и дезагломерацию шихты в одном агрегате [5, 7].

Методология: Рациональное решение данной проблемы заключается в разработке и созданию агрегата совмещающего в себя процессы измельчения материалов давлением и разрушения спрессованных пластин. Проведенные экспериментальные исследования по изучению влияния давления измельчения материалов на величину усилия разрушения спрессованных в ПВИ пластин [8] позволили установить, что с увеличением давления прессования увеличивается не только степень измельченности материала, но и прочность спрессованных пластин. Причем для их дезагломерации необходимо в зависимости от направления прилагать различные по величине усилия, также установлено, что целесообразно прилагать усилия их разрушения в направлении перпендикулярном прессованию или сочетание раздавливающих и сдвиговых деформаций.

Основная часть. С учетом полученных результатов исследования нами разработана опытная конструкция ПВИ с устройством для дезагломерации спрессованной ленты, которая позволяет совместить в себе процессы измельчения и дезагрегации спрессованного материала, тем самым снизить эксплуатационные затраты и повысить эффективность использования помольного агрегата (рис. 1).

Пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации включает в себя загрузочный бункер 2, установленные на раме конические валки 1 и дезагломерационное устрой-

ство, которое состоит из дополнительных валков 3, имеющих конусность обратную основным

валкам.

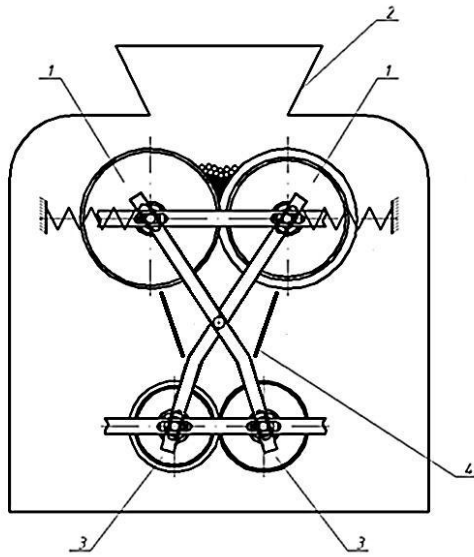


Рис. 1. Пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации материалов: а) схема, б) опытная установка

Агрегат для измельчения материалов работает следующим образом. В загрузочный бункер 2 подается исходный материал, например, клинкер который захватывается коническими валками, между которыми осуществляется его разрушение и прессование.

Выходя из межвалкового пространства в виде спрессованных пластин материал, разрушается между двух дополнительных валков конических валков.

Дополнительные валки имеют обратный конус с основными коническими валками и тем самым осуществляют противоположно направленное силовое воздействие на измельченный и спрессованный в основных валках материал, что позволяет произвести не только его дезагломерацию, но и раскрыть микротрещины частиц.

Как показали исследования, в зависимости от исходного материала и режима его измельчения в ПВИ в нем содержится от 30 % до 40 % готового продукта с размерами зерен менее 80×10^{-3} мм. Удаление, которого перед агрегатом окончательного помола позволяет значительно снизить энергозатраты. Однако на процесс дезагломерации материалов дополнительно затрачивается мощность, расходуемая на перемещение и разрушение спрессованных пластин, а отсутствие методики расчета её величины тормозит внедрение данной конструкции ПВИ в производство.

Для нахождения мощности, затрачиваемой на разрушение спрессованных пластин материала между пресс-валками, обратимся к расчетной схеме, представленной на рисунке 2.

Согласно, расчетной схемы (рис. 2) площадь силового воздействия от момента захвата

материала до выхода его из валков (заштрихованной фигуры), и объем соответственно равны:

$$S_0(\alpha_0) = h_0 R \sin \alpha_0 - R^2 \alpha_0 + \frac{R^2}{2} \sin 2 \alpha_0. \quad (1)$$

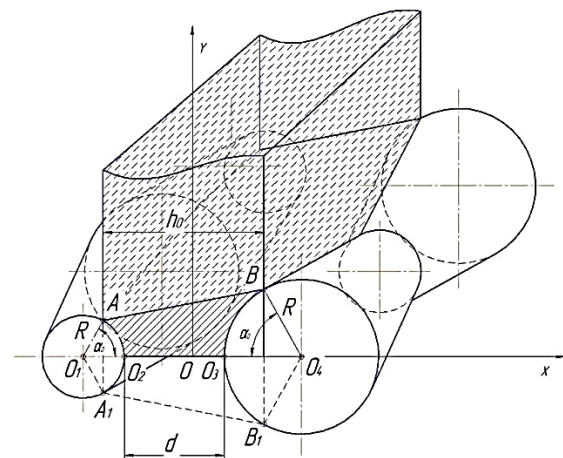


Рис. 2. Расчетная схема для определения площади разрушаемой пластины материала

$$V = S_0(\alpha_0) \cdot b. \quad (2)$$

В результате захвата вращающимися валками пластины материала под действием силы упругости в нем возникает энергия равная:

$$Q_b = k \int_d^{h_0} y \, dy = \frac{k}{2} (h_0^2 - d^2), \quad (3)$$

где k – коэффициент жесткости блока пружин; h_0 – исходная толщина пластины материала; d – линейный размер частиц измельченного материала.

В результате введения энергии (3) в объеме (2) совершается работа по разрушению пластины материала, величина которой равна:

$$A = \frac{\sigma_p^2 V}{2E} = \frac{\sigma_p^2 S_0(\alpha_0) \cdot b}{2E}. \quad (4)$$

где σ_p – предел прочности пластины материала при одноосном сжатии; E – модуль Юнга разрушаемого материала; b – ширина валков.

На основании (3) и (4) получаем следующее соотношение:

$$\frac{k}{2}(h_0^2 - d^2) = \frac{\sigma_p^2 S_0(\alpha_0) \cdot b}{2E}. \quad (5)$$

Исходя из (5) величина линейного размера измельченного материал, равна:

$$d = h_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_p^2 S_0(\alpha_0) \cdot b}{kE}}. \quad (6)$$

В силу положительности подкоренного выражения в (6) можно получить следующее неравенство:

$$k \geq k_0 \quad (7)$$

где введено следующее обозначение:

$$k_0 = \frac{\sigma_p^2 S_0(\alpha_0) \cdot b}{E}. \quad (8)$$

Полученное соотношение (8) определяет минимально допустимое значение величины жесткости блока пружин, при которой происходит дезагломерация (разрушение) спрессованного материала.

Величина мощности, затрачиваемая на разрушение пластины материала N_p при повороте валков пресс-валкового измельчителя на угол α_0 :

$$N_p = A \cdot t, \quad (9)$$

где время можно определить как:

$$t = \frac{\alpha_0}{\omega}, \quad (10)$$

ω – частота вращения валков.

С учетом выражений (10), (9), (4) получим уравнение для определения мощности, затрачиваемой на разрушение измельченного и спрессованного в пластины материала между основными валками ПВИ:

$$N_p = \frac{\sigma_p^2 S_0(\alpha_0) \cdot b \cdot \alpha_0}{2 \cdot E \cdot \omega}. \quad (11)$$

Таким образом, полученное аналитическое выражение (11) позволяет определить мощность, затрачиваемую на дезагломерацию измельченного и спрессованного между основными валками материала с учетом геометрических

размеров валков и физико-механической характеристики материала.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования на опытной установке ПВИ подтвердили эффективность от использования и высокую сходимость результатов, полученных расчетным и экспериментальным путем. Расхождения составили не более 10–15 %

В настоящее время проводятся работы по внедрению опытно-промышленной установки в технологическую линию для производства строительных смесей, расположенной на производственной площадке ООО «СпецСтрой-5».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А.А., Алехин П.В., Мещеряков С.А. Определение усилия измельчения анитропных материалов в пресс-валковом измельчителе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №3. С. 79-82.
2. Romanovich A.A. The technology of nanomaterials obtaining with using of traditional milling equipment // International Conference on European Science and Technology. 2012. S. 233-236.
3. Романович М.А., Рудычев А.А., Романович Л.Г. Венчурное инвестирование в инновационные предприятия за рубежом и в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №4. С. 124-127.
4. Богданов В.С., Семикопенко И.А., Масловская А.Н., Пензев П.П. Дезинтегратор с узлом высокоскоростной подачи измельчаемого материала // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 101–103.
5. Романович А.А. Энергосберегающий помольный комплекс для переработки природных и техногенных материалов: монография, Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 187с.
6. Шонерт К. Энергетические аспекты хрупких материалов // Zement-kalk gips. 1979. Т.32. №11. р. 1–9.
7. Шонерт К., Кноблох О. Измельчение цемента на валковом измельчителе в постели материала // Zement-kalk gips 1986.Т.37. №11. р. 1–9.
8. Романович А.А., Орехова Т.Н., Мещеряков С.А., Прокопенко В.С. Технология получения минеральных добавок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 188–192.

Romanovich A.A., Voronov V.P., Meshcheryakov S.A., Apukhtina I.V.

CALCULATION OF THE POWER REQUIRED FOR DESAGGLOMERATION PRESSED MATERIAL IN THE PRESS-ROLLER GRINDER

The paper presents an analytical study on the calculation of power consumption for desagglomeration materials, pre-crushed and pressed in a press roller grinder.

Key words: *press roller chopper, power, desagglomeration pressed materials.*

Романович Алексей Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: AlexejRom@yandex.ru

Воронov Виталий Павлович, кандидат технических наук, профессор кафедры механическое оборудование и технология машиностроения.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Мешеряков Сергей Анатольевич, инженер кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ms4488@mail.ru

Апукhtина Инна Васильевна, ассистент кафедры общей математики.

Белгородский государственный университет

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.