

Романович А. А., канд. техн. наук, проф.,  
Мещераков С. А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРЕСС-ВАЛКОВЫЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ С УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ДЕЗОГЛАМЕРАЦИИ МАТЕРИАЛОВ

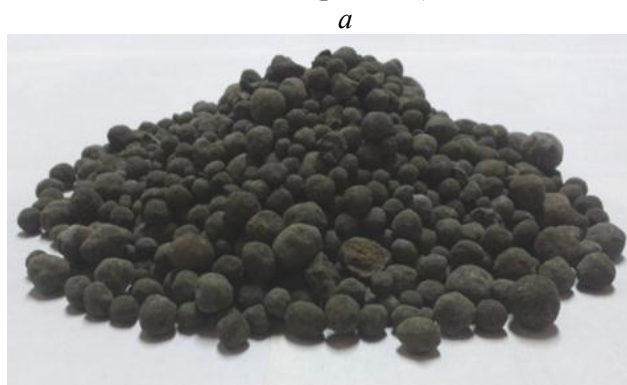
alexejrom@yandex.ru

В статье представлены исследования по снижению энергозатрат при измельчении материалов в помольном комплексе включающего в себя пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации материалов.

**Ключевые слова:** энергосберегающий помольный комплекс, пресс-валковый измельчитель, дезагломерация спрессованных материалов.

За рубежом широко развита технология получения цемента в помольном комплексе, состоящем из двух агрегатов пресс-валкового измельчителя и шаровой мельницы (ПВИ-ШМ) [1, 2].

Известно, что использование пресс-валковых измельчителей (ПВИ) в технологической линии помола цемента позволяет повысить производительность помольной линии на 25 - 35%. Однако, выходящий из ПВИ материал имеет структуру в виде спрессованной ленты, что требует особых условий его дезагломерации и окончательного помола (рис. 1, 2).



а

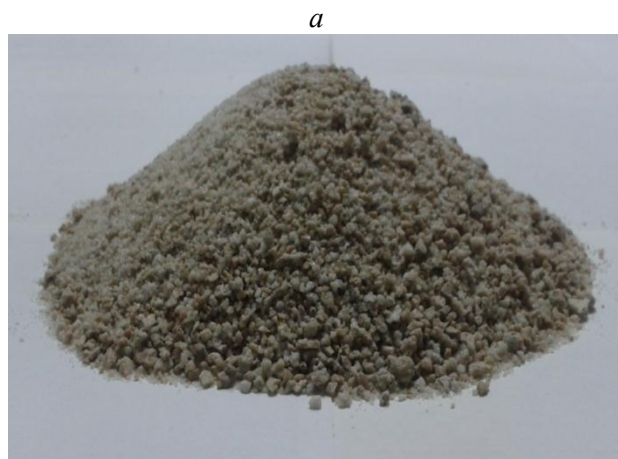


б

Рис. 1. Измельчаемый материал клинкер:  
а – исходный продукт;  
б – после обработки в ПВИ

Наиболее распространенными являются технологические схемы, включающие в себя ПВИ, молотковую дробилку, используемую для дезагрегации спрессованного материала, и тра-

диционную трубную мельницу для окончательного помола шихт, 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.



а



б)

Рис. 2. Измельчаемый материал кварцитопесчаник:  
а – исходный материал; б – после обработки в ПВИ

Известны также способы секционированного помола материалов, при которых материал сначала измельчается рабочими валками под высоким давлением, а затем разрушается образованный агломерат во вращающемся дисковом питателе или в элеваторе с центробежной разгрузкой [3,4], а помол осуществляется в шаро-

вой 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 «HumboldtWedag» разработан способ измельчения материалов, в котором дезагломерация и окончательный помол шихты осуществляется в одном агрегате – ТШМ. Мельница в этом случае имеет две камеры, первая из которых служит для разрыхления агломерата без мелющих тел, а во второй осуществляется окончательный помол. Однако, при реализации этого способа не эффективно используется объем 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].

Нами разработана конструкция ПВИ с устройством для дезагломерации спрессованной ленты, которая позволяет совместить в себе процессы измельчения и дезагломерации спрессованного материала, тем самым снизить эксплуатационные затраты и повысить эффективность использования помольного агрегата (рис. 3).

Пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации включает в себя загрузочный бункер 2, установленные на раме конические валки 1 и дезагломерирующее устройство, которое состоит из щекового механизма 4 и дополнительных валков 3.

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

Выходя из межвалкового пространства в виде спрессованных пластин материал, предварительно разрушается между двух подвижных щек и окончательно между дополнительными валками дезагломерирующего устройства.

Дополнительные валки имеют обратный конус с основными коническими валками и тем самым осуществляют противоположное направленное воздействие на спрессованный в валках материал, что позволяет произвести не только его дезагломерацию, но и раскрыть микротрещины частиц. Как показали исследования, в зависимости от измельчаемого материала и режима его измельчения в ПВИ в нем содержится

около 30% готового продукта с размерами зерен менее  $80 \times 10^{-3}$  мм. Удаление готового продукта перед агрегатом окончательного помола позволит не только значительно снизить удельные энергозатраты, но и повысить эффективность его работы.

На процесс измельчения материалов оказывает влияние множество факторов: давление измельчения, условия деформирования разрушаемых частиц, кратность приложения силовой нагрузки, содержание тонкоизмельченных фракций в готовом продукте, технологический режим дезагломерации спрессованных частиц и другие.

Все эти факторы требуют более глубокого изучения, для определения рациональных параметров ПВИ.

В настоящее время проводятся работы по внедрению опытно-промышленной установки в технологическую линию для производства строительных смесей (рис.4), расположенной на производственной площадке ООО «СпецСтрой-5». С целью отработки технологических режимов работы пресс-валкового агрегата были проведены исследования по изучению влияния давления измельчения и кратности его приложения на выходные показатели процесса измельчения.

В качестве исследуемых материалов были приняты: известняк органогенный, метаморфический сланец трещиноватый и кварцитопесчанник полосчатый, имели следующий исходный средневзвешенный размер частиц:  $7,3 \cdot 10^{-3}$  м;  $4,9 \cdot 10^{-3}$  м;  $1,9 \cdot 10^{-3}$  м, соответственно.

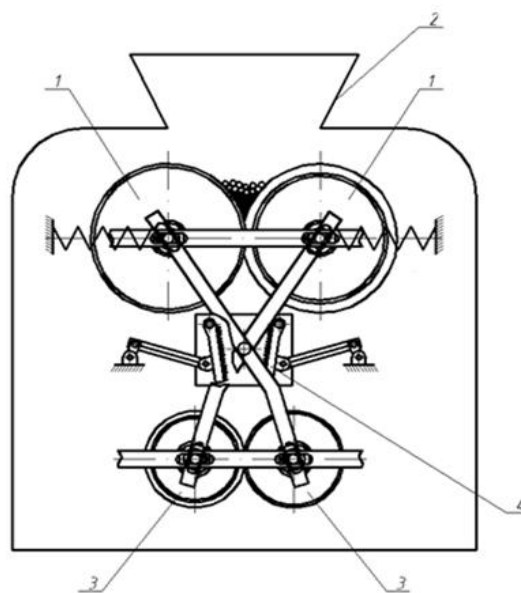


Рис. 3. Схема пресс-валкового измельчителя с устройством для дезагломерации материалов



Рис. 4. Пресс-валковый измельчитель с дезагломерирующим устройством.

Изучение влияния давления измельчения на тонкость помола материалов (рис. 5) показывает, что независимо от исходной granulometрии, прочности частиц и других характеристик в диапазоне давлений  $P = 10 \dots 250$  МПа наблюдается снижение средневзвешенного размера частиц, т.е. фактор давления является эффективным технологическим приемом, воздействующим на процесс разрушения материалов.

При превышении предельных значений прочности частиц на начальном этапе наблюдается интенсивное разрушение частиц, в дальнейшем (выше  $\bar{P} \geq (50 \div 100) \text{ МПа}$ ) – эффективность процесса разрушения снижается. Последнее обусловлено наиболее плотной упаковкой измельченных частиц, а, следовательно, ограничением степени их свободы (перемещения) в прессуемом конгломерате при повышенных давлениях. При этом силовое воздействие воспринимают в большей степени не сами частицы, а спрессованный образец – монолит. Концентрация напряжений в точках соприкосновения частиц снижается, что приводит к уменьшению интенсивности процесса измельчения.

В этой связи можно сделать вывод, что повышение эффективности измельчения материалов за счет увеличения давления находится в определенных пределах.

В зависимости от исходных физико-механических характеристик измельчаемых материалов (прочности зерен, их анизотропии, granulometрического состава и др.) различен и характер процесса разрушения.

Так, для анизотропных частиц кварцито-песчаника характерен более пологий вид кривой  $d_{ср.взв.} = f(\bar{P})$ , что обусловлено как достаточно высокой прочностью зерен, так и незначительным их исходным размером ( $d_{ср.взв.} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ). Это подтверждается также и кривой

$K_{деф.сл.} = f(\bar{P})$ , имеющей для кварцито-песчаника более пологий характер (при  $\bar{P} \geq 50 \text{ МПа}$ ). Для известняка органического и метаморфического сланца, имеющих большие размеры исходных зерен ( $d_{ср.взв.} = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  и  $4,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ), процесс интенсивной деформации (разрушения) зерен наблюдается вплоть до  $\bar{P} = 150 \text{ МПа}$ . Аналогичная закономерность для исследуемых материалов наблюдается у кривых  $\eta_{изм.} = f(\bar{P})$ .

Учитывая достаточно энергонапряженный процесс измельчения материалов при высоких давлениях, целесообразен поиск путей снижения энергозатрат за счет рационального приложения силовой нагрузки.

Для этого нами проводились исследования процесса разрушения анизотропных материалов в пресс-матрице со скошенными под различными углами ( $\alpha_{пуанс.} = 10 - 50^\circ$ ) рабочими поверхностями прессующих пуансонов (рис.6).

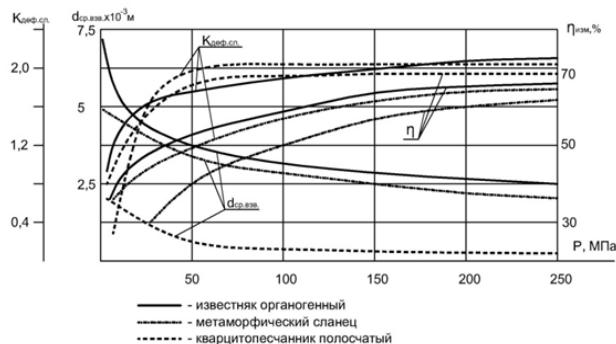


Рис. 5. Зависимость коэффициента деформации слоя измельчаемых частиц ( $K_{деф.сл.}$ ), степени измельченности ( $\eta_{изм.}$ ) и средневзвешенного размера частиц ( $d_{ср.взв.}$ ) от давления измельчения  $\bar{P}$

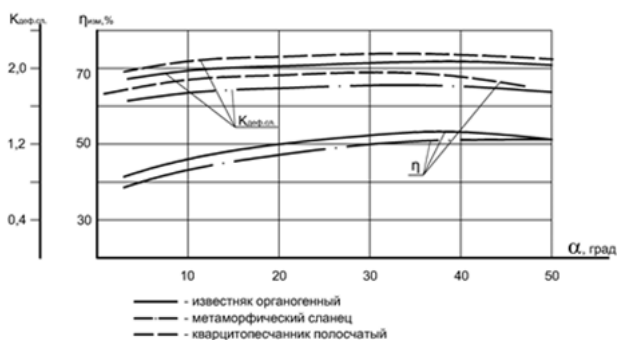


Рис. 6. Зависимость коэффициента деформации слоя измельчаемых частиц ( $K_{деф.сл.}$ ) и степени их измельченности ( $\eta_{изм.}$ ) от угла скоса рабочих поверхностей пуансонов  $\alpha$ . ( $\bar{P} = 150 \text{ МПа}$ )

Анализ полученных зависимостей показывает, что при увеличении сдвиговых деформаций (угла наклона рабочих поверхностей пуансонов) эффективность процесса разрушения частиц возрастает.

При этом, чем мельче измельчаемый продукт (например, кварцитопесчаник), тем влияние сдвигового деформирования частиц более существенно.

Поэтому в конструкции ПВИ приняты рабочие поверхности валков, имеющие конический профиль, что позволило реализовать объемно-сдвиговое деформирование частиц. Однако, как показывает практика, увеличение давления измельчения материалов в ПВИ является не единственным способом повышения эффективности процесса помола.

При использовании технологического приема по увеличению кратности приложения силовой нагрузки (до 4 – 5 раз) существенно повышается эффективность процесса измельчения. Это связано с тем, что после дезагломерации спрессованных частиц происходит их переориентация с направлением части слоев микротрещин в направлении силового воздействия, что без существенного увеличения энергозатрат повышает эффективность процесса измельчения.

Наиболее эффективно кратность силового воздействия проявляется для хрупких частиц, в нашем случае – для метаморфического сланца и кварцитопесчаника полосчатого.

Для известняка органогенного с меньшей слоистостью зерен процесс разрушения частиц, повторных силовых нагружений выражен в меньшей степени (рис. 7).

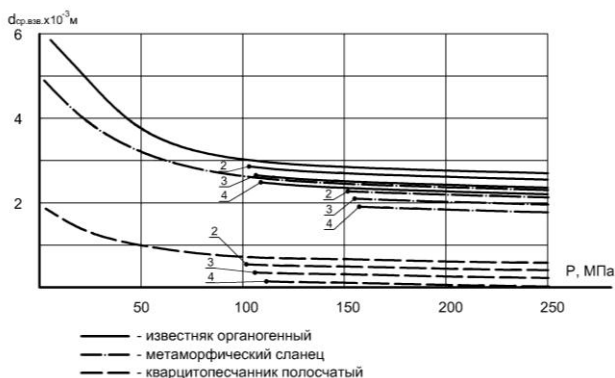


Рис. 7. Зависимость средневзвешенного размера частиц от давления измельчения при различной кратности силового воздействия ( $P_{0,x} = 100 \text{ МПа}$ ,  $P_{\Delta} = 150 \text{ МПа}$ )

Тем не менее, реализация процесса повторного силового нагружения измельченных частиц после их дезагломерации является эффективным технологическим приемом для снижения энергозатрат в ПВИ и повышения дисперсности анизотропных материалов.

Таким образом, применение ПВИ разработанной нами конструкции позволяет:

- уменьшить энергозатраты на содержание оборудования, за счет осуществления двух операций (измельчение и дезагломерации) в одном агрегате;

- реализовать процесс повторного силового воздействия на измельченные частицы после их дезагломерации, что является эффективным технологическим приемом для снижения энергозатрат и повышения дисперсности материалов;

- более полно удалить готовый продукт после каждой стадии его измельчения и тем самым снизить энергозатраты на последующих стадиях помола;

- повысить эффективность работы ПВИ, за счет использования конических валков, реализующих объемно-сдвиговое деформирование материала, и использования дезагломерационного устройства имеющего валки с обратным конусом.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романович А.А., Алехин П.В., Мещеряков С.А. Определение усилия измельчения анизотропных 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 NANO-MATERIALS OBTAINING WITH USING OF TRADITIONAL MILLING EQUIPMENT // International Conference on European Science and Technology. 2012. S. 233-236.

3. Исследование процесса измельчения анизотропных материалов в пресс-валковых агрегатах / А.М. Гридчин, В.С. Севостьянов, В.С. Лесовик, Г.М. Редькин, А.А. Романович, А.В. Колесников // Известия вузов. Строительство. 2007. №9. С. 71-77.

4. Дезинтегратор с узлом высокоскоростной подачи измельчаемого материала / В.С. Богданов, И.А. Семикопенко, А.Н. Масловская, П.П. Пензев // 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. 187 с.

6. Шонерт К. Энергетические аспекты хрупких материалов // Zement-kalk gips 1979. Т.32. №11. Р.1-9

7. Шонерт К., Кноблах О. Измельчение цемента на валковом измельчителе в постели материала // Zement-kalk gips 1986. Т.37. №11. Р.1-9