

Романович А. А., канд. техн. наук, проф.,
Глаголев Е. С., канд. техн. наук,
Бабаевский А. Н., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЯЖУЩИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

alexejrom@yandex.ru

В статье представлена промышленная технология и энергосберегающее оборудование для получения композиционного вяжущего со снижением энергоемкости процесса до 50% за счет синергетического эффекта при механоактивации сырьевой смеси с замещением клинкерной составляющей минеральной гидроактивной добавкой. Увеличение энергетической эффективности линии достигается совместной работой пресс-валкового агрегата и роторно-вихревой мельницы сверхтонкого помола новых конструкций.

Ключевые слова: промышленная технология, синергетический эффект, пресс-валковый измельчитель, роторно-вихревая мельница

К началу XXI века человечество накопило такое количество техногенных отходов, что их можно условно назвать новыми месторождениями. Поэтому на сегодня остро стоит задача по их использованию с минимальными затратами на переработку.

Например, только запасы отходов в виде шлаков электросталеплавильных печей Оскольского электрометаллургического комбината составляют более 4 миллионов тонн, при ежегодном пополнении около 500 тысяч тонн.

В настоящее время имеется ряд разработок по использованию шлаков в производстве строительных материалов, строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог [1-3]. Установлено, что применение шлаковых материалов в конструктивных слоях одежд, оснований дорог и составляющих асфальтобетонных покрытий, в качестве песчаного заполнителя и минерального порошка, снижает себестоимость строительства и повышает качество и надежность дорожного покрытия.

Известна также технология получения минеральных вяжущих с использованием шлаковых отходов доменных печей металлургических производств, одной из основных составляющих которой, является тонкое измельчение её компонентов, в том числе и шлаков.

Однако исходный продукт - шлак, представляет собой достаточно твердый материал с пределом прочности зерен $P = 300 - 320 \text{ кг/см}^2$, абразивными свойствами и имеет более значительные размеры чем требует конечный продукт, что требует производить его измельчение и помол для получения необходимого продукта.

В настоящее время существует большое разнообразие помольных агрегатов и систем, применяемых для измельчения материалов и

техногенных отходов, которые имеют различные прочностные характеристики.

Проведенный анализ технико-экономической эффективности от использования существующих и разрабатываемых помольных систем [4-6], позволил выявить как наиболее эффективные те системы, у которых реализуется принцип постадийного измельчения материалов с выносом стадии грубого помола в отдельный агрегат - пресс-валковый измельчитель (ПВИ), осуществляющий более экономичный способ разрушения шихт (объемно-сдвиговое деформирование), чем например, удар и истирание.

Учеными БГТУ им. В.Г. Шухова разработана промышленная технология и энергосберегающее оборудование для получения композиционного вяжущего со снижением энергоемкости процесса до 50% за счет синергетического эффекта при механоактивации сырьевой смеси с замещением клинкерной составляющей минеральной гидроактивной добавкой. Технологический процесс (рис.1) построен на последовательном вводе компонентов в дисперсных фазах в сырьевую смесь в тракте помола и на сепарации продукта с определенными дисперсными характеристиками.

Увеличение энергетической эффективности линии достигается совместной работой пресс-валкового агрегата, являющегося разработкой ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, и роторно-вихревой мельницы сверхтонкого помола новой конструкции. В таком случае достигается получение синергетического эффекта. Технология получения композиционного вяжущего подразумевает измельчение сырьевых материалов до дисперсности с показателями удельной поверхности $4000...4500 \text{ см}^2/\text{г}$.

Используемый на стадии предварительного

помола пресс-валковый измельчитель (рис. 2) имеет следующие технические характеристики, приведенные в таблице 1.

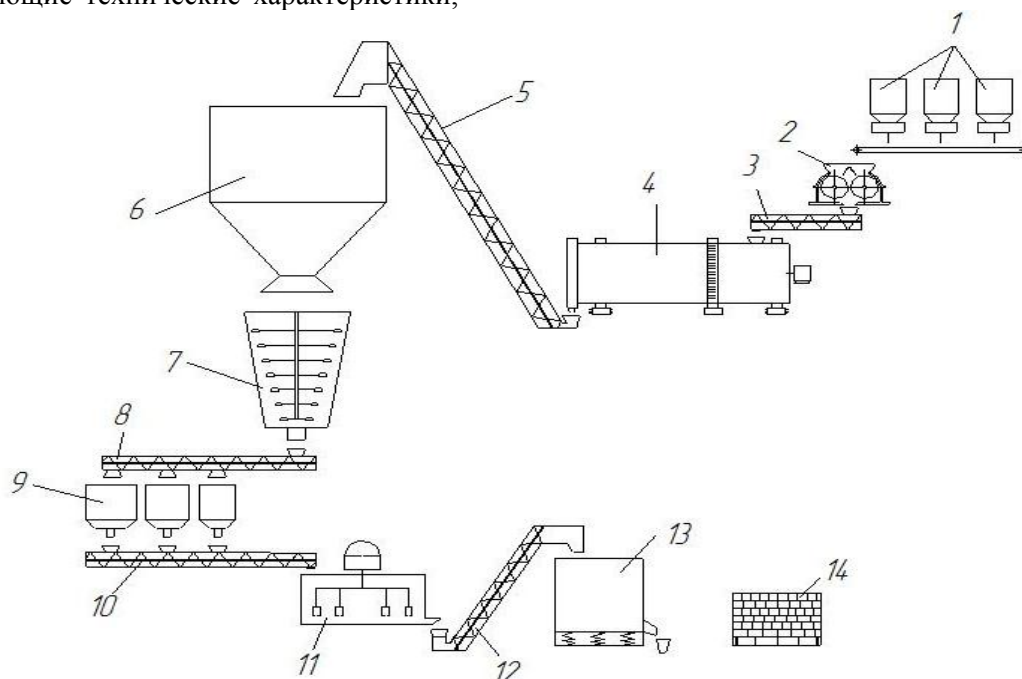


Рис. 1. Технологическая схема производства композиционных материалов: 1,2,3 – бункера исходных материалов; 2 – ПВИ; 3,5,8,10,12- шнековый питатель; 4- сушильный барабан; 6 – накопительный бункер; 9- бункера добавок; 11- смеситель; 13-упаковочная машина; 14- склад готовой продукции.

Применение ПВИ в технологической линии получения минеральных вяжущих обеспечивает, в зависимости от свойств измельчаемых материалов, снижение удельного расхода электроэнергии на 25-40% и повышение производительности агрегата, используемого на стадии помола, на 30-40%. Это достигается за счет использования конических валков, в которых осуществляется объемно-сдвиговое деформирование частиц измельчаемого материала, а также

эффекта самоизмельчения, реализуемого в слое материала при высоком давлении между валками. Сжатие минеральной частицы между двумя рабочими органами приводит к измельчению только ее самой, тогда как сжатие частицы между другими приводит к измельчению всех находящихся в контакте частиц, при этом для достижения необходимой крупности продукта требуется менее половины энергии, расходуемой шаровыми мельницами.

Таблица 1

Техническая характеристика пресс-валкового измельчителя,

№ п/п	Технические характеристики	Значение параметров
1.	Геометрические размеры валков, $D \times B$	0,5x0,3 м
2.	Величина конусности валков, K	0,3 м
3.	Зазор между валками,	$(3-8) \times 10^{-3}$ м
4.	Окружная скорость вращения валков	0,8 м/с
5.	Установочная мощность привода валков	2x7,5 кВт
6.	Максимальное усилие противодействия	90×10^4 Н
7.	Производительность агрегата, т/ч	5-8 т/ч

Кроме того материал после обработки давлением имеет товарную форму в виде спрессованных пластин и микродефектную структуру (рис.3), что позволяет осуществлять его помол на последующей стадии с меньшими энергозатратами.

Возможность создания широкого спектра сдвиговых деформаций, за счет формы валков и большого диапазона давлений, создаваемых в ПВИ, предопределяет его использование для переработки материалов в широком диапазоне физико-механических свойств.

Однако на эффективность процесса измельчения материалов в ПВИ в том числе и на величину затрат при окончательном помоле существенное влияние оказывают следующие факторы: величина давления прессования P , конусность валков, определяющая величину сдвиговых деформаций.

Создаваемая величина давления между валками влияет не только на степень измельчения материала, но и на прочность спрессованных пластин, выходящих из ПВИ, что сказывается на эффективности процесса измельчения.

Проведенный анализ графических зависимостей (рис.4) построенных по результатам экспериментальных исследований по изучению влияния давления измельчения и величины сдвигового деформирования на степень измельчения E и плотность спрессованных пластин K_y , для исследуемого материала шлака позволил

установить следующее. Что при увеличении давления прессования P до 300 МПа наблюдается интенсивный рост степени измельченности и коэффициентов уплотнения материалов. Дальнейшее повышение давления прессования свыше $P=300$ МПа влечет за собой лишь незначительное повышение E , и K_y .



Рис. 2. Пресс-валковый измельчитель: а - общий вид, б - вид на валки



Рис.3. Шлак измельченный в ПВИ: а - товарная форма; б - микродефектная структура (x 80)

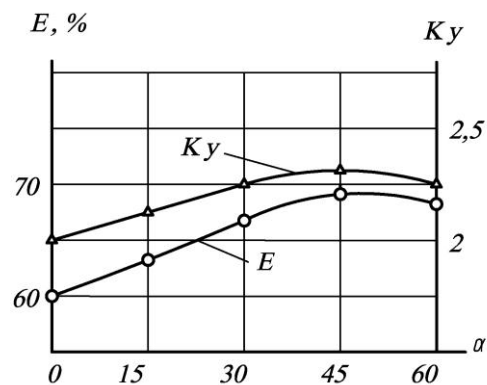
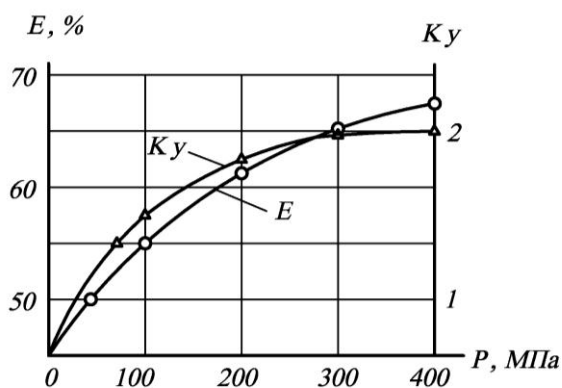


Рис. 4. Влияние давления измельчения (P, MPa) и сдвигового деформирования частиц шлака (α) на степень измельченности и коэффициент уплотнения.

Так, например, при увеличении давления прессования от 100 МПа до 300 МПа, степень измельченности соответственно возрастает с $E=49,4\%$ до $E=64,2\%$, т.е. на $14,7\%$. Дальнейший рост давления прессования до $P=350$ МПа влечет за собой прирост E на $0,95\%$ и $0,54\%$. Коэффициенты уплотнения исследуемых материалов при увеличении P от 100 МПа до 300 МПа возрастают соответственно с 1,4 до 2,0 т.е. на 42% . Последующий прирост давления прессования до 350 МПа приводит к незначительному увеличению коэффициентов уплотнения т.к. с 2,0 до 2,05, т.е. на 4% , что почти не сказывается на K_y . Это позволяет сделать вывод о том, что «порог насыщения» для шлака наступает при давлении $P_{из} = 300$ МПа. Величина «порога насыщения» подтверждают целесообразность поддержания давления измельчения на уровне указанной величины.

При увеличении величины сдвигового деформирования от 0 до 45° степень измельченности шлака возрастает, соответственно, с $62,2\%$ до $70,6\%$ на $13,5\%$, а коэффициент уплотнения возрастает с 2,05 до 2,3 на 12% . Дальнейшее увеличение величины угла наклона от $\alpha=45^\circ$ до $\alpha=49,1^\circ$ не приводит к приросту степени измельченности. Вышесказанное подтверждает теоретические выводы и объясняется тем, что при увеличении угла наклона рабочей поверхности в пределах от 0 до 45° , а, следовательно, увеличения сдвиговых деформаций снижается предел прочности материала за счет рационального сочетания раздавливающих и сдвиговых усилий.

На стадии окончательного помола предварительно измельченных материалов используется роторно-вихревая мельница сверхтонкого помола, которая позволяет получить синергетический эффект, за счет механоактивации частиц при их измельчении до удельной поверхности $4000...4500$ см²/г. Данная технология также может быть использована в дорожном строительстве для получения минеральных добавок с высокой активностью.

Таким образом, использование промышленной технологии и энергосберегающего обо-

рудования для получения композиционного вяжущего со снижением энергоемкости процесса до 50% не только позволяет утилизировать техногенные отходы металлургических производств, но и способствует получению более дешевых строительных, теплоизоляционных и других материалов. Рациональная величина давления измельчения шлаковых материалов в ПВИ равна 300 МПа, а величина сдвигового деформирования ограничена углом наклона образующей, равной 45° .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Будников П.П., Значно-Яровский И.Л. Гранулированные шлаки и шлаковые цементы. М.: Изд. Промстройиздат, 1983. 223с.
2. Пироцкий В.З. Совершенствование техники и технологии измельчения портландцементного клинкера: Оценка эффективности помольных систем. // Со тр. НИИцемента. 1986. Вып.90. С. 3-23.
3. Богданов В.С. Оптимизация процесса помола в производстве цемента/ В.С. Богданов, Р.Р. Шарапов, Ю.М. Фадин // Междунар. конгресс производителей цемента 9-12 октября 2008г. БГТУ им. В.Г. Шухова в Белгороде: сб. докл. М: Европейский технич. ин-т, 2008. С. 20-39.
4. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 69-71.
5. Grinding technology. POLYCOM. High-pressure grinding roll. Krupp Polysius, Germany. №7. 1990.
6. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 69-71.
7. Романович М.А., Евтушенко Е.И., Романович Л.Г., Осипцев П.И. Государственная поддержка инновационного предпринимательства молодых ученых на базе вузов России и Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 117.