

Романович А.А., канд. техн. наук, проф.,
Орехова Т.Н., канд. техн. наук, доц.,
Мещеряков С.А. инж.,
Прокопенко В.С. аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

nefact@mail.ru

В статье представлена технологическая схема получения минеральных добавок в асфальтобетон путем переработки отходов металлургических производств. Данная технология переработки шлака включает в себя две стадии измельчения: предварительную – измельчение в пресс-валковом агрегате и окончательную – помол в роторно-вихревой мельнице, работающей в замкнутом цикле с сепаратором. Использование такого способа измельчения шлака позволяет получать минеральные добавки с высокой удельной поверхностью (4000...5000 см³/кг).

Ключевые слова: технология получения минеральных добавок, пресс-валковый измельчитель, шлак, роторно-вихревая мельница.

Введение: Рациональное использование минерального сырья в строительной промышленности является одним из главных вопросов при решении задач энерго- и ресурсосбережения. В то же время промышленность стройматериалов может являться уникальным утилизатором отходов других отраслей с получением новых композиционных строительных материалов в том числе и в дорожном строительстве [1, 2].

Ежегодно в мире из недр планеты извлекается порядка 26 млрд. тонн горной массы, перерабатывается около 4,5 млрд. т. различных полезных ископаемых, из которых только от 2 до 10 % становится полезным продуктом, около 3 миллиардов тонн переходят в разряд промышленных отходов рациональные области использования которых, как правило, не определены. Разработка полезных ископаемых сопровождается накоплением миллиардов кубических метров отвальных пород, которые занимают сотни тысяч гектар земель. В результате накопления на поверхности нашей планеты мощных техногенных образований происходит экологический прессинг [3...5].

Методология: Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от ряда факторов, но наиболее эффективным решением является внедрение безотходной технологии. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы одних производств могут, являясь исходными сырьевыми материалами других. Комплексное использование минеральных природных ресурсов, вовлечение в производство техногенных отходов и вторичных продуктов различных отраслей промышленности для производства строительных материалов позволит существенно снизить нагрузку на

окружающую среду и привести к ресурсо- и энергосбережению.

Сегодня проблема сокращения отходов тесно связана с вопросами устойчивого экономического развития: в условиях постоянно растущего спроса на сырьё, при одновременном сокращении доступных запасов и конечной исчерпаемости природных ресурсов.

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 только 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 [6]. 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 до удельной поверхности 4000 см³/кг [7].

Основная часть: Однако исходный продукт – шлак, представляет собой достаточно твердый материал с пределом прочности зерен

$P = 300 \dots 320 \text{ кг/см}^2$, 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 [8, 9], позволил выявить как наиболее эффективные те системы, у которых реали-

зуется принцип постадийного измельчения материалов с выносом стадии грубого помола в отдельный агрегат - пресс-валковый измельчитель (ПВИ), осуществляющий более экономичный способ разрушения шихты.

Нами предложена технология получения минеральных добавок для дорожного строительства (рис. 1), включающая в себя пресс-валковый измельчитель для предварительного измельчения материалов и роторно-вихревую мельницу (РВМ), использование которой в качестве помольного агрегата позволяет получать готовый продукт с высокой удельной поверхностью ($4000 \dots 5000 \text{ см}^2/\text{кг}$).

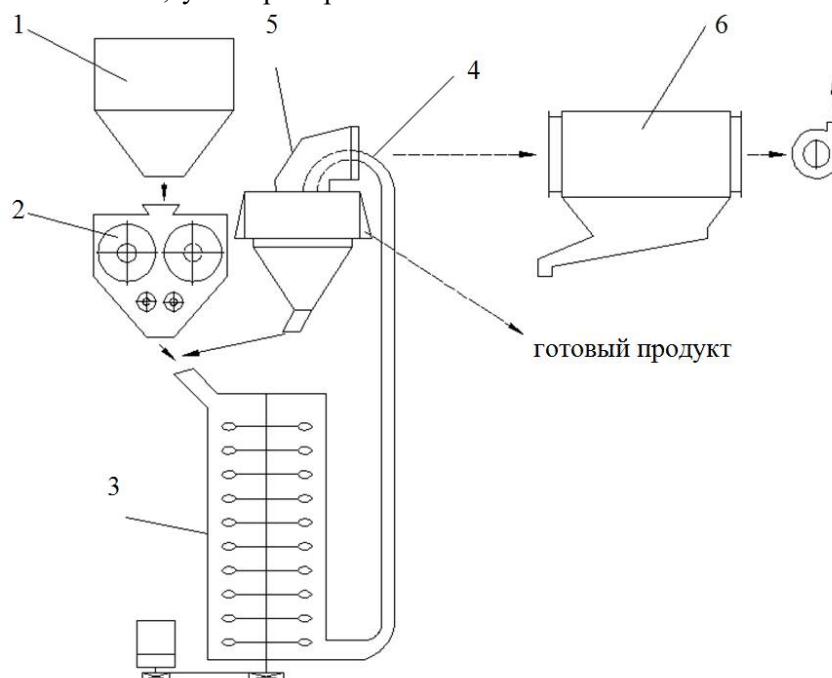


Рис. 1. Технологическая схема получения минерального порошка: 1 – бункер шлама; 2 – ПВИ, 3 – ударно-вихревая мельница; 4 – пневмомагистраль; 5 – сепаратор; 6 – система аспирации

Процесс измельчения анизотропных материалов в ПВИ слабо изучен, а приведенные в литературе данные по измельчению хрупких материалов в ПВИ [10, 11] дают большой разброс от 0,5 до 1,5 м/с окружных скоростей вращения валков, усилий измельчения $P = 150 \dots 350 \text{ МПа}$, габаритных размеров валков (диаметр их составляет 1,0 ... 2,8 м; ширина – 0,8...1,6 м) и их выходных показателей (удельный расход энергии составляет 1,5...5,0 кВт·ч/т, установленная мощность двигателей может достигать до 4,5 тыс. кВт, а производительность установок колеблется от 10 до 1800 т/ч), что свидетельствует о необходимости проведения теоретических и экспериментальных исследований по изучению процесса измельчения материалов в ПВИ с целью получения рациональных конструктивно-технологических и силовых параметров агрега-

тов, с учетом физико-механических характеристик и текстуры измельчаемых материалов.

При реализации постадийного измельчения изотропных материалов, предусматривающего предварительную обработку материалов давлением между валками ПВИ, после которого материал выходит в виде спрессованных пластин с максимальной прочностью в направлении приложения усилия и имеет анизотропную текстуру (рис. 2). Такая форма частиц шлама затрудняет его дезагломерацию и помол в таких агрегатах как вибрационные, струйные, роторно-вихревые мельницы и другие.

Проведенные экспериментальные исследования по изучению влияния давления измельчения материалов на величину усилия дезагломерации спрессованных пластин (рис. 3), 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. При измельчении шлака давлением равным 240 МПа, что соответствует насыщению как по степени измельченности, так и по плотности спрессованных пластин, усилия необходимые на их дезагломерацию в направлении прессования материала равны $P_{\text{дез прод}} =$



Рис. 2. Форма шлака после обработки давлением в ПВИ

Нами разработана конструкция ПВИ с устройством для дезагломерации спрессованной ленты, которая позволяет совместить в себе процессы измельчения и дезагломерации спрес-

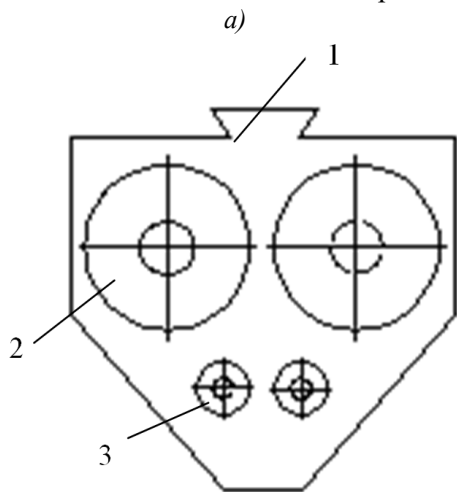


Рис. 4. ПВИ с устройством для дезагломерации спрессованных материалов:
 а – конструктивная схема установки: 1 – бункер; 2 – основные конические валки;
 3 – валки дополнительные; б – фото опытно промышленного агрегата

Пресс-валковый измельчитель с устройством для дезагломерации включает в себя загрузочный бункер 1, установленные на раме конические валки 2 и дезагломерационное устройство, которое состоит из дополнительных валков 3, вращающихся навстречу друг другу. Дополнительные валки имеют меньший диаметр и конусность обратную основным валкам, что

22 МПа, что в 5 раз превышает усилия разрушения в перпендикулярном направлении, которые равны $P_{\text{дез попер}} = 4$ МПа. Это свидетельствует о том, что для дезагломерации измельченных и спрессованных в пластины материалов в ПВИ целесообразно прилагать усилия их разрушения в направлении перпендикулярном прессованию или сочетание раздавливающих и сдвиговых деформаций.

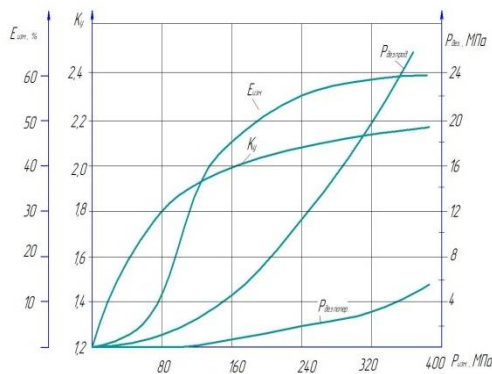


Рис. 3. Влияние давления измельчения шлака на величину усилий дезагломерации спрессованных пластин

сованного материала, тем самым снизить эксплуатационные затраты и повысить эффективность использования помольного агрегата (рис. 4).



позволяет осуществлять силовое воздействие на спрессованные пластины в направлении наименьшей их прочности.

Разработанная конструкция пресс-валкового измельчителя, установленного в технологической линии получения минеральных добавок имеет следующие технические характеристики, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики пресс-валкового измельчителя

№, п/п	Наименование показателя	Величина показателя
1	Габаритные размеры валков D× В, м	0,4× 0,25
2	Величина конусности валков	0,05... 0,35
3	Частота вращения валков, с ⁻¹	0,15 ... 1,0
4	Максимальное усилие измельчения, Н	5,0× 10 ⁶
5	Мощность привода, Вт	18 ×10 ³

Агрегат для измельчения и дезагломерации материалов работает следующим образом. В загрузочный бункер 1 подается исходный материал, шлак который захватывается валками, между которыми осуществляется его разрушение. Выходя из межвалкового пространства ПВИ, шлак приобретает форму спрессованных пластин, разрушение которых осуществляется между дополнительными валками за счет приложения усилия в направлении обратном прессованию, что позволяет произвести не только его дезагломерацию, но и раскрыть микротрещины частиц. Как показали исследования, в зависимости от измельчаемого материала и режима его измельчения давлением в ПВИ, в нем

содержится около 30 % готового продукта с размерами зерен менее 80×10^{-3} мм. Удаление готового продукта перед агрегатом окончательного помола позволяет не только значительно снизить удельные энергозатраты, но и повысить эффективность его работы. Доизмельчение шлака осуществляется в ударно вихревой мельнице, работающей в замкнутом цикле с сепаратором (рис. 5, 6). Опытно-промышленная установка роторно-вихревой мельницы имеет следующие технические характеристики: габаритные размеры агрегата 0,6×1,5 м; частота вращения ротора 30 с⁻¹; установочная мощность привода 100 Вт; производительность 10 т/ч.



Рис. 5. Фото опытно-промышленной роторно-вихревой мельницы

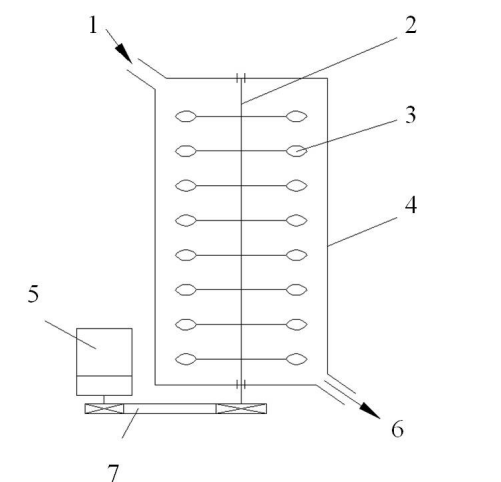


Рис. 6. Конструктивная схема роторно-вихревой мельницы: 1 – входной патрубок; 2 – ротор; 3 – била; 4 – корпус; 5 – электродвигатель 6 – разгрузочный патрубок; 7 – клиноременная передача

Предварительно измельченный в ПВИ шлак поступает в РВМ, где попадает под воздействие вращающегося с частотой 1800...2000 мин⁻¹ ротора. Попадая на била ротора, материал измельчается, подхватывается потоком воздуха создаваемого ротором и направляется в сепаратор, где осуществляется его разделение на фракции. После разделения готовый продукт накапливается в бункере, а не доизмельченный материал направляется на повтор-

ный помол в роторно-вихревую мельницу. Таким образом, разработанная технология позволяет получить минеральные добавки в асфальтобетон путем переработки отходов металлургических производств. Использование технологии помола шлака в себя две стадии измельчения: предварительную – в пресс-валковом агрегате и окончательный помол в роторно-вихревой мельнице, работающей в замкнутом цикле с сепаратором позволяет полу-

чать готовый продукт с высокой удельной поверхностью (4000...5000 см³/кг).

Использование же указанных материалов в тонкоизмельченном состоянии создаст условия не только для утилизации техногенных отходов производств, но и для развития перспективных технологий и строительства дорог и получения более дешевых дорожно-строительных, материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маркворт Л., Венцель Д. Технология и оборудование для обогащения полезных ископаемых // Горная промышленность. 2005. №1. С. 27-29.

2. Будников П.П., Значно-Яровский И.Л. Гранулированные шлаки и шлаковые цементы. М.: Промстройиздат, 1983. 223с.

3. Орехова, Т.Н. Определение производительности сухих строительных смесей с учётом анализа устройств смесительных агрегатов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 80-86.

4. Grinding technology. POLYCOM. High-pressure grinding roll. Krupp Polysius' Germany. №7. 1990. P. 9-12.

5. Малеев А.И., Кёрш С., Макстон Д. Измельчающие валки высокого давления // Горная промышленность. 2005. №5. С.42-45.

6. Митюшов В. Пособие по строительству асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов [Электронный ресурс]. URL: <http://cncexpert.ru/Data1/5/5750/index.htm> (дата обращения: 31.03.2015).

7. Романович А.А. Энергосберегающий помольный комплекс для переработки природных и техногенных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 187 с.

8. Романович А.А. Энергосбережение при производстве строительных изделий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 69-71.

9. 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.

10. Скобло Л.И. Дайджест по материалам журнала Zement-Kalk-Gips. №12 1996. и № 3, 4 1997. // Цемент и его применение. 1997. №3. С. 41-43.

11. Суккар М. Установки для производства цемента с вальцовыми прессами компании SPCC / Суккар М., Хепп К., Шахид А. // Цемент, известь, гипс. 2006. № 2. С. 60-64.

Romanovich A.A., Orekhova T.N., Mescheryakov S.A., Prokopenko V.S.

TECHNOLOGY OF MINERAL SUPPLEMENTS

The paper presents the technological scheme of mineral additives in asphalt recycling by smelting industry. This technology slag processing includes two grinding step: pre - grinding in roller press machine and final - grinding in a rotor-vortex mill operating in closed circuit with a separator. Using this method allows to obtain a slag grinding mineral supplements with high specific surface (4000-5000 cm³/kg).

Key words: *technology for producing mineral supplements, roller press mill, slag, rotary-jet mills.*