

Севостьянов В. С., д-р техн. наук, проф.,
Перелыгин Д. Н., ст. препод.,
Уральский В. И., канд. техн. наук, доц.,
Горлов А. С., канд. техн. наук, доц.,
Глаголев Е. С., канд. техн. наук,
Бабаевский А. Н., канд. техн. наук,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ*

mehanikus@mail.ru

Проведенные конструкторско-технологические исследования и опытно-промышленные испытания оборудования позволили разработать технологический комплекс для постадийного измельчения материалов с различными физико-механическими свойствами и получения высокодисперсных продуктов.

Ключевые слова: высокодисперсные материалы, вихре-акустический диспергатор, энергосберегающее оборудование, пресс-валковый измельчитель, центробежный помольно-смесительный агрегат.

Сегодня получение высокодисперсных материалов, а также наноматериалов охватило практически все виды человеческой деятельности, в том числе и производство строительных материалов. Внедрение современных разработок может привести к производству принципиально новых видов строительных материалов или нанокомпозитов [1-4].

Для получения высокодисперсных материалов с улучшенными физико-механическими свойствами существует два подхода. Первый – «сверху-вниз», т.е. постепенное увеличение дисперсности готового продукта и достижение заданной при соответствующих энергозатратах тонины помола и второй – «снизу-вверх», когда за счет использования большого количества энергии, методов физико-химического синтеза получают частицы наноуровня и на их основе изготавливают новые материалы. Нам представляется, что для промышленности строительных материалов, где это необходимо (композиционные вяжущие; высококонцентрированные вяжущие суспензии; тонкая или специальная керамика; производство катализаторов; нанодобавок, нанопокрывтия и др.) наиболее предпочтителен комбинированный способ производства наноматериалов при использовании преимуществ вышеуказанных способов. При этом важное значение имеет техника и технология предварительной подготовки тонкодисперсных порошков (менее 1 мкм), общепризнанная методология реализации которых в настоящее время отсутствует.

Для более эффективного измельчения и получения материалов на уровне, близком к наноуровню, необходимо не только оборудование, которое это позволит достичь, но и в первую

очередь, технологии для получения этих материалов. Сегодня при производстве различных строительных материалов затраты на измельчение составляют 30-60% от общих энергозатрат всей энергии [5]. При переходе к наносистемному уровню эти затраты значительно увеличатся. Поэтому при поиске рациональных областей (или технологий) использования частиц наноуровня необходимо также осуществлять поиск наиболее эффективных способов организации процессов измельчения и рациональных технологий избирательного диспергирования материалов.

Степень дисперсности материалов оказывает существенное влияние на химическую активность порошка, причем по мере уменьшения размера частиц их свойства существенно изменяются.

Кроме того, применение самих нанобъектов в существующих технологиях сопряжено с технологическими трудностями. По мере достижения частицами размеров, близких к наноуровню, значительно снижается плотность их упаковки, получение плотного материала сопровождается большими усадками. Более рациональным вариантом, с технологической точной зрения, можно считать наличие в композициях небольшого содержания нанодисперсных частиц [6].

Для получения нанодисперсных порошков необходимо осуществлять комплексный подход при создании техники и технологии измельчения материалов, заключающийся в следующих технологических процессах:

- организация постадийных процессов измельчения с реализацией объемно-сдвигового

деформирования материала и обеспечения его микродефектной структуры на каждой стадии;

- осуществление внутреннего или внешнего рецикла измельченных материалов;
- использование механо-химических способов интенсификации процессов разрушения частиц, особенно на микроуровне;
- использование эффективных методов воздействия на микродеформированные частицы (ультразвуковое, гидродинамическое, СВЧ воздействие и др.).

В этом направлении нами выполнены научно-технические разработки и проведен ряд исследований. За последние несколько лет разработаны машины, предназначенные для предразрушения материалов: пресс-валковые измельчители (ПВИ); центробежные помольно-смесительные агрегаты (ЦПСА); различные конструкции вихревых аппаратов (вихре-акустические диспергаторы (ВАД)), совмещающие в себе комплекс динамических нагрузок, способствующих эффективному получению высокодисперсных и ультрадисперсных порошков и др.

Разработанные агрегаты используются в технологической линии (рис. 1), состоящей из ПВИ, ЦПСА, турбо-вихревого сепаратора (ТВС), ВАД и других агрегатов.

Исходный материал поступает в приемный бункер 1, откуда ячейковым питателем подается в пресс-валковый измельчитель 2. В ПВИ происходит предварительное разрушение материала с обеспечением его микродефектной структуры. Далее материал ленточным питателем 3 и элеватором 4 подается в центробежный помольно-смесительный агрегат 5, в котором осуществляется избирательное тонкое измельчение предварительно измельченного материала. Измельченный материал поступает в трубопровод, где подхватывается потоком сжатого воздуха, создаваемым вентилятором 6 и направляется в турбо-вихревой сепаратор 7, где происходит постадийное разделение тонкоизмельченного материала на фракции. Пройдя через сепаратор, грубая фракция материала возвращается на доизмельчение в ЦПСА, а тонкая, осаждающаяся в выносных элементах, подается в вихре-акустический диспергатор 8, в котором осуществляется окончательное сверхтонкое доизмельчение материала. На выходе из вихре-акустического диспергатора газоматериальный поток направляется на осаждение в циклон 9 и рукавный фильтр 10. Осажденный материал является готовым продуктом.

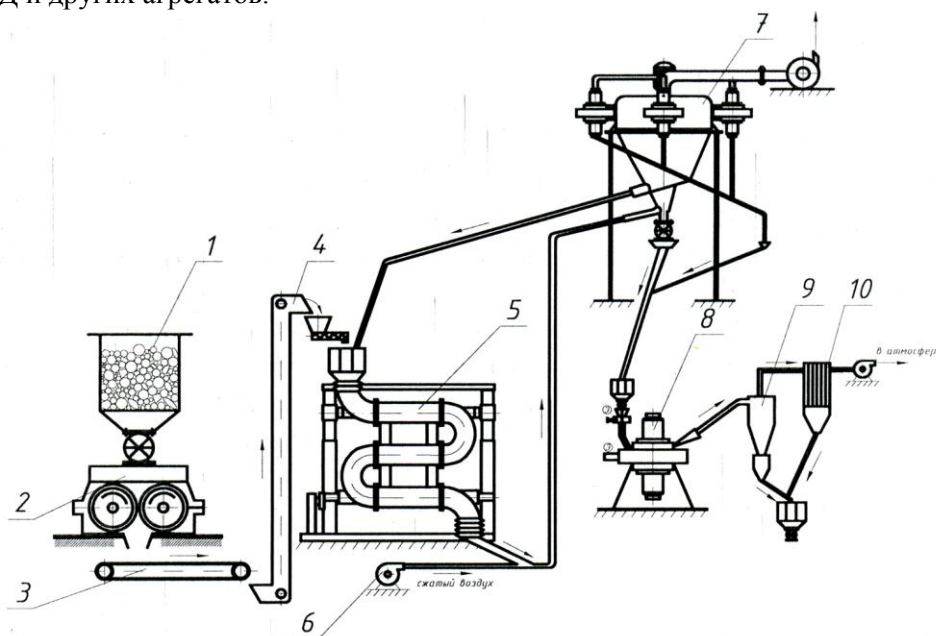


Рис. 1. Технологическая линия для производства высокодисперсных материалов

На первой стадии измельчения для предварительного разрушения материала используется пресс-валковый измельчитель (рис. 2) Эффективность использования предварительного измельчения материала в ПВИ перед его помоллом в мельнице обусловлено не только рациональным способом реализации энергозатрат при непосредственном раздавливающе-сдвиговом

воздействию рабочих органов (валков) на разрушаемый материал, но и обеспечением микродефектной структуры частиц, снижающей удельный расход электроэнергии при окончательном домолле материала в мельнице, в том числе в ЦПСА [7].

Отличительной особенностью ЦПСА является сочетание в одной технологической ма-

шине стадий среднего, тонкого и сверхтонкого измельчения, что обеспечивается различными траекториями движения камер для соответствующих режимов работы мелющей загрузки: для среднего помола – интенсивная ударная нагруз-

ка и частичное истирание; для тонкого помола – ударная нагрузка с увеличением степени истирания; для сверхтонкого помола – интенсивное истирание [8, 9].

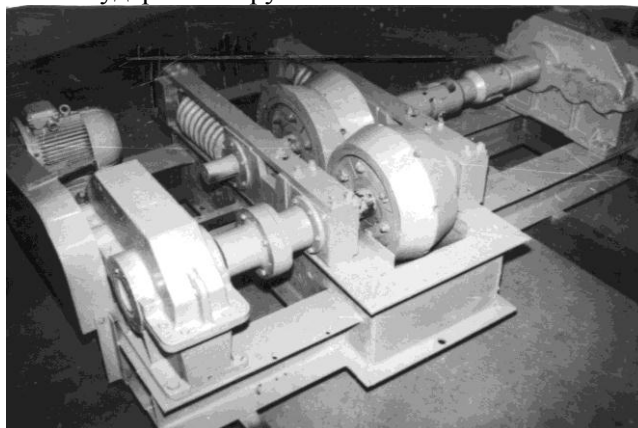


Рис. 2. Пресс-валковый измельчитель



Рис. 3. Центробежный помольно-смесительный агрегат

Технические характеристики опытно-промышленного центробежного помольно-смесительного агрегата (рис. 3):

Производительность, кг/ч	50-150	Габаритные размеры, мм	
Частота вращения кривошипа, об/мин	250-350	длина	2202
Потребляемая мощность, кВт	1,1	ширина	816
Величина эксцентриситета, м	0,02	высота	1290
Объем камеры помола, м ³	0,01	Масса, кг	525
Средневзвешенный диаметр частиц готового продукта, мкм	30-50		

Качество готового продукта зависит от измельчительного оборудования, находящегося в технологической линии на последней стадии. Получение продукта наноуровня в агрегатах, использующих механическое воздействие, весьма затруднено. Поэтому целесообразно использовать комбинированное физико-механическое воздействие на измельчаемый материал. В вихре-акустическом диспергаторе (рис. 4) при измельчении используется принцип «саморазрушения частиц изнутри». Частицы разрушаются при комплексном воздействии в высокоскорост-

ных вихревых потоках ($V=200...250$ м/с и более) [10-12], характеризующимися зонами огромного разрежения и сжатия.

Повышение эффективности тонкого измельчения материалов обеспечивается благодаря возможности изменения частоты акустических колебаний в камере помола. ВАД имеет рациональную технологическую компоновку камер измельчения, а вследствие работы агрегата по замкнутому циклу обеспечивается минимальное выделение пыли в окружающую среду.

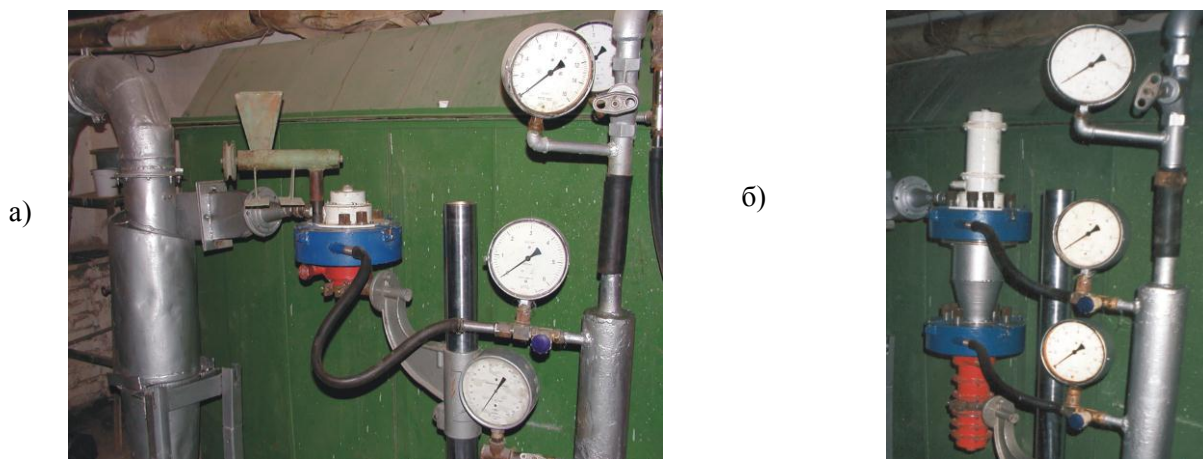


Рис. 4. Конструкции вихре-акустического диспергатора: а – с одной камерой помола, б – с двумя камерами измельчения материала и блоком промежуточной сепарации

Технические характеристики опытно-промышленных образцов вихре-акустических диспергаторов (рис. 4):

Производительность, кг/ч	до 35	Диаметр камеры помола, м	0,14 – 0,2
Удельный расход энергоносителя, кг/кг	0,65..0,8	Габаритные размеры, мм	
Рабочее давление, МПа	0,2...0,5	высота	1500
Средневзвешенный диаметр исходного материала, мм	2-3	ширина	400
Средневзвешенный диаметр частиц готового продукта, мкм	≤ 1-5	длина	600

Нами были проведены исследования по измельчению наиболее широко используемых сырьевых компонентов при производстве строительных материалов: портландцемента и раз-

личных генетических типов кварцевых пород. По результатам проведенных испытаний процесса измельчения получены следующие показатели (табл. 1).

Таблица 1

Результаты опытно-промышленных испытаний

№ п/п	Наименование материала	ПВИ			ЦПСА			ВАД		
		производительность, $\times 10^3$, кг/ч	удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$	удельные затраты, кВтч/т	производительность, кг/ч	удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$	удельные затраты, кВтч/т	производительность, кг/ч	удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$	удельные затраты, кг/кг
1	кварцитопесчаник	до 2	-	3	100	540	11	35	1890	1,6
2	песок	до 2	-	3	100	510	11	30	1800	1,8
3	портландцемент	-	-	-	100	485	11	35	1750	1,7

Проведенные нами конструкторско-технологические исследования и опытно-промышленные испытания оборудования позволили разработать технологический комплекс для постадийного измельчения материалов с различными физико-механическими свойствами и получения высокодисперсных продуктов.

**Работа выполнена по программе стратегического развития федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» на 2012-2014 гг.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Уральский А.В. Технологические модули для комплексной переработки техногенных материалов Химическое и нефтегазовое машиностроение 2010. - № 9. – с. 43-45.
2. Клименко В.Г., Балахонов А.В., Елистраткин М.Ю. Активация основного доменного шлака продуктами термообработки природного гипса. Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2010 – Т.53. – Вып.7. – С.7-10.
3. Севостьянов В.С., Строкова В.В., Уральский А.В., Перельгин Д.Н. Техника и технология предизмельчения материалов для про-

изводства нанокompозитов. Нанотехнологии производству: Сборник трудов международной научно-практической конференции. – Фрязино, 2007. – №1. – С. 165-171

4. Уральский А.В., Колесников А.В. Перельгин Д.Н., Сеница Е.В. Технологические модули для комплексного измельчения материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2007. – №3.- С. 80-86

5. Севостьянов В.С. Энергосберегающие помольные агрегаты. – Белгород, 2006. – 435 с.

6. Шаповалов Н.А., Строкова В.В., Череватова А.В. Оптимизация структуры наносистем на примере высококонцентрированной керамической вяжущей суспензии // Строительные материалы. – 2006. – №8. – С. 16–18

7. Севостьянов В.С., Дубинин Н.Н., Севостьянов И.В. Пресс-валковые агрегаты в промышленности строительных материалов: Учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. – 216 с.

8. Патент РФ № 2277973. Помольно – смесительный агрегат / Гридчин А.М., Лесовик В.С., Севостьянов В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Оpubл. в БИ №17, 20.06.2006 г.

9. Севостьянов В.С., Уральский В.И. Центробежный помольно-смесительный агрегат

// Научно-теоретический журнал. Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. Материалы Международной научно-практической конференции «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии». – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2005. - №11.– С. 215 – 217.

10. Пат. 2226432 Российская Федерация, МПК⁷ В 02 С 19/06. Вихреакустический диспергатор / Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Перельгин Д.Н., Горлов А.С., Нечаев С.П., заявитель и патентообладатель Белгор. гос. технол. ун-т. опубл. 10.04. 2004, Бюл. №10.

11. Пат. 2250138 Российская Федерация, МПК⁷ В 02 С 19/06. Вихре-акустический диспергатор / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Горлов А.С., Перельгин Д.Н., Федоренко Б.З.; заявитель и патентообладатель Белгор. гос. технол. ун-т. – № 2003123664/03; заявл. 25.07.2003; опубл. 20.04.2005, Бюл. № 11.

12. Севостьянов В.С., Горлов А.С., Нечаев С.П. Влияние характерного размера частиц на процесс измельчения в вихре-акустическом диспергаторе./ Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике. Сборник статей. Пенза –2003 – С. 34 – 38