

А.Б. ЛИПИЛИН, гл. инженер ООО «СтройМеханика», руководитель ИТП «ТехПрибор»,
Н.В. КОРЕНЮГИНА, инженер-технолог ООО «СтройМеханика»,
М.В. ВЕКСЛЕР, инженер, ведущий специалист ИТП «ТехПрибор» (Тула)

Селективная дезинтеграторная активация портландцемента (СДАП)

Проблема активации портландцемента с целью повышения его полезных свойств так же стара, как и сам портландцемент. И все же, несмотря на долгие годы теоретических изысканий и натурных опытов отработанного энергоэффективного способа активации портландцемента, когда бы затраты на ее осуществление не превышали бы затрат на его производство в настоящее время не существует.

Увеличение активности, а в большинстве случаев просто доработка поступающего на предприятия портландцемента заводского изготовления для приведения его в соответствие с заявленной маркой, представляется особенно актуальным. В настоящее время, когда объемы строительства стремительно растут, дефицит портландцемента ощущается особенно остро. В создавшейся ситуации даже крупным потребителям часто приходится мириться с низкой начальной активностью портландцемента. Ажиотажный спрос обеспечивает сбыт материала низкого качества. К тому же, многие цементные заводы на сегодняшний день просто не в состоянии улучшить качество выпускаемой продукции, так как износ основных фондов на конец 1996 г. составлял 57%, а на начало 2006 г. уже порядка 70% (статистические данные компании «ЕВРОЦЕМЕНТ»).

Справедливости ради необходимо отметить, что критическая ситуация, сложившаяся на рынке цемента, является следствием многих причин как технического, так и экономического характера. Цементная промышленность является одной из самых фондоемких подотраслей промышленности строительных материалов. Все предприятия находятся в частной собственности, поэтому рассчитывать на государственную поддержку модернизации не приходится, а собственных средств на это не хватает. Кроме того, практически свернуты научные исследования, направленные на повышение эффективности заводской технологии. Научные разработки прошлых лет практически не внедряются. Свой вклад в обострение проблемы вносят и низкая культура использования цемента в отечественном строительстве, и снижение его активности при неправильном хранении и нехватка качественных заполнителей для бетона, что так же вызывает перерасход цемента.

В тоже время именно в нашей стране на протяжении длительного времени проводились научно-исследовательские работы, направленные на увеличение вяжущих свойств портландцемента, обеспечения более полного использования потенциальной энергии минеральных вяжущих веществ, экономии энергии и топливных ресурсов [1].

Помол клинкера является основной технологической операцией, оказывающей определяющее влияние на активность получаемого цемента. Многие свойства портландцемента, в том числе активность и скорость твердения, зависят не только от химического и минералогиче-

ского состава, но и от тонкости помола продукта [2].

Известно, что все твердые материалы и цементный клинкер в том числе характеризуются сопротивлением разрушению, причем на разных ступенях тонкого измельчения это сопротивление не одинаково. Существует общая закономерность: чем меньше размеры частицы, тем выше расход энергии, необходимой для ее разрушения. Так, при помоле цемента в шаровой мельнице до удельной поверхности 3000–3500 см²/г, ее прирост практически пропорционален затраченной работе [2], дальнейшее увеличение удельной поверхности сопровождается значительным повышением расхода энергии.

Шаровые мельницы при работе с высокодисперсными материалами характеризуются низкой эффективностью (на полезную работу измельчения расходуется не более 10% всей подводимой энергии), низкой избирательностью измельчения (измельчается весь размерный ряд цементных зерен).

Шаровые мельницы с открытым циклом измельчения применяют для помола клинкера до удельной поверхности 2500–3000 см²/г, в этом случае расход электроэнергии составляет 25–30 кВт·ч/т продукта. Для получения цемента с удельной поверхностью 3000–3500 см²/г и выше обычно применяют более экономичные мельницы, работающие в замкнутом цикле с воздушными классификаторами, одно- или двухкамерные. Чаще используют помольные установки с двухкамерными мельницами.

Однако широкое применение барабанных шаровых мельниц в производстве портландцемента это, прежде всего, пример удачного найденного баланса между дисперсностью продукта, расходом энергии и технической надежностью оборудования.

Известно, что дисперсность цементного порошка, его зерновой состав, форма зерен зависят от вида помольного агрегата, применения открытого или замкнутого цикла измельчения, формы и размера мелющих тел, скорости свободного удара. Многочисленные опыты, проводившиеся как в нашей стране, так и за рубежом свидетельствуют о значительном влиянии вида помольного агрегата на свойства цемента.

Метод ударного измельчения цементного зерна (дезинтеграторного измельчения) характеризуется достаточно узкой гранулометрией продукта, процентное содержание в порошке частиц средней фракции гораздо выше, нежели при других способах помола [3].

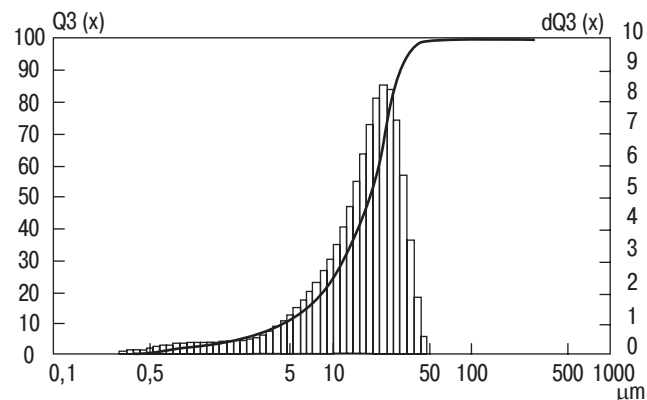
При дезинтеграторном измельчении цементного зерна, гранулометрические характеристики получаемого продукта в основном зависят от скорости свободного удара [4]. Для разрушения цементного зерна в зависимости от его размера, необходима строго определенная энергия ударного воздействия. Чем выше скорость помольного органа (для дезинтегратора, центробежно-ударной мельницы) или скорость самой разрушаемой частицы (для струйной мельницы), тем меньше размер

Таблица 1

Измельчительный агрегат	Массовая доля частиц, размером, мкм, %										
	≤1	≤2	≤3	≤4	≤5	≤10	≤20	≤30	≤40	≤50	более 50
Дезинтегратор	0,68	4,55	3,13	2,77	2,98	10,32	30,65	27,5	11,43	4,77	1,29
Шаровая мельница	1,75	7,56	5,75	7,52	5,79	3,76	14,25	12,72	3,99	10,23	16,68

Таблица 2

Размер частиц цемента в мкм	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте		
	3 суток	7 суток	28 суток
Исходный цемент	12,9	19	27,9
До 10	24	26	26,8
10–20	22,8	24,2	25
20–40	15	15	24,5
40–60	1,7	3	9,2
60–90	0,8	1,5	6
Свыше 90	0,5	0,5	2



Гистограмма и интегральная кривая выделенной грубой фракции цементного порошка после дезинтеграторной обработки

частиц в готовом продукте. Скорость помольных органов, либо самой разрушаемой частицы должна составлять не менее 160 м/с, что обеспечивает увеличение удельной поверхности цементного порошка на 30–50% от его исходных показателей. При этом содержание частиц от 5 до 40 мкм в активированном цементном порошке может достигать 98%, а содержание частиц менее 5 и крупнее 40 мкм, будет гораздо ниже по сравнению с цементом, измельчаемым в шаровой мельнице. Соотношение основных фракций цементных зерен после дезинтеграторного измельчения ($V_{\max} = 160$ м/с) и помола в шаровой вибрационной мельнице показано в табл. 1.

Хорошо известно, что разные фракции цементного порошка оказывают влияние на прочность цемента, изменяют его водопотребность, пластичность цементного теста, скорость твердения. В связи с этим рекомендуется характеризовать активность цемента не только по удельной поверхности порошка, но и по зерновому составу.

Изучение эффективности тонкого измельчения и прочностных показателей отдельных фракций цементного порошка показало, что в возрасте 28 суток прочность полидисперсного исходного цемента выше прочности отдельных фракций (табл. 2).

Дальнейшими исследованиями было установлено, что частицы размерами 0–5 мкм оказывают решающее влияние на рост прочности цементного камня в первые часы твердения. Именно от частиц этого размера зависят сроки начала схватывания портландцемента. Частицы размером 5–10 мкм влияют на прочность цементного камня в 3–7 суточном возрасте, а фракция 10–20 мкм определяет прочность в 28 суточном и более позднем возрасте. Таким образом, измельчая один и тот же клинкер и соответственно изменяя долю частиц размером 5–20 мкм в общей массе цементного порошка, можно получать портландцемент марок 600, 700 и 700 БТЦ (быстро твердеющий цемент).

Итак, цементный порошок, получаемый в шаровых мельницах различного способа побуждения мелющих тел, характеризуется широким зерновым составом, при этом содержание основных (наиболее активных) фракций цементного зерна не поддается оперативной регулировке. В то же время, при активации портландцемента совершенно необходимо получение материала узкой

гранулометрии именно средней фракции (10–40 мкм), которая должна пополняться в результате измельчения крупных, малоактивных цементных зерен [4].

Повысить активность портландцемента можно методом *селективной дезинтеграторной активации*.

В основе данного метода лежит комплексный подход как к выбору оптимальной модели разрушения цементного зерна с возможностью корректировки гранулометрического состава цементного порошка, так и к аппаратному обеспечению, выполненному на основе промышленно выпускаемого технологического оборудования.

Использование данного метода позволяет увеличить долю цементных зерен средней, наиболее ценной фракции, получить частицы осколочной формы, и таким образом кардинально повысить вяжущие свойства портландцемента при минимальных энергозатратах и эксплуатационных расходах.

Первичная классификация позволяет своевременно удалить балластную, не требующую дополнительной переработки, фракцию из общей массы активируемого портландцемента, при этом граница разделения может изменяться в зависимости от задач активации. Граничная крупность разделения цементных зерен изменяется путем настройки параметров работы воздушно-центробежного классификатора.

Возможность изменения граничной крупности разделения цементного зерна в зависимости от его размеров обеспечивает высокую маневренность при активации цемента низкого качества, и позволяет выпускать активированные цементы заданного гранулометрического состава и требуемой активности.

Товарный портландцемент рядовой активности подается на воздушно-центробежный классификатор «Прогресс МК», где из общей массы материала извлекается балластная фракция 0–20 мкм. Если исходный цемент имеет показатели удельной поверхности около 2500–3000 $\text{см}^2/\text{г}$ и остаток на сите №008 около 8–10%, то первично отделенная фракция обычно составляет около 30–50% от общей массы. При этом показатели удельной поверхности цементного порошка первичной классификации в среднем составляет 5000–6000 $\text{см}^2/\text{г}$.

Цементный порошок, не прошедший классифика-

цию, представлен частицами размерами более 20 мкм и имеет удельную поверхность 1000–1500 см²/г.

Из бункера грубой фракции материал подается в дезинтегратор «Горизонт-4500 МК Ultra», либо в агрегат измельчения ударного действия другого типа. Основное требование, предъявляемое к измельчительному оборудованию, используемому при помоле грубой фракции, это скорость соударения, которая не должна быть ниже 200 м/с, так как при более низких скоростях происходит разрушение только относительно крупных цементных зерен, для измельчения частиц менее 40 мкм, скорость соударения 200 м/с является минимально допустимой.

В результате дезинтеграторного измельчения грубая фракция цементного порошка получает прирост удельной поверхности около 500–1000 см²/г, при этом остаток на сите №008 обычно отсутствует полностью, а остаток на сите №006 составляет от 1 до 3%. Гранулометрический анализ выделенной грубой фракции цементного порошка после дезинтеграторной обработки представлен на рисунке.

Таким образом, цементный порошок, не прошедший первичную классификацию после дезинтеграторного измельчения, характеризуется удельной поверхностью 1500–2500 см²/г и полным отсутствием частиц размерами более 80 мкм. Анализ гранулометрического состава, проведенный на лазерном анализаторе размера частиц, позволяет говорить о высокой гранулометрической однородности полученного порошка, 95% которого представлены частицами, размером менее 40 мкм, а 65% — размером менее 20 мкм, что соответствует оптимальному зерновому составу цементного порошка.

После измельчения дезинтегрированный цементный порошок смешивается с предварительно выделенной балластной фракцией. Для равномерного смешива-

ния полученных фракций можно использовать центрифужный смеситель циклического действия, который обычно применяется в производстве сухих строительных смесей, либо смеситель непрерывного действия, оснащенный дозаторами и автоматизированной системой управления подачи компонентов.

Использование весовых дозаторов непрерывного действия с автоматическим управлением обусловлено необходимостью строго выдерживать соотношение по массе между первично выделенной фракцией и дезинтегрированной частью цементного порошка.

На заключительной стадии производства активированного портландцемента — смешивании цементных фракций — возможно введение активных минеральных добавок, как природного происхождения, так и на основе технологических отходов производства.

Таким образом, для предприятий строительной отрасли, занятых в производстве бетона, ЖБ изделий и конструкций, помимо возможности эффективного повышения активности портландцемента, открываются широкие перспективы производства композиционных вяжущих, задаваемых характеристик.

Список литературы

1. Бутт Ю.М. Быстротвердеющий портландцемент. Сборник трудов по химии и технологии силикатов. М. 1957. С. 199.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат. 1986. С. 186–201.
3. Хинт И.А. Основы производства силикалитных изделий. М.: Госстройиздат. 1962. С. 503.
4. Волженский А.В., Попов Л.Н. Смешанные портландцементы повторного помола и бетоны на их основе. М.: Госстройиздат. 3 1961. С. 107.



ТЕХПРИБОР
ЦЕНА/КАЧЕСТВО/СЕРВИС



Дезинтегратор серии «ГОРИЗОНТ»

Механоактивация цемента
Производство минеральных добавок
Переработка техногенных отходов
Производство высокодисперсных материалов
Классификация



Воздушно-центробежный классификатор серии «ПРОГРЕСС»



Модульный комплекс измельчения сыпучих материалов серии «МОЛОТ»

Инженерно-технологическое подразделение «ТЕХПРИБОР» проектирует, производит и поставляет полный ассортимент технологического оборудования для переработки минерального сырья и техногенных отходов, производства фракционированных материалов, высокодисперсных порошков и активации цемента. Вашему вниманию представлены как отдельные технологические единицы, так и модульные комплексы высокого уровня готовности, позволяющие решать задачи дробления - помола, транспортировки - классификации, повышения полезных свойств - активации, смешивания - диспергирования различных материалов наиболее эффективным образом. Неизменно превосходные результаты производственной деятельности ИТП «ТЕХПРИБОР» основаны, прежде всего, на объединении научных, технических и производственных усилий для получения наилучших результатов.

Персонал лабораторно-технологического отдела ИТП «ТЕХПРИБОР» состоит из специалистов различного профиля, имеющих опыт научно-исследовательской и производственной работы, что позволяет нашему предприятию решать самые сложные производственные задачи.

Помимо непосредственно производственной деятельности ИТП «ТЕХПРИБОР» также осуществляет послегарантийное и сервисное обслуживание оборудования, разработку технической и технологической документации, лабораторные работы.



Роторная дробилка серии «ВЕЙДЕР»

**ИТП «ТехПрибор», РФ, г. Тула, пос. Рудаково, ул. Людина 6А; Тел: 8 (905) 626-79-10, 626-93-07, 8 (903) 658-62-41;
 Факс: 8 (4872) 33-09-78; ICQ: 218946684; e-mail: manager@tpribor.ru; www.tpribor.ru**