

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЦЕМЕНТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Б. ЛИПИЛИН, руководитель ИТП «ТехПрибор»;

Н.В. КОРЕНЮГИНА, инженер-технолог ИТП «ТехПрибор»;

М.В. ВЕКСЛЕР, инженер, ведущий специалист ИТП «ТехПрибор» (г. Тула)

Часть 2

В статье рассмотрены наиболее перспективные способы повышения активности цемента на основе минерального сырья Тульской области с использованием стержневых дезинтеграторов ИТП «ТехПрибор» (г. Тула).

Обеспечение существенной экономии цемента за счет более полного использования его потенциальных возможностей может быть достигнуто при объединении возможностей гранулометрически ориентированного домола товарного цемента, использования ультрадисперсных микронаполнителей на основе местного сырья и применения измельчителей-дезинтеграторов оригинальной конструкции.

Рассмотрим механизм взаимодействия предлагаемых методов активации с точки зрения современного представления о физико-химических процессах формирования структуры цементного камня и бетона.

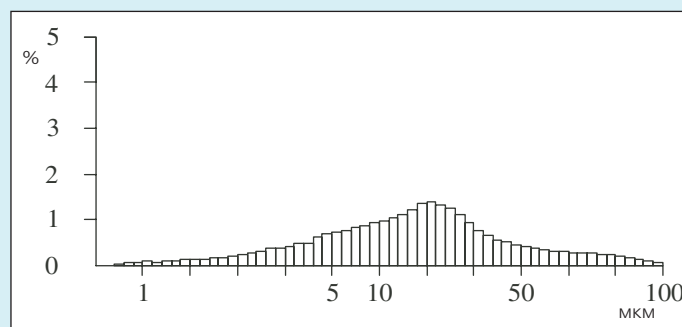
При взаимодействии зерен цемента с водой, химические реакции гидролиза и гидратации происходят вначале на поверхности раздела фаз. При этом вокруг зерен цемента образуются оболочки коллоидных новообразований, которые с течением времени перекристаллизуются, что и обуславливает твердение материала. Важнейшим процессом, происходящим тотчас после контактирования дисперсного вещества с водой затворения, является адсорбция, которая представляет собой быстро протекающий процесс. Дальнейшая гидратация внутренних слоев зерен цемента происходит за счет отбора воды из поверхностных слоев.

Учитывая, что глубина проникновения воды затворения в поверхностные слои цементного зерна не превышает 15 мкм, можно сделать выводы о том, что размер отдельных зерен в цементном порошке должен быть таким, чтобы, процесс гидратации клинкерных минералов мог в основном закончиться к сроку, по которому принято давать оценку прочности раствору или бетону. По данным различных источников, наиболее рациональной тониной помола цементного клинкера является такая, при которой размер самых крупных частиц в массе порошка не превышает 50 мкм.

Товарные цементы, выпускаемые в настоящее время, содержат до 30 % зерен размером свыше 50 мкм. Поэтому потенциальные возможности такого цемента используются не полностью, а в среднем на 50–60%.

В бетоне, приготовленном по классической технологии, содержится цементный камень, который состоит как из полезных продуктов гидратации, так и негидратированных зерен цемента. Таким образом, до 40 % цементного клинкера даже в высокомарочных цементах практически не используется при склеивании заполнителя, и не оказывает заметного влияния на скорость твердения и проектную прочность бетона.

Нашим предприятием совместно с лабораторией **ОАО «Тулаоргтехстрой»** были проведены исследования по изучению активности и дисперсности различных цементов, используемых в Тульской области. В результате было установлено, что абсолютное большинство исследуемых образцов имеют показатели удельной поверхности, не соответствующие указанной марке цемента. Остаток на сите № 008, даже для цементов высоких марок, в частности М 500, составляет более 15%. Соответственно, при классической технологии изготовления бетона потенциальные возможности цемента, в составе которого крупные, а значит и малоактивные частицы, составляющие более 20 %, используются далеко не полностью.



Гистограмма зернового состава товарного цемента марки 500

На представленной гистограмме указано процентное содержание зерен различных размеров в цементе марки 500. Доля крупных малоактивных частиц размерами больше 50 мкм составляет 19,48 %.

Зерновой состав товарного цемента марки 500										
Размер частиц, мкм	≤ 1	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 50
Процентное содержание в порошке, %	0,70	4,40	3,01	2,29	2,40	8,70	13,84	25,76	8,99	10,43

При этом необходимость увеличения расхода цемента для получения бетонов требуемых марок по прочности — далеко не единственная проблема, возникающая при использовании цемента низкой активности.

Цемент с повышенным содержанием крупных частиц характеризуется более медленным набором прочности. При монолитных работах это означает увеличение сроков бетонирования, связанных с необходимостью дополнительной выдержки бетона в съемной опалубке. В условиях заводского изготовления бетонных изделий при использовании низкоактивного цемента производственный процесс замедляется, появляется необходимость в больших помещениях, используемых для вызревания изделий.

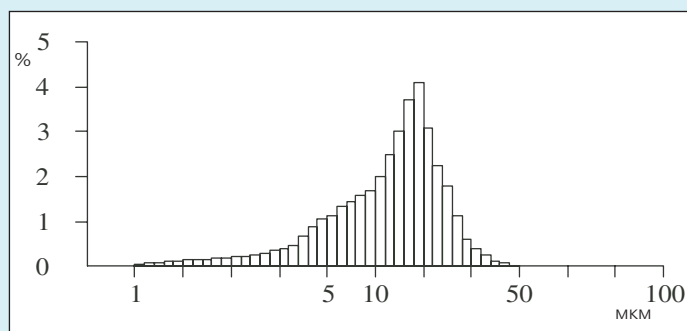
Но как было сказано выше, пути увеличения активности цемента заводского изготовления существуют.

Для обогащения гранулометрического состава цементного порошка мы предлагаем технологию ударного измельчения на

основе серийно выпускаемого нашим предприятием стержневого **дезинтегратора** серии «Горизонт».

Данный агрегат реализует наиболее энергоэффективный на сегодняшний день способ разрушения твердых материалов методом «свободного удара» или «кинетического дробления».

В отличие от традиционно применяемых при крупнотоннажном производстве цемента способах помола, дезинтеграторная технология позволяет получать продукт, характеризующий оптимальным с точки зрения скорости и равномерности твердения зерновым составом. Основное преимущество дезинтеграторного измельчения, на наш взгляд, заключается в высокой избирательности или селективности разрушения частиц, а, соответственно, и возможности получения продукта узкой granulометрии, когда увеличение содержания зерен активного диапазона размеров достигается исключительно за счет разрушения крупных малоактивных частиц.



Гистограмма зернового состава дезинтегрированного цемента

На гистограмме хорошо видно как изменилось процентное содержание зерен наиболее активного диапазона размеров. Крупные зерна размерами более 60 мкм полностью исчезли, за счет их измельчения содержание в цементном порошке зерен размерами 5–20 мкм существенно увеличилось.

Зерновой состав дезинтегрированного цемента									
Размер частиц, мкм	≤ 1	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 40
Процентное содержание в порошке, %	0,68	4,55	3,13	2,97	2,98	10,32	30,65	27,5	11,43

Нет необходимости подробно останавливаться на том, что с точки зрения себестоимости помола, избирательное измельчение относительно крупных зерен цемента при незначительном увеличении показателей удельной поверхности цементного порошка предпочтительнее общего помола цементных зерен всех размеров, когда нагружение получают частицы, не нуждающиеся в дополнительном измельчении. Можно лишь отметить, что на фоне увеличения активности, дисперсность дезинтегрированного цемента изменяется незначительно, что позволяет использовать дезинтегрированный цемент в классической технологии производства бетона без серьезных изменений основных приемов работы с цементными вяжущими.

В отличие от цементов, активированных методом вибродомола в шаровых мельницах, дезинтегрированный цемент сохраняет исходную водопотребность без сокращения начального срока схва-

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ТОВАРНОГО ЦЕМЕНТА

Наименование показателя	Фактические результаты испытаний			
	Состав № 1 – контрольный	Состав № 2 – замещение ПЦ 10–процентн. минеральным наполнителем с СП-1	Состав № 3 – замещение ПЦ 20–процентн. минеральным наполнителем с СП-1	Состав № 4 – замещение ПЦ 30–процентн. минеральным наполнителем с СП-1
ПЦ 400 Д 20				
Водоцементное отношение (В/Ц)	0,36	0,30	0,27	0,26
Расплав конуса, мм	1 07	1 07	1 06	1 06
Предел прочности при сжатии после пропаривания, кгс/см ²	310	366	372	309
Прирост прочности	–	+ 18 %	+ 20 %	–
Предел прочности при сжатии в возрасте 3 суток, кгс/см ²	130	240	249	190
Прирост прочности	–	+ 85 %	+ 91 %	+ 46 %

тывания, что делает возможным его использование на бетонных заводах без серьезного изменения существующих технологий.

Одной из особенностей **стержневых дезинтеграторов** является возможность одновременной обработки нескольких компонентов, когда помол материалов дополняется их тщательным перемешиванием. При дезинтеграторном смешивании материалов степень однородности высокодисперсной системы принципиально отличается от аналогичных показателей смесей, полученных традиционными способами перемешивания. Механическое смешивание при дезинтеграторной обработке удачно сочетается с механохимической активацией отдельных компонентов [6]. В этом случае, помимо высочайшей степени гомогенизации смеси, также проявляются эффекты, свойственные процессам твердофазного синтеза, когда частицы одного вещества могут быть привиты на поверхности другого.

Ультрадисперсный наполнитель, введенный при помоле цемента, тщательно смешивается с последним, что и обеспечивает его максимально равномерное распределение в основном объеме порошка. Частицы наполнителя, располагаясь между отдельными зернами цемента, увеличивают их адсорбционные возможности, снижают пористость и способствуют уплотнению структуры цементного камня. Для предотвращения увеличения водопотребности и негативных изменений реологической способности смеси, непосредственно при помоле основных компонентов также вводилась пластифицирующая добавка СП-1 производства ОАО «Полипласт».

Результаты испытаний товарного цемента, измельченного совместно с известняковым порошком производства ОАО «Гурово-Бетон», Алексинский р-н Тульской области (Гуровское месторождение известняков Тульской обл.), приведены в таблице.

Из полученных данных следует, что совместный дезинтеграторный помол товарного цемента с известняковым порошком и пластифицирующей добавкой повышает прочность образцов в начальные сроки твердения не менее чем на 46 %. При замещении одной пятой части цемента микронаполняющей добавкой, прирост прочности в возрасте 3 суток составил более 90 %.

Несмотря на устоявшееся мнение, что быстротвердеющие цементы, применяемые при скоростных методах строительства, не должны иметь в своем составе минеральных добавок, положительный опыт использования микронаполненных цементов вносит в этот вопрос свои коррективы. Полученные результаты

наглядно демонстрируют возможность повысить экономичность цементных композиций в растворах и бетонах при использовании высокоактивных вяжущих веществ на основе местных природных материалов и цемента заводского изготовления.

Помол имеет огромное значение в производстве ряда строительных материалов, он интенсифицирует технологические процессы, повышает однородность сложных смесей и качество выпускаемой продукции. Особое значение тонкий помол приобретает в работах по активации цемента. Однако не следует забывать, что измельчение твердых материалов является весьма энергозатратным и материалоемким процессом. Зачастую затраты на повышение активности минеральных вяжущих веществ не компенсируются экономической выгодой от их применения. Основным критерием, определяющим эффективность предлагаемых методов активации цемента, помимо достигнутых показателей увеличения прочности образцов, должен являться расход энергии, необходимой для получения продукта с улучшенными характеристиками. На наш взгляд максимальный экономический эффект от внедрения механической активации в технологию производства бетонов, достигается только при правильном сочетании таких параметров обработки, как избирательность помола товарного цемента, оптимальной энергонапряженности процесса смешивания и доступности сырьевых компонентов.

Библиографический список:

1. Бутт Ю.М. Быстротвердеющий портландцемент. Сб. трудов по химии и технологии силикатов. – М., 1957. С. 425.
2. Стрелков М.И. Важнейшие вопросы теории твердения цемента. Сб. трудов по химии и технологии силикатов. – М., 1957. С. 425.
3. Липилин А.Б., Коренюгина Н.В., Векслер М.В. Селективная дезинтеграторная активация портландцемента // *Строительные материалы*. 2007, №7. С.74–75.
4. Волженский А.В., Попов Л.Н. Смешанные портландцементы повторного помола и бетоны на их основе. – М.: Гостройиздат, 1961. С. 107.
5. Соколов Я.Г. Тонкий помол в производстве строительных материалов. Сб. трудов по химии и технологии силикатов. – М., 1957. С. 425.
6. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. – М., 1962. С. 503.



ТЕХПРИБОР
ЦЕНА/КАЧЕСТВО/СЕРВИС

ИТП «ТехПрибор»,
РФ, г. Тула, пос. Рудаково, ул. Люлина, 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