

*Рыскалиев М.Ж.*

## ДЕЗИНТЕГРАТОРНАЯ АКТИВАЦИЯ ЦЕМЕНТА И ПЕСКА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА ЗАДАНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

*M.Zh. Ryskaliev*

### DISINTEGRATOR ACTIVATION OF CEMENT AND SAND WITH GETTING OF FOAM CONCRETE OF SPECIFIED PHYSICAL-MECHANICAL FEATURES

УДК:666.973.6

*В статье приводятся сведения о активации цемента в различных помольных агрегатах – трубной шаровой мельнице и дезинтеграторах. Установлено, что активация цемента в дезинтеграторах позволяет избирательно походить к зерновому составу цемента с наибольшим содержанием нужной «товарной» фракции частиц с размерами от 10 до 40 мкм. При этом активность вяжущего повышается, что объясняется приобретением частицами цемента «щебневидной» формы. Дезинтеграторная активация песка позволяет устранить негативное влияние глинистых примесей в песке с содержанием до 7%. Модификация состава пенобетона минерально-химическими добавками «Лигнопан Б-2», «Биотех-НМ» и «Акватрон-8» позволяет получать пенобетоны по прочности сравнимыми с ячеистыми бетонами автоклавного твердения.*

**Ключевые слова:** пенобетон, пенообразователь, дезинтегратор, сроки схватывания цемента, пластическая прочность, структурная прочность пенобетона.

*This article consists of information about activation of cement in different milling unit-trumpet ball mill and disintegrators. It was fixed, that cement activation in disintegrators allows selectively simulate to grain composition of cement with the largest substance of need “ready-mixed” fraction of units with dimensions from 10 to 40 mkm. This time activity of cementing agent rises, that explains with procurement of cement units “rubble” form. Disintegrator sand activation allows to dispose of negative influence of argillaceous admixture in sand with substance to 7%. Modification composition of foam concrete with mineral-chemical additives “Lignopan B-2”, “Bio-tex-НМ” and “Aqvatron-8” allows to get foam concrete with strength improve with cellular concretes of steam-cured hardening.*

**Key words:** foamed concrete, foaming agent, disintegrator, setting time of cement, plastic strength, structural strength of the foam.

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 отработанной на сегодняшний день методики активации портландцемента, когда бы затраты на ее осуществление не превышали бы затрат на само его производство, не существует. Многочисленные публикации, эксплуатирующие тему увеличения активности портландцемента, в основной массе предлагают методы весьма далекие от реалий практического использования, как в части аппаратного обеспечения, так и в части экономической целесообразности предлагаемых работ.

Вместе с тем увеличение активности, а в большинстве случаев просто доработка поступающего на предприятия портландцемента заводского изготовления для приведения его в соответствие с заявленной маркой, в наше время представляется особенно актуальной.

Именно сейчас, когда объемы строительства в Казахстане стремительно растут, дефицит портландцемента ощущается особенно остро. В создавшейся ситуации, когда только для поверхностного удовлетворения постоянно растущего спроса, необходимо увеличить производство до 80...90 млн. тонн, даже крупным потребителям приходится мириться с зачастую крайне низкой изначальной активностью портландцемента и приобретать материал, единственное достоинство которого – наличие на складе.

Острый дефицит портландцемента, став настоящей проблемой современного строительства, приводит к тому, что крупные цементные заводы совершенно не заинтересованы в повышении качества выпускаемой продукции. Ажиотажный спрос обеспечивает отличный сбыт материала сомнительных достоинств и низкого качества.

Если, в настоящее время при достаточно умеренном дефиците, качество цемента, в отдельных случаях, не выдерживает никакой критики, что же случится, когда потребность в данном материале многократно превысит предложение? При этом наращивание объемов производства материала не может рассматриваться как выход из сложившейся ситуации. Повышение активности портландцемента позволяет более полно использовать потенциальные возможности вяжущего, и открывает широкие горизонты снижения расхода портландцемента при получении изделий, нормируемых показателей прочности, морозостойкости и т.д. Подобный подход, когда снижение дефицита портландцемента достигается не только благодаря увеличению объемов производства, а в большей степени за счет повышения качества выпускаемой продукции, должен быть признан единственно верным. Тем более, что производство цемента не является безупречным в плане воздействия на окружающую среду, технология производства которого связана с большими выбросами в атмосферу CO<sub>2</sub>. Одно из фактов вполне достаточно чтобы понять, что проблема нехватки портландцемента требует комплексного решения, когда увеличение объемов

производства должно сопровождаться и улучшением качества выпускаемой продукции.

В этом случае центр тяжести решения данной проблемы, вполне может переместиться от крупных заводов-монополистов к предприятиям строительной отрасли, непосредственно занятым в производстве бетонных изделий и конструкций. Иными словами, цементные заводы, выпускающие продукцию усредненной активности, могут рассматриваться скорее как поставщики сырья, а не готового продукта требуемых характеристик. В этом свете методика корректировки свойств портландцемента, в том числе и увеличения его активности, адресованная, прежде всего, предприятиям средней и малой мощности, могла бы кардинально изменить существующую практику использования портландцемента.

На сегодняшний день накоплен богатый опыт увеличения активности портландцемента путем повышения дисперсности цементного порошка. Однако, несмотря на впечатляющие результаты лабораторных исследований, данная методика не нашла применения в производстве строительных материалов. Многочисленные попытки внедрения методики активации портландцемента непосредственно на местах его использования, не привели к желаемым результатам, эффект повышения вяжущих свойств портландцемента не покрывал расходов на ее осуществление. В данном случае имеется в виду не отсутствие методов активации портландцемента, а отсутствие энергопродуктивного способа ее осуществления, когда затраты энергии были бы сопоставимы с полученными результатами. На сегодняшний день именно в этом несоответствии и кроется основная проблема активации портландцемента.

Хорошо известно, что многие свойства портландцемента, в том числе, его активность, скорость твердения и др., определяются не только химическим и минералогическим составом клинкера, но и в большой степени тонкостью помола продукта, его гранулометрическим составом и формой частичек порошка.

Цементный порошок состоит в основном из зерен размером от 5-10 до 30-40 мкм. Обычно тонкость помола портландцемента характеризуют остатками на ситах 0,08, а иногда 0,06 мм, а также удельной поверхностью порошка. Портландцемент рядового качества измельчают до остатка на сите № 008 5-8% (по массе), цементы же быстротвердеющие – до остатка 2-4% и меньше. При этом удельная поверхность соответственно достигает 2500-3000 и 3500-4500 см<sup>2</sup>/г и более. Однако зависимость между остатком на сите и удельной поверхностью достаточно условна. Более того, в случае если помол материала проводился не в мельнице истирающего действия, а, например, с использованием измельчительного агрегата ударного действия, остаток на сите не имеет никакого отношения к удельной поверхности полученного материала. Соответственно, остаток на сите, как, строго говоря, и

показатели удельной поверхности цементного порошка не могут рассматриваться как величины, способные дать реальную картину активности цемента. Можно только отметить, что дисперсность цементного порошка, его зерновой состав, форма зерна, в основном зависят от вида помольного агрегата, применения открытого или замкнутого цикла измельчения, формы и размера мелющих тел, скорости свободного удара при дезинтеграторном способе измельчения.

Рассматривая основные модели разрушения твердых тел, в том числе и цементные зерна, можно выделить два типа разрушающей деформации, которая и вызывает разделение объекта на отдельные элементы. Как при дроблении, так и тонком измельчении куски или зерна материалов в различных механизмах разрушения подвергаются преимущественно действию сжимающих сил с двух сторон (например, в щековых, конусных и других видов дробилок, барабанных шаровых и вибрационных мельницах) или с одной стороны (например, в дезинтеграторах или ударно-отражательных дробилках). В результате воздействия сжимающих сил в кусках и зернах материала возникают напряжения, приводящие, при достижении предельных значений, к разрыву, с образованием более мелких частиц. Объективно, для разрушения твердых тел деформация сдвига со смещением (как это происходит при дезинтеграторном способе измельчения) является более предпочтительной, нежели деформация сжатия, осуществляемая в результате действия сжимающих сил с двух сторон. Это объясняется, прежде всего, тем, что большинство материалов, используемых в производстве вяжущих веществ, характеризуются прочностью на сжатие, в 6-12 раз превосходящей прочностью на растяжение. Поэтому, при их измельчении с использованием помольных агрегатов, реализующих модель разрушения на основе деформации сжатия, энергии расходуется во много раз больше, чем необходимо по расчетам. Ярким представителем помольных агрегатов двухстороннего нагружения, являются барабанные шаровые мельницы. Так, в шаровых мельницах на полезную работу измельчения расходуется не более 1,5-10% всей подводимой энергии. Остальная часть энергии переходит в безвозвратно теряемое тепло или другими словами расходуется впустую [1].

Однако именно шаровые мельницы широко используются в производстве цемента, как на этапе подготовки сырьевых компонентов, так и при окончательном помоле клинкера. Объяснить это можно особой спецификой производства цемента связанной с большими объемами перерабатываемых материалов. В данном случае выбор помольного агрегата в большей мере определяется необходимой дисперсностью продукта, а также надежностью и простотой обслуживания оборудования, а не из-за выдающихся показателей эффективности измель-

чения или оптимального расходования подводимой энергии.

В случае если активация портландцемента заводского изготовления производится на местах его непосредственного использования, например, на предприятии по выпуску пенобетонных изделий, именно от правильного выбора типа помольного агрегата будет зависеть экономическая целесообразность работ по активации портландцемента. Иными словами, барабанные шаровые мельницы, традиционно используемые в производстве портландцемента для получения материала требуемой дисперсности, не могут быть использованы при его активации на предприятиях малой и средней мощности. В работах, по активации портландцемента выполняемых на местах его использования, когда объемы перерабатываемого материала относительно невелики (по меркам цементных заводов) экономически целесообразным является метод ударного разрушения или как его еще называют дезинтеграторный метод.

Известно, что цементный порошок весьма неоднороден по своему гранулометрическому составу. В связи с этим ряд исследователей рекомендуют характеризовать активность цемента не только по удельной поверхности порошка, но и по зерновому составу. Так, например, равномерное и быстрое твердение цемента достигается при следующих зерновых составах: зерен мельче 5 мкм – не более 20%, зерен размерами 5-20 мкм – около 40-45%, зерен размерами 20-40 мкм – 20-25%, а зерен крупнее 40 мкм – 15-20%.

Многочисленными исследованиями, проводившимися как в нашей стране, так и за рубежом, выявлена зависимость между количеством зерен определенного размера и скоростью твердения. Так, частицы размерами 0-5 мкм оказывают решающее влияние на рост прочности цементного камня в первые часы твердения. Частицы размером 5-10 мкм влияют на прочность цементного камня в 3-7 суточном возрасте, а фракции 10-20 мкм определяют прочность в 28 суточном и более позднем возрасте.

Для продукта, измельченного в шаровых мельницах свойственен весьма разнообразный гранулометрический состав, который представлен мелкими (переизмельченными) частицами (< 5 мкм), частицами основной «товарной» фракции (5-40 мкм) и крупными частицами, размер которых в десятки раз превышает размер «товарной» фракции. При этом процентное отношение частиц каждой фракции изменяется в зависимости от вида мельницы, размера мелющих тел, формы бронеплит в шаровых

мельницах, а также от соотношения между длиной и диаметром мельниц. Другими словами, для шаровых мельниц характерна низкая избирательность измельчения, что проявляется в отсутствии возможности регулирования гранулометрического состава полученного продукта в плане уменьшения размеров частиц средней, наиболее важной фракции цементного порошка. При попытках уменьшить размер частиц средней фракции скажем с 40 до 20 мкм (не увеличить показатель удельной поверхности, а именно уменьшит средний размер частиц), в результате неизбирательного раздавливающе-стирающего помола, попутно измельчался весь размерный ряд цементных зерен. Верхняя часть средней фракции переходит в тонкий переизмельченный класс цементных частиц, а измельчаемые крупные зерна не успевают компенсировать потерю средней фракции. В результате на фоне увеличения удельной поверхности цементного порошка фиксируется сокращение доли наиболее важных размеров 10-20 мкм. Отсутствие возможности повлиять на гранулометрический состав цементного порошка при помоле в шаровых мельницах, практически не оставляет надежды на получение материала, повышение активности которого в начальные сроки твердения не оборачивалось бы снижением прочности и морозостойкости в последующем.

Метод ударного измельчения цементного зерна, напротив, характеризуется достаточно узкой гранулометрией, процентное содержание в порошке частиц средней фракции при измельчении материала методом свободного удара гораздо выше, нежели при других способах помола. Поэтому, основной прирост прочности цемента, активированного ударным методом, наблюдается не в первые часы твердения, а спустя 3-7 суток. Что объясняется, прежде всего, высокой избирательностью измельчения методом свободного удара.

При ударном, или как его еще называют дезинтеграторном измельчении цементного зерна, гранулометрия получаемого продукта в основном зависит непосредственно от скорости свободного удара. Так, для разрушения цементного зерна, в зависимости от его размера, необходима строго определенная энергетика ударного воздействия. Чем выше скорость помольного органа дезинтегратора или скорость самой разрушаемой частицы, тем меньше размер частиц в готовом продукте. В работе нами был применен измельчитель-дезинтегратор серии «Горизонт» с центральной загрузкой исходного материала. Принципиальная схема измельчителя-дезинтегратора показана на рисунке 1.

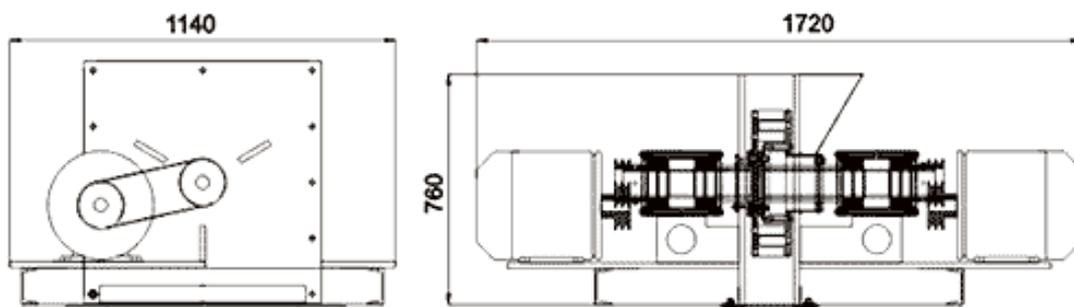


Рис. 1. Принципиальная схема измельчителя-дизинтегратора серии «Горизонт».

Многочисленные опыты показали, что у портландцемента, имеющего остаток на сите № 008 – 20%, в результате дезинтеграторного измельчения и как следствие выравнивания зернового состава средней части, частицы размерами более 80 мкм переходят в среднюю фракцию с размерами частиц менее 40 мкм.

Иными словами, крупные неактивные цементные зерна в результате ударного измельчения, переходят в активную среднюю фракцию, оказывающую основное влияние на прочность цементного камня в первые дни, недели и месяцы его твердения.

На рисунках 2 и 3 приведены гистограммы соотношения основных фракций цементного зерна после помола их в дезинтеграторах и шаровой мельнице.

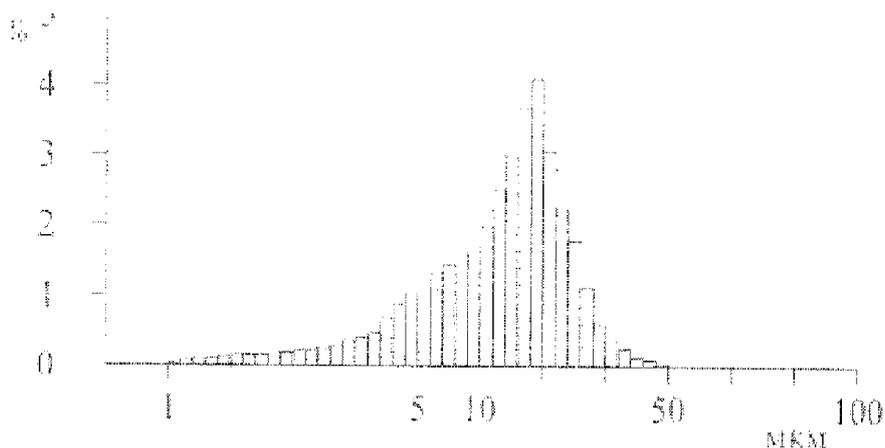


Рис. 2. Количество частиц данного размера цементного порошка, дезинтеграторного измельчения

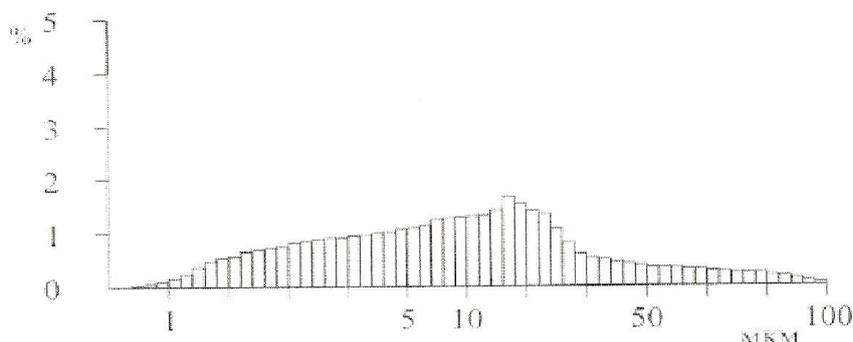


Рис. 3. Количество частиц данного размера цементного порошка, измельченного в шаровой мельнице

Как видно из представленных гистограмм, главное отличие порошков, полученных на разных помольных агрегатах, это процентное отношение основных фракций. Материал, помол которого производился в шаровой мельнице, характеризуется относительно большим количеством тонких частиц

размерами менее 5 мкм, и высоким содержанием крупных зерен размерами более 40 мкм.

Цемент, активированный в дезинтеграторах, характеризуется невысоким содержанием частиц меньше 5 мкм и достаточно высоким содержанием «товарной» фракции частиц от 20 до 40 мкм, т.е. фракционный состав более узкий в сравнении с

частицами цемента, активированного в шаровой мельнице.

Главная проблема переизмельчения цементного зерна (размеры частиц менее 5 мкм), большое количество которых образуется при раздавливающем-истирающем измельчении, состоит в том, что высокодисперсные частицы при затворении цемента водой гидратируют настолько быстро, что практически не участвуют в последующем его твердении. В результате высокодисперсные частицы, на получение которых бала затрачена львиная доля подведенной энергии, в твердеющем цементном камне играют роль мелкого заполнителя, так как их гидратация закончилась задолго до начала гидратации частиц более крупных. Таким образом, средняя наиболее полноценная фракция часто бывает принесена в жертву эффекта «псевдоактивации» портландцемента. Итак, 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. В этой связи, только при использовании агрегатов измельчения ударного действия, таких как дезинтеграторы, становится возможным повышение активности цемента наиболее рациональным способом.

Известно, что характер формы и шероховатость поверхности зерен цементного порошка оказывают значительное влияние на активность цемента. В результате дезинтеграторного измельчения цементные частицы приобретают осколочную или «щебечную» форму с острыми углами и сильно развитой

конфигурацией, которая способствует их более интенсивному взаимодействию с водой, что в свою очередь позволяет говорить о повышении физико-химической активности цементного зерна [2, 3]. Цементные зерна, полученные при активации в шаровой мельнице, имеют окатанную (шаровидную) форму, поэтому их активность (при одинаковом зерновом составе) ниже активности цементных зерен прошедших дезинтеграторную обработку.

Учитывая, что энергозатраты при дезинтеграторной обработке материалов значительно ниже, чем при измельчении в шаровых мельницах, форма зерен шероховатая, мы решили активировать песок в дезинтеграторе серии «Горизонт». При этом мы преследовали цель не только активировать песок, но и снизить его абразивное действие по отношению к героторному насосу, подающему пенобетонную смесь в формы-опалубки. На рисунке 4 приведена зависимость показателя формы зерен песка, молотого в дезинтеграторе и шаровой мельнице. За начальную точку у обеих кривых принята точка, отвечающая показателям исходного песка (песок карьера «Придорожный» Атырауская область).

Из рисунка 4 видно, что наименьшими являются средние показатели формы зерен песка, измельченного в дезинтеграторе. При увеличении тонины помола показатель формы зерен повышается. При самом грубом помоле этот показатель значительно ниже, чем у исходного песка. Такое явление связано, видимо, со значительным дроблением продолговатых частиц природного песка ударами о пальцы дезинтегратора.

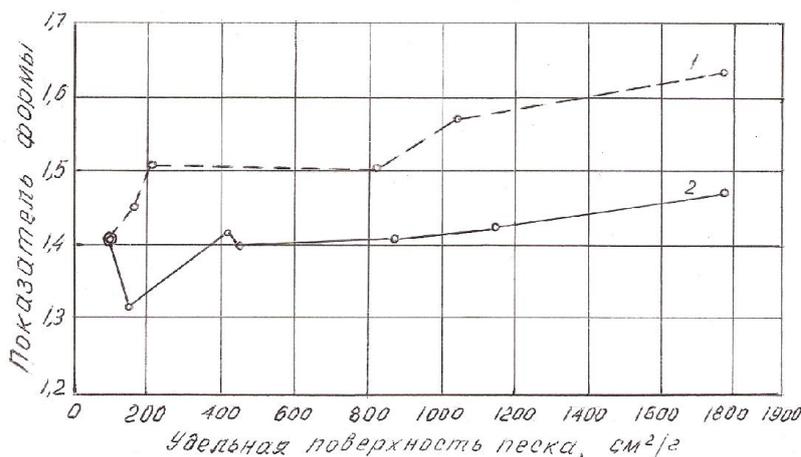


Рис. 4. Зависимость показателя формы зерен песка, молотого в различных агрегатах, от удельной поверхности: 1 – шаровой мельнице; 2 - дезинтеграторе

Показатель формы зерен этого же песка, размолотого в шаровой мельнице выше, чем у песка в природном состоянии и песка размолотого в дезинтеграторе. Объясняется это, по-видимому, тем, что в шаровой мельнице мелкие переизмельченные

частицы песка служат демпфером для частичек продолговатой формы, и они размельчаются в меньшей степени. На рисунке 5 приведены показатели формы зерен песка по отдельным фракциям, размолотых в различных агрегатах.

Из рисунка 5 видно, что у всех фракций песка дезинтеграторного помола показатель формы зерен меньше, чем у песка размолотого в шаровой мельнице. Лишь с увеличением тонины помола, т.е. у песков фракций 0,05–0,01 мм показатель формы зерен песка размолотого в шаровой мельнице примерно равен показателю формы зерен песка, размолотого в дезинтеграторе. Это объясняется способностью шаров слабыми ударами дробить мелкие продолговатые частицы песка. Однако тонкое измельчение песка мы считаем нецелесообразным, так как это может вызвать усадочные трещины в пеносиликальцитобетоне, поскольку он

будет служить наполнителем, а не заполнителем. Кроме того, тонкое измельчение песка требует больших энергозатрат, что экономически не целесообразно.

Следующим этапом наших исследований было определение сроков схватывания, нормальной густоты и активности вяжущего, прошедшего дезинтеграторную обработку. Были испытаны портландцементы марки 400 Д20 Карагандинского и Шымкентского цементных заводов. Испытания проводили по методикам, приведенным в ГОСТах 310.1 – 310.4. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

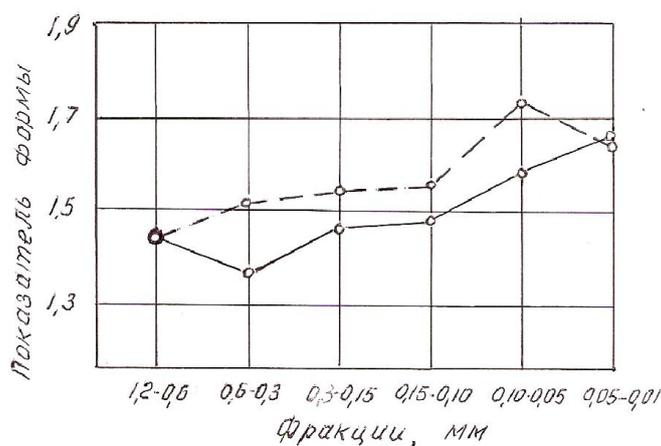


Рис. 5. Значения показателей формы зерен по отдельным фракциям песка, молотого в различных агрегатах: пунктирные линии – в шаровой мельнице; сплошные линии – в дезинтеграторе.

Таблица 1

Результаты по определению основных характеристик цементов, активированных в дезинтеграторе серии «Горизонт»

Цементы	Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	Нормальная густота цементного теста, %	В/Ц раствора 1 : 3	Сроки схватывания, ч - мин		Предел прочности через 28 суток, МПа	
				начало	конец	при изгибе	при сжатии
Карагандинский	4030	26,2	0,41	1-10	4-55	7,4	53,6
Шымкентский	4180	25,5	0,42	0-55	4-50	7,9	55,7

Из данных, представленных в таблице 1 видно, что сроки начала и конца схватывания дезинтегрированных цементов сокращаются примерно на 1 час 10 минут и на 2 часа 15 минут соответственно. При этом активность (марка) цементов повысилась на одну и более ступени.

Доказано, что кератиновый пенообразователь существенно удлиняет сроки начала и конца схватывания цемента (на 60 и более минут). С целью сокращения сроков схватывания и твердения пенобетона в ранние сроки, мы ввели добавки-ускорители твердения пенобетона. В качестве таких добавок были испытаны минерально-химические добавки «Лигнопан Б-2», «Биотех– НМ» и «Акватрон–8». Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Основные физико-механические свойства активированных цементов с добавками ускорителями твердения

Цементы	Вид и концентрация добавок, %	Нормальная густота цементного теста, %	В/Ц раствор а 1 : 3	Сроки схватывания, ч - мин		Предел прочности через 28 суток, МПа	
				начало	конец	Ризг	Рсж
Карагандинский	«Лигнопан Б-2» - 0,5; то же – 1,0; то же – 2,0	24,8	0,39	1 - 15	4-55	8,3	57,2
		23,5	0,38	1 - 10	4-50	8,7	59,4
		22,3	0,36	0 - 55	4-25	8,9	60,6
	«Биотех – НМ»– 0,5; то же – 1,0; то же – 1,5	22,7	0,34	1 - 10	4 - 05	7,8	62,6
		21,5	0,35	0 - 55	3 - 55	8,3	65,5
		20,8	0,37	0 - 50	3 - 45	8,7	67,3
	«Акватрон –8» – 0,5; то же – 1,0; то же – 1,5	25,7	0,40	0 - 40	3 - 25	8,8	66,7
		25,6	0,39	0 - 35	3 - 20	9,2	68,2
		25,5	0,37	0 - 30	3 - 15	9,4	69,3
Шымкентский	«Лигнопан Б-2» - 0,5; то же – 1,0; то же – 2,0	24,7	0,40	0 - 50	4 - 45	8,5	58,4
		24,2	0,38	0 - 47	4 - 35	8,7	59,9
		23,9	0,35	0 - 45	4 - 10	9,0	61,5
	«Биотех – НМ»– 0,5; то же – 1,0; то же – 1,5	22,5	0,33	1 - 00	4 - 40	8,2	63,5
		21,3	0,32	0 - 55	4 - 10	8,5	66,7
		20,5	0,31	0 - 50	3 - 35	9,1	68,9
	«Акватрон –8» – 0,5; то же – 1,0; то же – 1,5	25,4	0,41	0-35	3-20	8,9	67,8
		25,3	0,40	0-30	3-15	9,3	69,2
		25,2	0,39	0-25	3-10	9,5	70,3

Из данных, представленных в таблице 2 видно, что минерально-химические добавки «Лигнопан Б-2» и «Биотех-НМ» пластифицируют цементное тесто и сокращают сроки начала схватывания образцов примерно на 1 час, а конец схватывания, сокращается на 1 час и более.

При этом прочность образцов с добавками «Лигнопан Б-2» и «Биотех-НМ» повысилась более чем на одну ступень в сравнении с прочностью образцов без добавок. Введение добавки «Акватрон-8» сокращает сроки начала и конца схватывания цемента значительно больше, чем добавки «Лигнопан Б-2» и «Биотех – НМ». Начало схватывания цементов с добавкой «Акватрон-8» при добавке 0,5% от массы цемента находится в пределах от 35 до 45 минут, а при добавке 1,5% - от 25 до 35 минут. Прочность образцов с добавкой «Акватрон-8» повысилась почти на две ступени в сравнении с образцами без добавок и на одну ступень в сравнении с добавками «Лигнопан Б-2» и «Биотех-НМ» [4].

Практика приготовления пенобетона показала, что время перемешивания бетонной смеси в бетономешалке составляет примерно 7-10 минут, а время выгрузки смеси из бетономешалки и распределения ее в формах находится в пределах 15 – 20 минут. На основании этого считаем, нецелесообразным введение добавки «Акватрон-8» в концентрации 1,5% от массы цемента, так как в некоторых случаях этого времени может оказаться недостаточным для укладки пенобетонной смеси в формы, так как смесь может затвердеть в бетономешалке или шлангах героторного насоса. Поэтому оптимальной дозировкой «Акватрон-8» мы считаем 0,5% от массы дезинтегрированного цемента.

Таким образом, эксперименты показали, что дезинтеграторная активация цемента и песка повышает активность вяжущего на одну-две ступени за счет повышения «товарной» фракции частиц цемента с размерами зерен 10-40 мкм и полного отсутствия неактивных зерен цемента с размерами частиц более 60 мкм. Наряду с повышением активности цемента, сокращаются сроки начала и конца их схватывания на 1 и 2 часа соответственно в сравнении с их исходным состоянием. Применение минерально-химических добавок ускорителей твердения цемента, таких как «Лигнопан Б-2», «Биотех -НМ» и «Акватрон-8» дает еще больший эффект. Начало схватывания цемента сокращается до 1 часа и более, а конец схватывания сокращается до двух часов и более. При этом марка цемента повышается до 550 – 700. Благодаря активации цемента и песка в дезинтеграторах и применения добавок – ускорителей твердения, появилась возможность сократить расход вяжущего вещества.

#### Литература

1. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. Госстройиздат, Л – М.: 1962. – 601 с.
2. Бутт Ю.М., Майер А.А. Влияние способа помола на форму и характер поверхности частиц песка. // Сб. трудов РосНИИМС, 1956, № 10. – С.51.
3. Классен В.И., Попова Э.И. К механизму измельчения мелких кварцевых зерен в шаровых мельницах. // Доклады АН СССР, т.85, 1952, № 1. – С.149.
4. Шинтемиров К.С., Хисметов Н.С. Технология кератинового пенообразователя и пеносиликальцита на его основе. // Материалы международной научно-практической конференции «Пенобетон-2007», 19-21 июня 2007 года. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 139-144.

Рецензент: к.т.н., доцент Бекбоева Р.С.