

Свойства цемента и цементного камня с минеральной добавкой в виде молотого гранитного отсева

Китаева Т.Н., Клочко С.А.

Научный руководитель – Смоляков А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В своей работе мы проанализировали влияние минеральной добавки – порошкообразного продукта помола гранитного отсева на свойства вяжущего путем испытания цемента по стандартным методикам: определение нормальной плотности, сроков схватывания, равномерности изменения объема и активности.

В экспериментах использовали портландцемент номинальной марки М500-Д0 со следующими характеристиками (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики портландцемента

Активность, МПа: R _ц	K _{нт} , дол.ед.	$\rho_{ц}^0$, кг/м ³	$\rho_{ц}$, кг/м ³	Равномерность изменения объема	S _{уд} , см ² /г
46,7	0,28	1090	3100	норма	2980

Минеральную добавку готовили помолом в шаровой мельнице навесок (5 кг) гранитного отсева предварительно высушенных до остаточной влажности не более 0,5 % (определена для высушенного отсева, хранившегося в помещении лаборатории (t ~ 18⁰С; относительная влажность – φ ~ 60 – 70 %) «навалом» в открытой емкости).

Для экспериментов отобраны пробы порошка (таблица 2) с S_{уд} ~ 3000 см²/г (0,5 ч помола); S_{уд} ~ 6000 см²/г (1 ч 45 мин помола), S_{уд} ~ 9000 см²/г (3 ч 45 мин помола).

Таблица 2 – Характеристики минеральной добавки

Удельная поверхность порош- ка, S _{уд} , см ² /г	ρ^0 , кг/м ³	ρ^B , кг/м ³	ρ , кг/м ³	K _{нт} , дол.ед.
3000	0,95	1,21	2,72	0,18
6000	0,93	1,21	2,74	0,20
9000	0,92	1,20	2,75	0,25

Нормальная плотность цемента с добавкой

Из данных эксперимента следует, что введение в цемент с K_{нт} ~ 0,28 вещества добавки, характеризующейся меньшей водопотребностью, коэффициент нормальной плотности смешанного вяжущего снижается; при этом

на более значительную величину для добавки с $S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$, которая характеризуется меньшим значением собственной водопотребности.

При измельчении добавки до $6000 - 9000 \text{ см}^2/\text{г}$ ее водопотребность возрастает, как результат увеличения удельной поверхности при соответствующем росте ее электростатического потенциала, который характеризует адсорбционную способность поверхности твердой фазы. Вследствие этого величина ее собственного «Кнг» приближается по значению к «Кнг» цемента и в меньшей степени влияет на изменение водопотребности смешанного вяжущего.

Сроки схватывания

Изменение сроков схватывания определили по стандартной методике ГОСТ 310.3-88 с помощью прибора Вика на тесте нормальной густоты. Данные эксперимента свидетельствуют о том, что введение в цемент минеральной добавки в виде тонкомолотой гранитной породы несколько увеличивает сроки схватывания как с ростом ее дозировки, так и тонкости помола. Данное явление связано с соответствующим уменьшением доли клинкерной составляющей в смешанном вяжущем, вступающей во взаимодействие с водой. Как известно результатом этого взаимодействия на начальном этапе является физико-химическое связывание воды продуктами гидролиза и гидратации клинкерных минералов и поверхностью других твердофазных компонентов бетона, что составляет физическую сущность процесса схватывания цементного теста и бетона.

Равномерность изменения объема

Проверка данного показателя по методике ГОСТ 310.3-88 п.3, т.е. с пропариванием «лепешек» из теста нормальной густоты проверяемого вяжущего, показала, что введение в цемент до 50 % от его массы минеральной добавки молотого гранитного отсева не вызывает не равномерности изменений объема. Одновременно, при дозировках добавки ≥ 30 % от МЦ и, особенно, для $S_{уд} \sim 9000 - 6000 \text{ см}^2/\text{г}$ нарастает проявление усадочных трещин по центральной части образцов. То есть там, где образцы цементного камня имеют наибольшую толщину в большей мере проявляются и усадочные деформации. Эти данные закономерно соотносятся с выявленным ростом водопотребности смешанного вяжущего и увеличением сроков его схватывания с повышением дозировки и тонкости помола вещества добавки сверх оптимальных значений.

Эффективность при пропаривании

Методика определения эффективности чистого цемента и смешанного вяжущего при пропаривании включала изготовление образцов (размерами $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$) из теста нормальной густоты и пропаривание их в металлических многоячеековых формах в бачке над нагреваемой и кипящей водой по режиму: выдержка – 2 ч; нагрев за ~ 3 ч; кипячение – 6 ч и остывание в

бачке до испытаний. Общий цикл составлял 20-22 ч, но не более 24 ч вместе с испытаниями.

Из результатов испытаний следует, что введение добавки с $S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$ не только не снижает прочность пропаренного цементного камня, но и в дозировке до 20-30 % от массы цемента способствует ее росту. При этом оптимум приходится примерно на 15-20 % дозировку добавки; увеличение дозировки $> 20 \%$ сопровождается вначале замедлением роста, а затем и снижением прочности пропаренного цементного камня из смешанного вяжущего, в сравнении с образцами, изготовленными на чистом цементе.

С увеличением тонкости помола до: $S_{уд} \sim 6000 - 9000 \text{ см}^2/\text{г}$, эффективность добавки снижается уже при 20 %-ой дозировке. Это, очевидно, связано с ростом водопотребности вещества добавки при соответствующем увеличении истинного водоцементного отношения цементного теста, происходящего на клинкерную часть смешанного вяжущего, что сопровождается ростом общей пористости цементного камня и отражается в снижении его прочности. Наблюдаемая общая тенденция снижения прочности цементного камня при дозировке добавки ($S_{уд} \sim 3000 - 9000 \text{ см}^2/\text{г}$) сверх 30% от МЦ связано с «закритическим» количеством вводимого в цемент дисперсного неактивного вещества.

Прочность цементного камня, твердевшего в естественных условиях

Образцы (2x2x2 см) цементного камня, изготовленные из теста нормальной густоты, приготовленном на цементе и смешанном вяжущем, до распалубки через 24 ч твердели в формах, укрытых полиэтиленовой пленкой, а в более поздние сроки (до 28 сут.) в герметичных полиэтиленовых мешках при температуре среды: $t \sim 17 - 20^{\circ}\text{C}$; относительной влажности: $\phi \geq 90 \%$.

Результаты испытаний образцов цементного камня естественного твердения на предел прочности при сжатии подтверждают общие закономерности, установленные при испытаниях образцов-аналогов после пропаривания. Так, для добавки при $S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$ прочность цементного камня на смешанном вяжущем растет (относительно прочности образцов из «чистого» цементного камня) до дозировки в 15-20 % от МЦ в течение всего исследованного периода до 28 сут. твердения. С увеличением тонкости помола добавки до 6000 – 9000 $\text{см}^2/\text{г}$ эффект сохраняется только в 1-ые сутки твердения, а затем прочность образцов снижается. Увеличение дозировки добавки $\geq 30 \%$ от МЦ однозначно приводит к замедлению роста и последующему снижению прочности образцов цементного камня из смешанного вяжущего, что соответствует общей тенденции и согласуется с ранее выявленными закономерностями изменения прочности образ-

цов пропаренного цементного камня, т.к. в основе явления одни и те же причины, рассмотренные в предыдущем параграфе.

Активность цемента

Активность цемента определили по стандартной методике (ГОСТ 310.2-88) и при пропаривании образцов-балочек аналогичного состава (вяжущее - 500г; песок стандартный – 1500 г; водоцементное (общее) отношение: (В/Ц)~ 0,4) по ранее приведенному режиму.

На основании данных исследований прочности цементного камня для последующих экспериментов принята добавка в виде молотого до $S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$ гранитного отсева, как наиболее рациональный ее вариант по выявленной эффективности при введении в цемент, так и по энергозатратам и времени помола.

Анализ полученных данных в целом подтверждает общую тенденцию положительного влияния свежемолотой минеральной добавки из гранитного отсева на активность цемента в дозировках до 15-20% от его массы. При этом наибольший эффект роста прочности цементно-песчаных образцов (водного твердения и пропаренных) как на растяжение при изгибе, так и на сжатие «половинок-балочек» соответствует ~15%-ой дозировке добавки. Вместе с тем, сопоставление данных отражающих изменения прочности раствора на сжатие с таковыми на растяжение при изгибе (при прочих равных условиях) выявляет определенную тенденцию в их соотношении. В частности, прирост прочности на растяжение при изгибе менее значителен, а ее снижение – резче и глубже, в сравнении с изменениями прочности на сжатие и начинается с дозировки добавки в 20% от МЦ, при которой прочность на сжатие образцов с добавкой еще превышает прочность раствора на цементе без добавки.

Заключение

Выявлено, что минеральная добавка в виде молотого отсева в оптимальной дозировке не ухудшает стандартизированных свойств клинкерного цемента и может быть рекомендована к применению в этом качестве в дозировке до 15-20% от его массы при получении вяжущего с минеральной добавкой.

Установлено, что минеральная добавка из гранитного отсева не изменяет морфологию новообразований в цементном камне, т.е. не проявляет химической активности по отношению к продуктам гидролиза и гидратации клинкерным минералов. В основе выявленного эффекта роста прочности цементного камня с ней лежит физико-химический процесс, сопровождающийся формированием большего количества традиционных кристаллогидратных новообразований (благодаря наличию в минеральной добавке ультрадисперсных частиц кремнезема), более плотной взаимной «упаковки» их, с увеличением «площади» взаимных контактов и энергии

связи между ними, чему способствует и понижение общего водоцементного отношения теста нормальной густоты смешанного вяжущего.

Предложен дополнительный аспект в объяснении причин снижения уровня прочности образцов при переходе от цементного камня к цементно-песчаному раствору (мелкозернистому бетону), связанный со снижением качества сцепления цементного камня на смешанном вяжущем с поверхностью зерен заполнителя.

Созданы необходимые предпосылки для оценки влияния минеральной добавки из молотого гранитного отсева на физико-технические свойства бетона с целью обоснования области применения вяжущего с этой добавкой в строительных конструкциях из бетона и железобетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юхневский, П.И. Строительные материалы и изделия: учебное пособие / П.И. Юхневский, Г.Т. Широкий. – Минск: Технопринт, 2004. – 476 с.
2. Батяновский, Э.И. Гранитный отсев РУПП «Гранит» – направления использования и свойства / Э.И. Батяновский; А.В. Смоляков, П.В. Рябчиков // Строительная наука и техника. – 2008. – № 5(20). – С. 7–3.
3. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – С. 208–225.