

ПРОЧНОСТЬ И СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЦЕМЕНТНОМ КАМНЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЕЩЕСТВА МОЛОТОГО ГРАНИТНОГО ОТСЕВА

Смоляков А.В., науч. сотр. (БНТУ)

Аннотация. В статье изложены результаты исследований структурно-морфологических изменений в цементном камне под влиянием минеральной добавки в виде вещества молотого гранитного отсева - побочного продукта при дроблении гранитной горной породы на ОАО «ГРАНИТ».

Введение. Результаты исследований структурно-морфологических изменений цементного камня, полученные с помощью детермического и рентгенофазового анализов, подтвердили эффект воздействия на реакции цемента с водой в присутствии минеральной добавки из молотого гранитного отсева, что ранее было установлено при оценке прочности цементного камня с минеральной добавкой при ее дозировке в пределах 0...30 % от массы цемента [1-3].

Прочность цементного камня. Образцы проб цементного камня для оценки структурно-морфологических изменений под влиянием вещества гранитоидной породы молотого отсева отбирали и готовили (измельчали дополнительно) после испытаний на сжатие образцов-кубов 20x20x20 мм. Их изготавливали из теста нормальной плотности на цементном и смешанном вяжущем; до распалубки через 24 ч образцы твердели в формах (по 18 шт.), а в более поздние сроки (до 28 сут) - в нормально-влажностных условиях: $t_{\text{ср}} \sim 20 \pm 3^{\circ}\text{C}$; относительная влажность: $\phi \approx 90\%$ (ряд серий), а также с пропариванием по режиму: выдержка – 2 ч; нагрев до 80°C за ~ 3 ч; изотермия – 6 ч и остывание в бачке до первых испытаний; общий цикл до испытаний составлял 24 часа от момента изготовления.

Из данных рис. 1 (а, б) следует, что как в естественных условиях твердения образцов, так и после пропаривания подтверждаются общие закономерности роста прочности цементного камня на вяжущем с минеральной добавкой до дозировки в 15...20 % от МЦ в течение 1...28 сут. твердения, относительно прочности образцов из «чистого» цемента (М500 Д0; ОАО «Кричевцементношифер»).

Этот эффект, проявляющийся на цементном камне, может быть связан с образованием большего количества продуктов гидратации цемента, которое "инициирует" наличие мельчайших частиц твердой фазы в измельченном гранитном отсева. Результатом является рост плотности и прочности цементного камня, отмечаемый в приведенных здесь и в данных ранее выполненных экспериментов [1-3]. Одним из факторов, обеспечивающих рост прочности цементного камня на вяжущем с молотым отсевом, на наш

взгляд, является то обстоятельство, что собственная водопотребность молотого (до $S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$ по прибору типа «ПСХ») гранитного отсева соответствует $K_{нг} \sim 0,20$. При ее введении в цемент благодаря этому снижается нормальная густота вяжущего с добавкой. В частности, при ее дозировке $\sim 20\%$ от МЦ, на 0,02, т.е. при $K_{нг}^ц \sim 0,27$, с добавкой $K_{нг}^{св} \sim 0,25$. С целью выявления других влияющих факторов на причинно-следственную связь роста прочности образцов цементного камня, изготовленных из цемента с добавкой молотого гранитного отсева, были выполнены исследования проб цементного камня методом температурного разложения (детермический анализ) и с помощью рентгенофазового анализа.

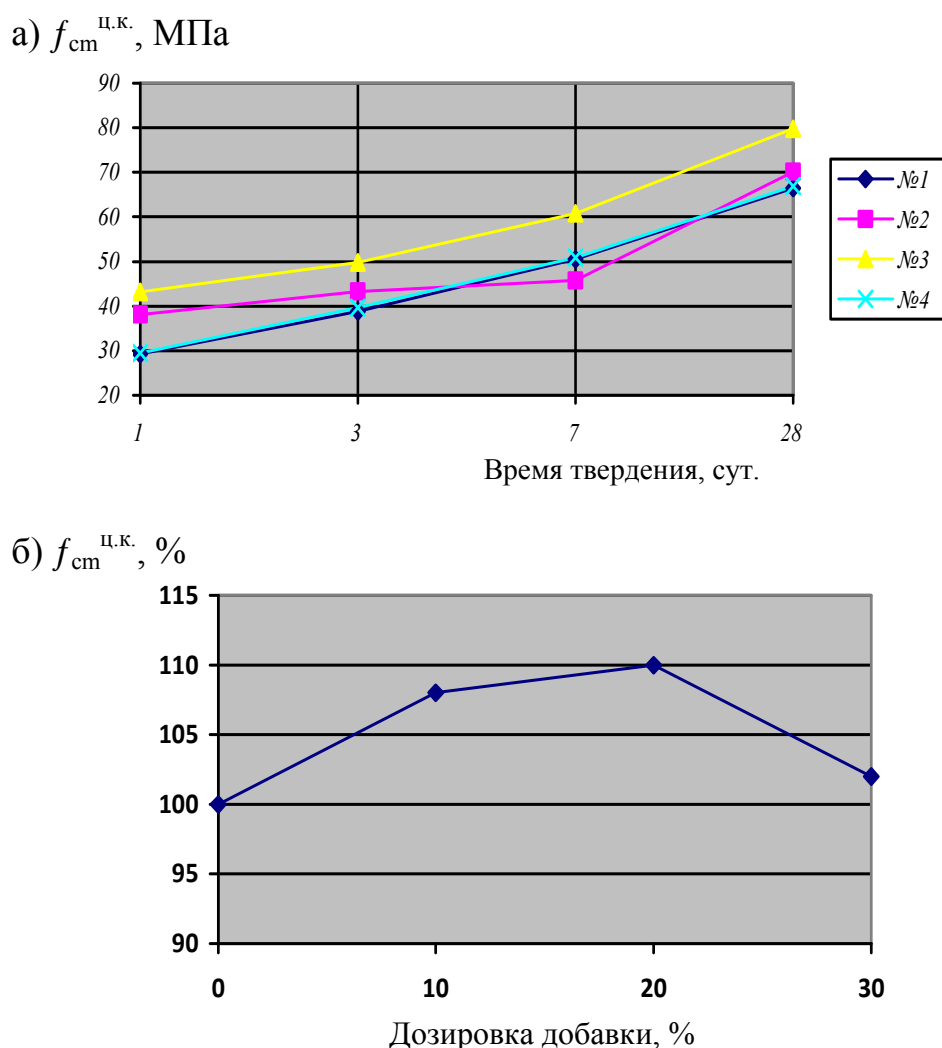


Рисунок 1 – Прочность цементного камня: а) при количестве добавки от массы вяжущего: «0» - №1, «10%» - №2, «20%» - №3 и «30%» - №4; б) относительная прочность образцов после пропаривания, выраженная в процентах

Результаты детермического анализа проб цементного камня. Факт роста прочности цементного камня может быть связан с активирующим воздействием тонкодисперсных частиц гранитоидной породы на процесс твердения цемента. С целью подтверждения этой гипотезы были выполнены

исследования с помощью «ДТА-анализа» на пробах измельченного цементного камня без минеральной добавки и с добавкой гранитного отсева ($S_{уд} \sim 3000 \text{ см}^2/\text{г}$) в количестве 5...25 % от массы цемента (ПЦ М500 Д0, ОАО «Кричевцементношифер»). На рисунке 2 приведены дериватограммы проб из цементного камня, твердевшего (исследовали в разные (1...28 сут) сроки твердения без и после пропаривания; приведены – для 28 сут. НВТ) в стандартизированных нормально-влажностных условиях (пробы отобраны после испытаний на сжатие) без добавки (а) и с молотым отсевом в количестве 25% от массы цемента (б). Промежуточные данные (дозировка миндобавки в 5, 10, 20 % от МЦ) в статье не приведены).

Анализ графиков ДТА показывает, во-первых, их идентичность в обоих случаях при равенстве изменений температуры в процессе испытаний проб без добавки (а) и с 25% молотого отсева (б), что свидетельствует об отсутствии каких-то дополнительно образующихся соединений в продуктах гидратации цемента. А во-вторых, оценка площадей «прогибов» графиков ДТА (эндотермические эффекты) и его зеркального отражения на графике ДТГ (изменение веса пробы в ходе прогрева) показало, что при введении молотой гранитной породы в количестве (10...20)% от массы цемента площадь этих зон, ограниченных графиками ДТА и ДТГ и касательными к ним линиями, возрастает в пробах с добавкой. Это является свидетельством более глубокого развития процесса гидратации цемента, с большим количественно образованием продуктов его гидратации. Отображением этого является ранее выявленный рост прочности образцов цементного камня, из которых были отобраны пробы для дериватографического анализа.

Одновременно на пробах-аналогах был осуществлен их рентгено-фазовый анализ.

Результаты рентгено-фазового анализа проб цементного камня. Целью была оценка возможных изменений в фазовом составе новообразований от реакций портландцемента с водой в присутствии добавки в виде молотой гранитоидной породы. Минералогический состав проб цементного камня исследовали методом рентгенофазового анализа с записью дифрактограмм на рентгеновском дифрактометре ДРОН-7 при $\text{CuK}\alpha$ -излучении, напряжении на трубке 30 кV, ток 15мА.

Результаты исследований проб цементного камня образцов, твердевших в нормально-влажностных условиях, частично представлены на рисунке 3.

Некоторое увеличение фона в области углов 2θ (26 – 35 угловых градусов) обусловлено присутствием в пробах основного цементирующего материала – тоберморитового геля. С увеличением возраста твердения увеличивается и уровень фона в области этих углов.

Одновременно установлено, что интенсивность отражений клинкерных минералов к 28-суточному возрасту существенно уменьшается как в пробах нормально-влажностного твердения, так и в пробах с добавкой после пропаривания (в статье не приведены).

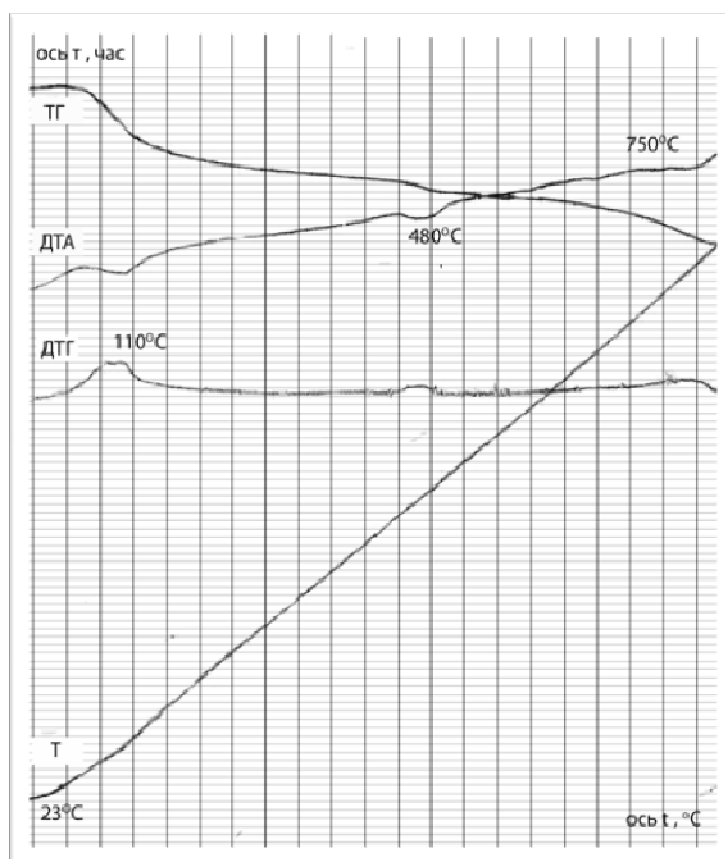
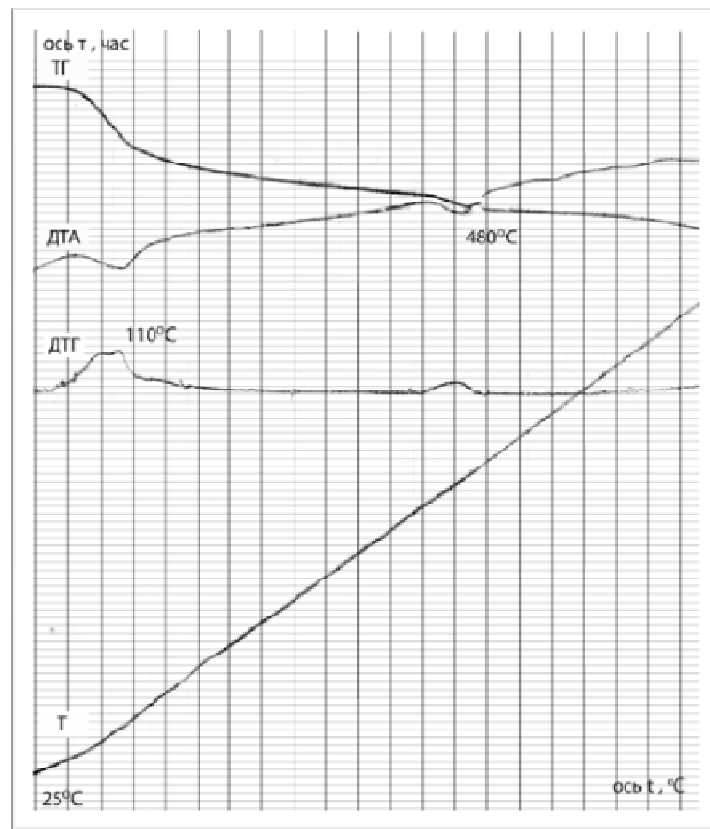


Рисунок 2 – Дериватограмма проб цементного камня: а) - без добавки (возраст 28 суток, НВТ); б) – с 25 % добавки молотого гранитного отсева (возраст 28 суток, НВТ)

В итоге, по данным рентгенофазового анализа в составах всех серий проб портландцементного камня без добавки молотого гранитного отсева и в пробах с молотым гранитным отсеком в разные сроки (от 1-х до 28 сут) твердения (в нормальных условиях и при пропаривании) выявлены только кристаллические новообразования, характерные для твердения типичного портландцемента.

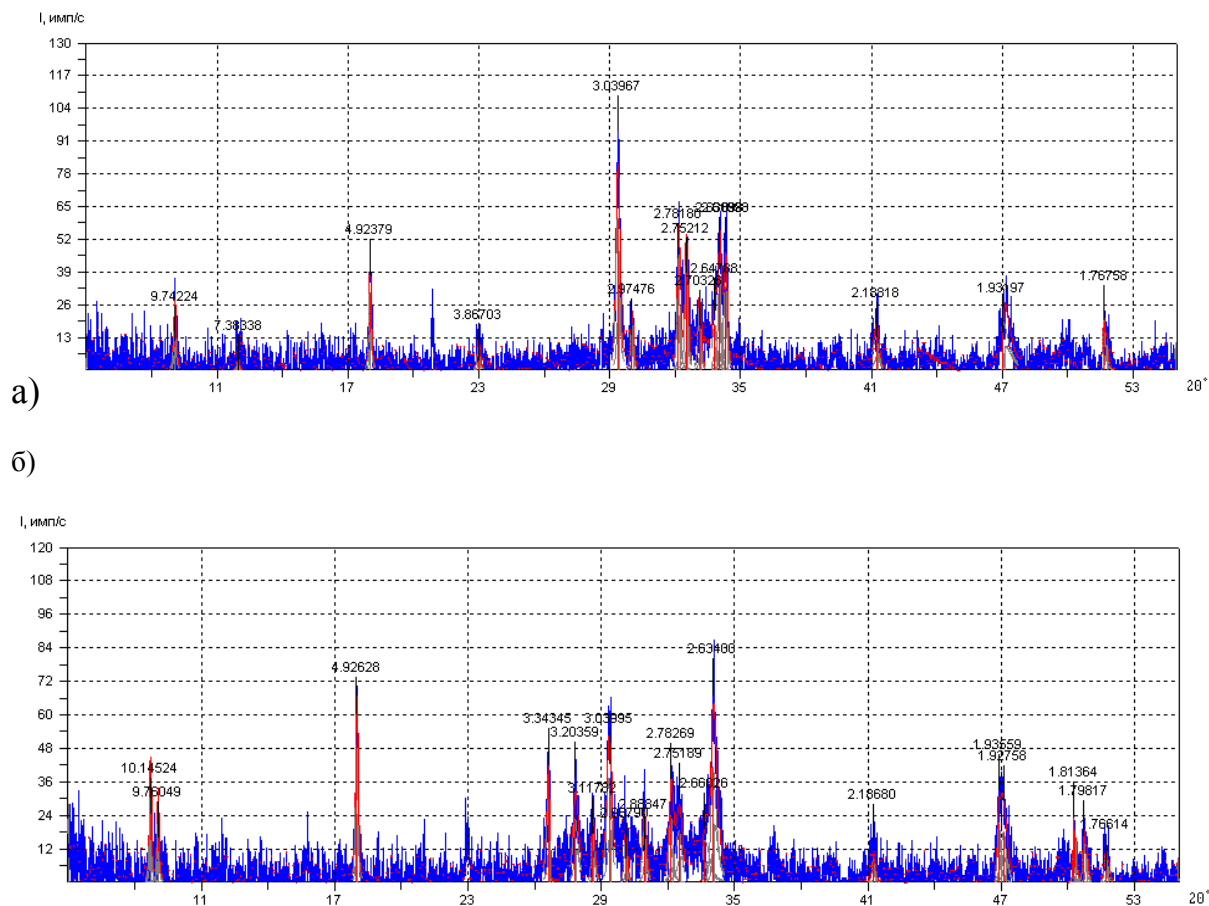


Рисунок 3 – Дифрактограммы проб цементного камня: а) без добавки (возраст 28 суток, НВТ); б) – с 25 % добавки молотого гранитного отсева (возраст 28 суток, НВТ)

Выводы. Данные, полученные с помощью дериватографического и рентгенофазового анализов проб цементного камня «без» минеральной добавки и при ее наличии в цементе, показали отсутствие новых (дополнительных) химических реакций и их продуктов (для всех исследованных) условий и продолжительности твердения, а также дозировок молотого гранитного отсева. Это свидетельствует об отсутствии химического взаимодействия вещества гранитного отсева (гранитоидной породы) с продуктами гидролиза – гидратации клинкерных минералов цемента. Одновременно в пробах с добавкой во все сроки твердения (от 1 до 28 сут.) на рентгенограммах снижалась интенсивность отражения клинкерных

минералов относительно проб без добавки, что свидетельствует о более глубоком развитии процесса их гидратации в ее присутствии.

Следовательно, отмеченный в исследованиях рост прочности цементного камня при дозировке молотого отсева до 20 % от массы цемента связан с физическими аспектами воздействия тонкодисперсных частиц твердой фазы гранитоидов на процессы гидратации и твердения цемента. Этот вывод подтверждается тем, что оценка площади эндотермических экстремумов на дериватограммах (графиках ДТА) показала увеличение ее значений для цементных проб с добавкой молотой гранитной породы, что свидетельствует о большем количестве кристаллогидратных новообразований в цементном камне с добавкой, следствием чего является рост его плотности, как основы роста прочности [4].

Литература. 1. 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.7-15.
2. Батяновский, Э.И. Свойства цемента и цементного камня с минеральной добавкой в виде молотого гранитного отсева/ Э.И. Батяновский; А.А. Дрозд, А.В. Смоляков, // Строительная наука и техника -2009 -№1. – с.73-79.
3. Смоляков, А.В. Технологические свойства бетонных смесей и прочность бетона с добавкой в виде молотого гранитного отсева/ Э.И. Батяновский; А.А. Дрозд, А.В. Смоляков, // Строительная наука и техника -2011 -№7. –с.31-37.
4. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона.- М.: Стройиздат, 1981. – с.208-225.