

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ  
ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ  
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 27-28.05.2014)

УДК 666.972.69

**ЭФФЕКТИВНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ГРАНИТНОГО ОТСЕВА  
РУПП «ГРАНИТ»**

*СМОЛЯКОВ А.В., ДРОЗД А.А., БАТЯНОВСКИЙ Э.И.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Введение**

В результате ранее выполненных с участием авторов исследований, частично представленных в публикациях [1...4], был разработан вариант прямого применения “технологического” гранитного отсева, образующегося на основном производстве РУПП «Гранит» при измельчении (дроблении) исходной горной породы на щебень. По разработанной в БНТУ с участием специалистов ПРУП «Кричевцементношифер» технологии и соответствующим техническим условиям (ТУ ВУ 100649721.116-2010) данное предприятие выпустило порядка 97,1 тыс. тонн портландцемента с минеральной добавкой из гранитного отсева. По реализованной при этом технологии производства гранитный отсев вводят в вяжущее (до 20% от массы) при совместном помоле с клинкером. Полученное вяжущее характеризуется стабильными физико-техническими свойствам, т.к. химико-минералогический состав гранитного отсева (сформировавшийся в глубокой древности) стабилен. Практика его использования строительной отраслью Беларуси и в России показала, что эта разновидность портландцемента с минеральной добавкой нашла

свою “нишу” в производстве сборного бетона и железобетона и в монолитном строительстве.

В статье приведена информация об основных результатах исследований на всех этапах работ, а также о внедрении разработки, как в варианте производства цемента с минеральной добавкой гранитного отсева, так и при производстве бетонных и железобетонных изделий с его использованием.

*В процессе* работы были получены данные об основных физико-технических свойствах гранитного отсева Микашевичского комбината, экспериментальные данные о процессе помола отсева и влияния на кинетику и тонкость помола ( $S_{уд}$ ,  $см^2/г$ ) влажности и времени измельчения материала, данные об основных свойствах порошкообразного продукта помола. Результатами в этой части стали следующие выводы: наиболее интенсивно удельная поверхность продукта помола нарастает в первые 0,5 ч работы шаровой мельницы, затем эффективность помола снижается; тонкость помола сухого отсева в шаровой мельнице за первые 0,5 ч достигает  $S_{уд} \sim 3000$   $см^2/г$ , что соответствует тонкости помола применяемых для изготовления ЖБИ современных цементов и принципиально достаточно для использования продукта помола в качестве минеральной добавки в строительные бетоны и растворы. Помол гранитного отсева в шаровой мельнице более 0,5...1,0 часа сопровождается ростом удельной поверхности продукта помола, но относительный прирост  $S_{уд}$  ( $см^2/г$ )/мин на единицу времени после 1,0 часа помола резко снижается (примерно в 3 раза) и стабилизируется.

На наш взгляд, отмеченные различия в кинетике роста  $S_{уд}$  продукта помола с увеличением времени работы мельницы связано с тем, что гранитный отсев, точнее составляющие его частицы, имеют многочисленные структурные дефекты в виде микротрещин. Как результат, на начальной фазе измельчения они способствуют интенсивному разрушению отдельных зерен по развивающимся трещинам и процесс измельчения идет быстро. После разрушения (измельчения) части исходного материала по имевшимся в структуре зерен дефектам он становится более однородным и сопротивляемость воздействию мелющих тел возрастает, что и отражается в снижении темпа роста  $S_{уд}$  продукта помола. Естественно, что кроме отмеченного на снижение прироста  $S_{уд}$  со временем помола ока-

зывают и другие закономерности, характерные (общие) для процесса диспергации твердой фазы и которые не рассматриваются нами.

*Следующим этапом* стало исследование влияние молотого гранитного отсева на стандартизированные физико-технические свойства цемента: нормальную плотность, сроки схватывания, равномерность изменения объема, прочность (активность) при водном твердении и пропаривании в результате чего была установлена возможность введения в цементно-песчаные растворы значительного количества (до 30 % от МЦ при оптимальном: 15...20 % от МЦ) молотого отсева, снижая тем самым расход клинкерной составляющей цемента; изучены структурно-морфологических изменения в цементном камне под влиянием вещества молотого гранитного отсева и установлено, что основу эффекта роста прочности цементного камня составляют физические аспекты воздействия тонкодисперсных частиц твердой фазы: изменений в морфологии образующихся гидрокристаллических фаз силикатов, алюминатов и ферритов кальция не обнаружено.

*Выполнены исследования кинетики твердения* тяжелого бетона на портландцементе с добавкой (Д20) молотого гранитного отсева при твердении в стандартных нормально-влажностных условиях и при пропаривании. Подтверждена возможность применения такого цемента в бетонах различных классов по прочности, включая класс С32/40 (прочностью на сжатие до 50...55 МПа).

Увеличение дозировки миндобавки более 20% от МЦ очевидно приводит к снижению проектной прочности бетона, при прочих равных условиях. Этот отрицательный эффект связан, на наш взгляд, с двумя факторами.

Во-первых, введение значительного количества инертного по своей сути минерального наполнителя способствует снижению активности вяжущего.

Во-вторых, в большей мере проявляется эффект понижения качества сцепления цементного камня, содержащего большое количество инертного вещества, с заполнителями в бетоне.

В-третьих, возрастает величина истинного (по отношению к клинкерной части цемента) водоцементного отношения бетона, т.е. растет его пористость, что в совокупности приводит к превышению воздействия отрицательных факторов над положительно действующими на цементный камень и обеспечивающими рост его прочно-

сти. В результате при дозировке добавки более 20% от МЦ прочность бетона существенно снижается и на свежемолотом цементе.

Вместе с тем, следует отметить, рост прочности образцов бетона (как нормально – влажностного твердения так и пропаренных) в проектном возрасте (28 сут.) при дозировке миндобавки в 10% от МЦ, а во-вторых, небольшое увеличение относительной прочности пропаренного бетона. Последнее очевидно связано с общеизвестной тенденцией о большей эффективности цементов с миндобавками при твердении в среде с повышенной температурой.

В результате итогового комплекса экспериментальных исследований выявлено влияние минеральной добавки из молотого гранитного отсева на *эксплуатационные свойства бетона*: водопоглощение, водостойкость (при твердении в воде и циклическом насыщении-высушивании), морозостойкость (в кинетике изменения массы и прочности образцов), солестойкость в среде хлоридов и защитную способность бетона по отношению к стальной арматуре и влияния на эти свойства количества вводимой в портландцемент минеральной добавки в дозировке 10...20(30) % от его массы, а также зависимость указанных свойств бетона от срока хранения цемента с молотой миндобавкой (навалом; в мешкотаре).

Установлено, что водопоглощение бетона на портландцементе с минеральной добавкой в количестве до 20 % от массы увеличивается и это сопровождается снижением морозостойкости бетона на одну марку (с F(300-400) до F(200-300)). При этом абсолютные значения водопоглощения по массе бетона с миндобавкой исследованных составов не превысили 5 % (значение, нормируемое для бетонов дорожного строительства), а морозостойкость марок F(200-300) по существу удовлетворяет нормативным требованиям, предъявляемым к бетонам общестроительного назначения, включая наружные ограждающие конструкции.

Выявлено, что использование портландцемента с миндобавкой из молотого гранитного отсева (до 20 %) практически не снижает водостойкости бетона при испытаниях (эксплуатации) в водной неагрессивной среде, обеспечивая стабильный рост прочности бетона (в исследованиях до 60 сут) во времени. При циклических испытаниях (или эксплуатации) в условиях насыщения водой - высушивания введение в портландцемент миндобавки понижает стойкость бетона: его прочность снижается быстрее, чем у бетона на бездоба-

вочном цементе. Одновременно введение в бетон на портландцементе с миндобавкой (до 20 % от массы) пластифицирующей добавки 1-ой группы и соответствующее снижение (В/Ц) бетона позволяет компенсировать этот отрицательный эффект, с сохранением водостойкости бетона при циклических испытаниях (эксплуатации) на уровне материала, приготовленного на чистоклинкерном (бездобавочном) цементе.

Установлено, что бетон на портландцементе с минеральной добавкой (до 20 %) характеризуется достаточно высокой солестойкостью, не отличается в общих тенденциях "поведения" от бетона, приготовленного на чистоклинкерном цементе (М500 Д0). В частности, в процессе испытаний выявлен эффект роста прочности бетона с миндобавкой под действием раствора соли (NaCl), стабилизация прочности на определенном этапе и последующее ее снижение, характерные и для бетона на чистоклинкерном вяжущем.

Выявлено, что переменное насыщение в растворе соли - высушивание закономерно (за примерно равный период времени и количество циклов) приводит к деструкции бетона на портландцементе с миндобавкой (равно как и на чистоклинкерном цементе) в количестве до 10 % от МЦ; с увеличением дозировки добавки до 20 % от МЦ процесс деструкции бетона ускоряется.

Доказано, что введение в цемент до 20 % от МЦ миндобавки одновременно с использованием пластифицирующей добавки 1-ой группы (суперпластификатора) при соответствующем (~ 15 %) снижении начального водосодержания бетона (при сохранении подвижности на исходном уровне) позволяет повысить солестойкость бетона на портландцементе с миндобавкой до уровня, не ниже уровня солестойкости бетона на чистоклинкерном цементе и даже превысить его.

Установлено, что введение в портландцемент миндобавки до 20 % от МЦ не вызывает изменений в коррозионном состоянии стальной арматуры в бетоне, т.е. сталь находится в пассивном (защищенном) состоянии, а портландцемент с добавкой молотого гранитного отсева можно применять в железобетонных изделиях и конструкциях без ограничений, включая преднапряженные и армированные арматурой на основе проволоки.

По отсутствию динамики изменений защитной способности бетона на портландцементе с миндобавкой до 20 % от МЦ по отноше-

нию к стальной арматуре в процессе циклических электрохимических испытаний определено, что при этом обеспечивается сохранность стальной арматуры и ее пассивное (без коррозии) состояние, не уступая по этому показателю бетону на чистоклинкерном вяжущем.

Экспериментально подтвержден гарантийный срок хранения портландцемента с миндобавкой до 20 %, соответствующий практикуемому при прочих равных с ним условиях и составляющему 60 сут.

*Производственной апробацией* исследований стало внедрение опытной партии цемента с добавкой из молотого гранитного отсева в производство бетонных и железобетонных изделий на заводах гг. Минска, Барановичи и Борисова.

Предприятия характеризуются выпуском разнообразной продукции общестроительного назначения. Используя цемент опытной партии "ПЦГ 400" были произведены следующие виды продукции.

На ОАО "Завод СЖБ" Борисов произведены и отпущены потребителям: лестничные марши, лотки теплотрасс, кольца смотровых колодцев, блоки и плиты фундаментальные, преднапряженные плиты пустотного настила, а также для производства строительных растворов.

На ОАО "Завод СЖБ № 1" г. Минска, который специализируется на выпуске продукции для промышленного строительства, были произведены сваи железобетонные забивные (СТБ 1075-97), трубы железобетонные безнапорные центрифугированные (СТБ 1163—99) и другие изделия.

На ОАО "Завод железобетонных изделий" г. Барановичи, который выпускает продукцию промышленного и общестроительного назначения, изготовлены: преднапряженные плиты перекрытий многопустотные, сваи забивные, элементы нулевого цикла зданий и др.

### **Заключение**

На всех предприятиях, использовавших цемент с минеральной добавкой гранитного отсева, не потребовалось никаких изменений в технологическом процессе или организации производства выпускаемой ими продукции. Это свидетельство соответствия качества цемента с минеральной добавкой гранитного отсева, во-первых, стан-

дартным требованиям к портландцементу, во-вторых, подтверждение достоверности основных положений и выводов по результатам научно-исследовательской работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

2. 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. – 2009. – № 2(23). – С. 49–57.

3. Батяновский, Э.И. Долговечность железобетона с минеральной добавкой в виде молотого гранитного отсева/ Э.И. Батяновский; А.В. Смоляков, А.А. Дрозд, В.И. Мацкевич // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров: сб. науч. ст./ГрГУ им. Я.Купалы (Гродно, 2010). – Гродно. – 2010. – С. 288 – 291.

4. Смоляков, А.В. Использование гранитного отсева в цементе и конструкционном бетоне / П.Л. Федорович; Э.И. Батяновский // Проблемы современного бетона и железобетона: Материалы III Межд. Симп. (Минск, 9-11.11.2011). В 2 т. Т 2 «Технология бетона». – Минск, Минсктипроект, 2011. – С. 438–451.