

3. Пухаренко Ю. В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов / Дисс.докт.техн. наук, - Санкт-Петербург: С-ПГА-СУ, - 2004. – 315 с.
4. Коротышевский О.В. Полы из сталефибробетона и пенобетона // Строительные материалы. – 2000. – № 3. – С. 17 - 18.
5. Кромская Н.Ф. Исследование смесителя для приготовления дисперсно армированных бетонных смесей / Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Ленинград: ЛПИ. - 1981. – 18 с.
6. Дирк Хойер. Смешивание бетона и состояние техники // Сборник трудов конференции Строительство, материаловедение, машиностроение. - Ялта, 2010. - С. 38 – 43.

УДК 666.9.022.3

ВЛИЯНИЕ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Федоркин С.И., д.т.н., профессор, Макарова Е.С., к.т.н., доцент, Елькина И.И., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Исследованы свойства и структура образцов на основе мелкодисперсных отходов горных пород с добавлением микрокремнезема и его влияние на прочность прессованных материалов. Изучено влияние микрокремнезема на физико-механические свойства шлакопортландцемента. Проведены электромикроскопические исследования образцов.

Шлам, шлакопортландцемент, микрокремнезем, полусухое прессование, электромикроскопические исследования

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом все острее встает проблема исчерпания качественных сырьевых ресурсов и опасность загрязнения окружающей среды отходами различных производств. Наиболее перспективное направление снижение уровня загрязнения окружающей среды – создание безотходных производств, включающих замкнутые системы переработки отходов и организацию безотходных территориально-промышленных комплексов с замкнутой структурой потоков сырья и отходов внутри комплекса.

В этом случае отходы производства рассматриваются как вторичные ресурсы, а одним из самых эффективных способов использования многотоннажных вторичных ресурсов является их переработка в строительные материалы различного назначения [1].

Первоначальный интерес к применению микрокремнезема в бетонах отмечен в 1971 г. на металлургическом заводе «Фиско» в Норвегии. Новые возможности использования тесно связаны с прогрессом в области создания суперпластификаторов. Их сочетание дало толчок к созданию бетонов нового поколения, обладающих высокой прочностью (от 60 до 150 МПа), повышенной удобоукладываемостью и долговечностью.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В середине 80-х годов в мировой строительной практике появились бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. Для них характерно то, что высокая (55–80 МПа) и сверхвысокая (выше 80 МПа) прочность при сжатии, низкая проницаемость, повышенная коррозионная стойкость и долговечность достигаются при применении высокоподвижных бетонных смесей. Ключевым фактором технологии производства таких бетонов являлось комплексное использование высокоактивной минеральной добавки – микрокремнезема.

Микрокремнезем является отходом производства. Поэтому изготовление строительных материалов, имеющих в своем составе микрокремнезем, связано с утилизацией техногенного продукта.

Аналитический обзор современных исследований по использованию микрокремнезема [2-4] показывает, что он является ценным минеральным сырьем, используемым в строительной индустрии для изготовления различных строительных материалов.

В работе [2] рассматривается применение активных минеральных добавок, позволяющих управлять формированием структуры и свойствами цементного камня с целью полной реализации потенциальных возможностей цемента. Введение микрокремнезема в строительные смеси способствует повышению: прочности на сжатие и изгиб, морозостойкости, коррозионной стойкости бетонов и строительных растворов. Все это увеличивает долговечность материалов и увеличивает срок службы зданий и сооружений [2,3].

Автором [4] исследован процесс твердения и формирования кристаллических фаз в композициях рядового цемента с микрокремнеземистой добавкой, исследован цементный камень. Установлено, что микрокремнеземистая добавка в количестве до 20% от массы вяжущего в составе бетонной смеси обеспечивает образование активного монослоя на поверхности заполнителя, что приводит к формированию низкоосновных гидросиликатов в контактной зоне заполнитель - цементный камень и увеличивает прочность на 50-75%.

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод о положительном влиянии микрокремнезема на свойства обычного бетона. Однако его роль в формировании структуры прессованных материалов на основе техногенных продуктов производства изучена недостаточно.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отходы производства сравнительно редко обладают необходимыми физико-химическими, технологическими и другими свойствами, позволяющими производить из них качественные строительные материалы. В этих условиях большое значение имеет разработка технологии, включающей обоснованную компоновку сырьевых смесей, выбор эффективных структурообразующих добавок и создание необходимых условий для формирования оптимальной структуры материалов.

Исследование влияния микрокремнезема на формирование структуры и свойств исследуемых мелкодисперсных отходов горных пород в условиях полусухого прессования при высоких давлениях (до 30МПа) представляет научный и практический интерес.

Целью настоящей работы является исследование влияния добавки микрокремнезема к сырьевым смесям на основе мелкодисперсных отходов горных пород при полусухом прессовании изделий.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве мелкодисперсных горных пород нами изучены шламовые продукты промывки грандиоритовых отсеков Шархинского карьера и известняковые отходы камнепиления Бештерекского месторождения. Выбор этих отходов основан необходимостью их утилизации для улучшения экологического состояния окружающей среды в Крыму.

В качестве других компонентов использованы шлакопортландцемент М400 Краматорского цементного завода и микрокремнезем ОАО "Запорожского завода ферросплавов".

Микрокремнезем получают при высокотемпературной обработке кремнеземсодержащих исходных материалов, связанной с процессом возгонки оксидов кремния. При конденсации возгона в процессе охлаждения образуется мелкодисперсный коллоидообразный, большей частью аморфный материал. Преобладающий размер частиц микрокремнезема от 1 до 0,01 мкм и менее. Рентгеноструктурным анализом установлено наличие в микрокремнеземе оксида кремния в виде коусита – SiO_2 , что придает ему высокую химическую активность в водных средах.

Микрокремнезем представляет собой очень мелкие шарообразные частички аморфного кремнезема со средней удельной поверхностью около 20 м²/г. По

гранулометрическому составу средний размер частиц МК составляет около 0,1 микрона, то есть в 100 меньше среднего размера зерна цемента.

Лабораторные исследования проводили на образцах-цилиндрах диаметром и высотой 3 см. Сырьевую смесь заданного состава готовили перемешиванием микрокремнезема, шлакопортландцемента, шлама и отходов камнепиления в лабораторном смесителе. Относительная формовочная влажность смеси 10% (мас.). Образцы-цилиндры прессовали на прессе П-10 при заданном удельном давлении. После прессования образцы выдерживали в течение 28 суток во влажных условиях, а затем определяли их предел прочности при сжатии по стандартной методике.

Структуру образцов изучали с помощью электронной сканирующей микроскопии на микроскопе РЕМ-106, SELMI.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На первом этапе исследований нами изучено влияние микрокремнезема на физико-механические свойства шлакопортландцемента. Микрокремнезем добавляли к цементу в количестве 0, 5, 10, 15, 20%, смесь увлажняли до 10% относительной влажности и прессовали образцы-цилиндры при удельном давлении 30МПа. Отпрессованные образцы выдерживали во влажных условиях в течение 28 суток и определяли их физико-механические свойства в соответствии с ДСТУ Б В.2.7-7:2008. Результаты испытаний приведены в табл.1.

Таблица 1

Влияние добавки микрокремнезема на физико-механические свойства отпрессованных образцов из шлакопортландцемента

Показатели	Состав смеси				
	ШПЦ-100%	ШПЦ-80%, МК -20%	ШПЦ -85%, МК -15%	ШПЦ -90%, МК -10%	ШПЦ -95%, МК -5%
Средняя плотность, кг/см ³	2170	2150	2158	2164	2169
Предел прочности при сжатии, МПа	58,31	63,78	65,29	70,67	69,16

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее рациональным является состав с добавлением к шлакопортландцементу 10% микрокремнезема. При этом прочность образцов оптимального состава возрастает на 21,2% по сравнению с прочностью образцов без добавки микрокремнезема.

Электронномикроскопические исследования структуры цементного камня с содержанием микрокремнезема 5,10,20% (мас.) приведены на рис. 1.

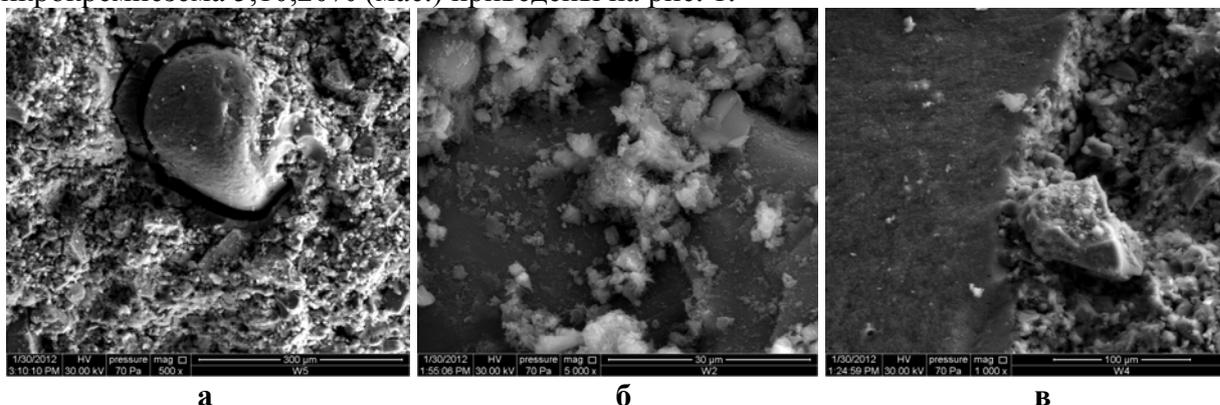


Рис. 1. Структура цементного камня с содержанием микрокремнезема 5% (а), 10% (б), 20% (в) в возрасте 7суток

Благодаря высокой удельной поверхности микрокремнезема интенсифицируется процесс гидратации с формированием C-S-H геля на его поверхности. Микрокремнезем заполняет пространство между зернами цемента и по мере гидратации вовлекается в этот процесс. Участие микрокремнезема в образовании продуктов гидратации приводит к увеличению качества мелких гелевых пор, входящих в состав кальциевосиликатного гидрогеля, а также снижает капиллярную пористость. Это приводит к увеличению плотности и прочности цементного камня.

В бетоне без микрокремнезема (рис. 2а). зона между цементным гелем и частицей заполнителя (переходная зона) из-за неплотной укладки частиц цемента у поверхности заполнителя представляет собой пространство, заполненное перенасыщенным раствором Ca(OH)₂. В процессе твердения это пространство заполняют кристаллы извести, кристаллизующиеся из раствора (рис. 2б).

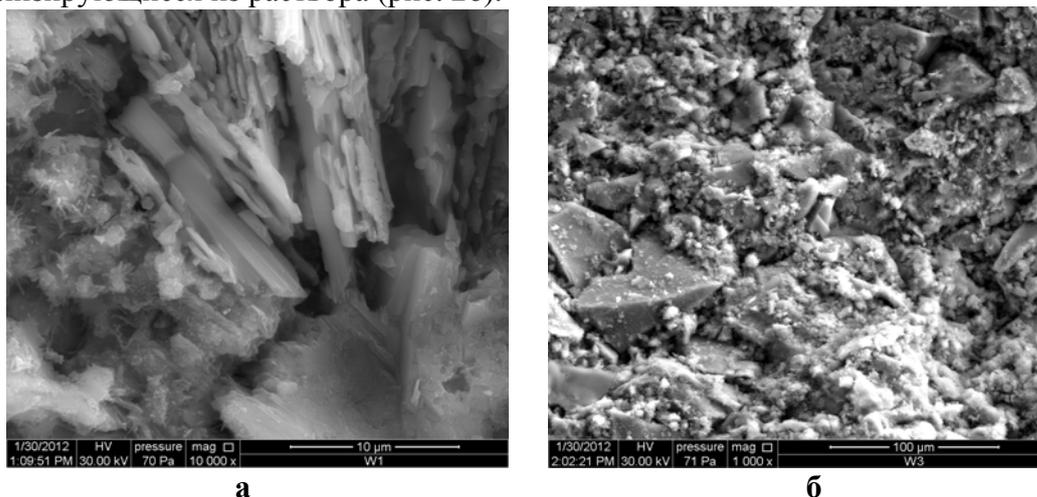


Рис. 2. Переходная зона в бетоне без микрокремнезема (а) и структура бетона с содержанием микрокремнезема (б)

Вследствие этого, зона между цементным гелем и частицей заполнителя отличается от основного объема цементного геля пониженной плотностью, когезионной и адгезионной прочностью, что подтверждают данные, полученные в работе [6].

В бетоне с добавкой микрокремнезема частицы последнего заполняют межзерновое пространство более плотно по сравнению с частицами цемента, что приводит к формированию плотной и однородной структуры, в которой отсутствуют массивные кристаллы Ca(OH)₂.

На втором этапе исследований изучено влияние полученного вяжущего, состоящего из 90% шлакопортландцемента и 10% микрокремнезема, на физико-механические характеристики и структуру образцов на основе мелкодисперсных отходов шлама и известняка. Вяжущее в количестве 10, 20, 30% добавляли к горной породе, смесь увлажняли до 10%-ной влажности, и прессовали образцы-цилиндры при удельном давлении прессования 30МПа.

Результаты испытаний образцов приведены в табл. 2.

Для сравнения в табл. 2 приведены результаты определения прочности образцов на чистом шлакопортландцементе.

Таблица 2

Прочность образцов в зависимости от вида и количества вяжущего

Вид мелкодисперсного отхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа), состав (% , мас.)					
	Отход-90%, ШПЦ-10%	Отход-90%, ШПЦ+МК-10%	Отход -80%, ШПЦ-20%	Отход-80%, ШПЦ+МК-20%	Отход -70%, ШПЦ-30%	Отход-80%, ШПЦ+МК-20%
Шлам	13,01	13,80	18,51	20,74	29,14	32,40
Известняковый отход	14,1	15,02	23,35	26,85	34,61	38,35

Результаты табл. 2 показывают, что ввод в состав вяжущего микрокремнезема в количестве 10% приводит к росту прочности образцов на 6,1-11,2% (шлам) и на 6,5-10,8% (известняковые отходы камнепиления).

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование микрокремнезема, дает дополнительный ресурс повышения прочности прессованных образцов на основе мелкодисперсных отходов горных пород при снижении расхода цемента на 10%.

Выводы

Исследовано влияние добавки микрокремнезема на прочность прессованных образцов из шлакопортландцемента. Показано, что оптимальное количество добавки микрокремнезема в вяжущее составляет 10% (мас.), что привело к росту прочности образцов на 21,2%. Изучена микроструктура образцов и показана положительная роль микрокремнезема в формировании плотной и прочной структуры цементного камня.

Исследовано влияние вяжущего с добавкой микрокремнезема на прочность прессованных образцов на основе дисперсных отходов шлама промывки грандиоритовых отсеков и известняковых отходов камнепиления. Установлено, что ввод в состав вяжущего 10% микрокремнезема приводит к росту прочности образцов на 6-11%.

Показано, что использование микрокремнезема в сырьевой смеси дает дополнительный ресурс повышения прочности образцов при снижении расхода цемента, а также позволяет вовлечь в многотоннажное производство строительных материалов значительное количество вторичного сырья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федоркин С.И. Механоактивация вторичного сырья в производстве строительных материалов / Федоркин С.И. — Симферополь : Таврия, 1997. — 180с.
2. Гамалий Е.А. Комплексные модификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов и активных минеральных добавок для тяжелого конструкционного бетона : дис. ... кандидата технических наук: 05.23.05 / Гамалий Елена Александровна. – Челябинск, 2009. – 217 с.
3. Эмралиева С.А. Ультрадисперсные пуццолановые добавки для гидроизоляционных растворов : дис. ... кандидата технических наук: 05.23.05 / Эмралиева Светлана Анатольевна. – Омск, 2009. – 153 с.
4. Баранова Г.П. Смешанные вяжущие на основе композиций цементов с сульфобелитоалюминатными и микрокремнеземистыми добавками : дис. ... кандидата технических наук: 05.17.11 / Баранова Галина Павловна. – Красноярск, 2004. – 157 с.
5. Теория цемента / [Мясникова Е.А., Гумен В.С., Евсютин Ю.Р. и др.] ; под ред. А.А. Пащенко. — К. : «Будівельник», 1991. — 168 с.
6. Брыков А.С. Гидратация портландцемента : [учебное пособие] / Брыков А.С. — Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2008. — 32 с.