

DOI: 10.12737/22245

Толстой А.Д., канд. техн. наук, проф.,
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,
Новиков К.Ю., магистрант,
Лашина И.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВОГО БЕТОНА

tad56@mail.ru

В технологии порошковых бетонов важным и малоисследованным вопросом является долговечность изделий и конструкций, также ее прогнозирование. Органоминеральные твердеющие композиции обеспечивают быстрый набор прочности изделиям вследствие их взаимодействия в присутствии воды, как между собой, так и с поверхностью заполнителя. Важной характеристикой каменных материалов является их долговечность. Благодаря этому свойству материал может выдерживать стабильные характеристики в течение расчетного времени в определенных условиях эксплуатации. Долговечность связана с такими свойствами бетонов как прочность, водостойкость, солеустойчивость, трещиностойкость и др. Особенно уязвимы в отношении проникновения агрессивных веществ окружающей среды контактная зона и поровое пространство искусственного камня. Прочность контактной зоны определяется свойствами твердеющего вяжущего и поверхности заполнителя (их химическим сродством и сродством структур). Для создания прочного и надежного контакта должна быть создана устойчивая связь составных частей композиционного материала. В ходе работы были исследованы высокопрочные порошковые составы, структурированные органическими минеральными добавками, которые содержат реакционноспособные тонкодисперсные наполнители различной природы.

Ключевые слова: высокопрочный бетон, порошковый бетон, техногенное сырье долговечность, коррозионная стойкость.

Введение. Порошковый бетон становится все более популярным во всем мире и призван полностью изменить представление о бетоне, так как позволяет создавать долговечные, практичные и надежные изделия. [1-6].

Применение типовых и техногенных продуктов для производства данного вида бетонов позволяет существенно уменьшить материальные и энергетические затраты, а также сократить сроки изготовления элементов конструкций зданий и сооружений [7,8].

Результаты исследований долговечности, в частности, коррозионной стойкости порошкового бетона в сульфатных средах, свидетельствуют о высоких показателях для этого материала предлагаемого состава.

Методика. Для исследования процесса коррозии бетона в сульфатных средах с образованием этtringитоподобных фаз применяли метод ускоренных сравнительных испытаний, разработанный в БГТУ им. В.Г. Шухова [9,10]. Согласно данной методике, изготавливали образцы-балочки размером 10×10×60 мм из цементно-песчаного раствора в соотношении белгородский портландцемент:вольский песок = 1:3 с В/Ц=0,6. До помещения в агрессивный раствор образцы твердели 28 суток в воде. По истечению указанного срока, их помещали в 1 % раствор надсернической соли с увеличением концентрации до 10 %.

Исследования фазового состава цементных образцов, корродировавших в 5 % растворе надсернической соли, проводили рентгенофазовым и дериватографическим методами анализа. Для сравнения скорости накопления этtringитоподобных фаз и гипса, анализу подвергали образцы, находившихся в 5 % растворе сульфата натрия и воде. Отбор проб и испытания проводили через 3, 7, 14, 21, 28 и 35 суток (методика НИИЖБ) [11].

Основная часть. Было установлено, что коррозионный процесс уже в 1%-м растворе надсернической соли дает ясную картину стойкости исследуемого материала в течение месячного срока. С течением времени в данных условиях прослеживается постоянное снижение прочности на изгиб опытных образцов, которые к 28 суткам достигают предельного значения коэффициента стойкости – 0,8. Увеличение концентрации приводит к значительному увеличению скорости накопления наноструктурированных этtringитоподобных фаз и интенсификации процесса коррозии.

Значение предела прочности при изгибе наибольшее у образцов, твердевших до испытаний в водных условиях. Их коэффициент стойкости в 56 суточном возрасте равен 0,92. Высокий коэффициент стойкости имеет цементный камень образцов, высушенных при 60 °С – 0,87, в то время как образцы, твердевшие до помеще-

ния в раствор персульфата аммония в нормальных условиях, через 35 суток показали низкую прочность на изгиб, их коэффициент стойкости равен 0,68.

Согласно полученным данным, наименьшей стойкостью к действию надсернистой соли обладает цементный камень образцов, твердевших до испытаний в нормальных условиях.

В значительной степени долговечность порошковых бетонов зависит от свойств входящих в его состав компонентов. Испытанные образцы порошкового бетона содержали 6–15 масс. % тонкомолотых техногенных элементов, что в значительной степени повысило плотность структуры и коррозионную стойкость материала.

На скорость коррозии образца порошкового бетона в персульфатном растворе влияют условия предварительного твердения образцов. Причем, интенсивность протекания коррозионного процесса зависит в значительной степени от структуры материала. В цементном камне процесс идет с большей скоростью в образцах, твердевших в нормальных условиях; в мелкозернистом бетоне – в образцах водного твердения, высушенных при температуре 60 °С до по-

стоянной массы перед погружением в агрессивный раствор. В растворах сульфатов, образцы из цементно-песчаного раствора, выдержанные перед погружением в воде, были менее коррозионностойки, чем образцы, твердевшие в атмосфере с 80 % влажностью. Следовательно, существует аналогия поведения бетонных образцов в растворах сульфатных и персульфатных солей. Прочность на изгиб опытных образцов уже к 28 суткам достигают предельного значения коэффициента стойкости – 0,8.

Термограммы образцов высокоплотного порошкового бетона, твердевших в воде, снятые в установленные сроки испытаний, характерны для цементного камня водного твердения. Наблюдается три эндотермических эффекта, соответствующих: первый при 130 °С – удалению адсорбционной воды из гелеподобных гидросиликатов кальция; второй при 470 °С – дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$; третий при 750 °С – декарбонизации CaCO_3 . Для образцов в растворах сульфата натрия и персульфата аммония в 7–14 суточном возрасте характерно раздвоение эндоэффекта в виде дуплета при 130–160 °С, что указывает на образование этрингитоподобной фазы и гипса (рис. 1).

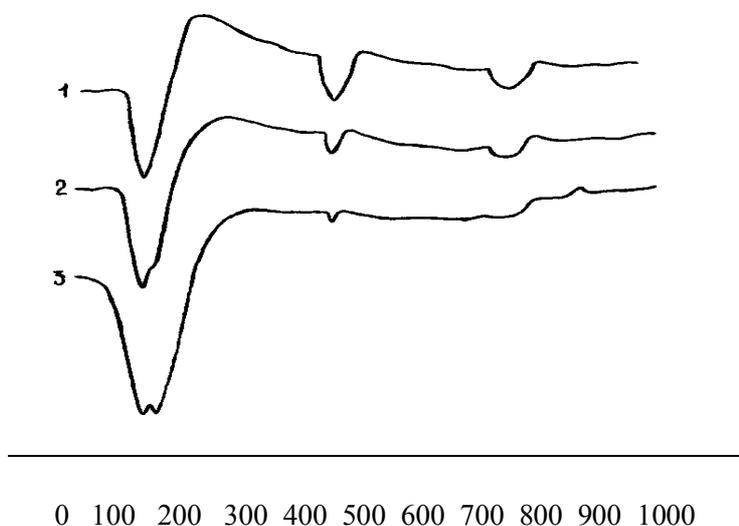


Рис. 1. Результаты ДТА цементного; камня в растворах сульфата натрия, персульфата аммония и воде

Линии ДТА препаратов цементного камня, твердевшего: 1 - в воде; 2 - в растворе сульфата натрия; 3 - в растворе персульфата аммония

Причем на термограммах образцов, находившихся в растворе персульфата, это раздвоение большее чем в растворе сульфата. Разделение данного эндотермического эффекта сохраняется на протяжении всего периода испытаний. В воде эндоэффект при 130 °С неразделим. На термограммах по уменьшению эндоэффекта при

470 °С с течением времени отчетливо прослеживается снижение количества гидроксида кальция в образцах, находящихся в растворе персульфата аммония. Потеря массы при дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в образцах водного твердения через 7 суток составляет 9 %, в растворе сульфата натрия – 4 %, в растворе персульфата аммония – 3 %. В остальные сроки в персульфатном растворе потеря массы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при его дегидратации составляет менее 1 %.

Таким образом, в цементном камне образцов, находящихся в растворе надсернистого аммония, идет интенсивное связывание гидроксида кальция в сульфосодержащие кальциевые гидраты. Установлено, что значительно большее количество трисульфогидроалюмината кальция и гипса образуется в образцах, выдержанных в пересульфатном растворе, чем в сульфатном, в течение месячного срока испытаний. Причем, воздействие пересульфата аммония не изменяет характер образующихся продуктов – кристаллографические и термодинамические характери-

стики этtringита и гипса в сульфатном и пересульфатном растворах практически идентичны.

В 1%-м растворе пересульфата аммония цементно-песчаные образцы через 28 суток имеют коэффициент стойкости, равный предельному значению, рекомендованному НИИЖБ при испытаниях в растворе сульфата натрия в 12 месячном возрасте – 0,81. Пребывание образцов в 2,5; 5,0 и 10 % растворах пересульфата аммония привело к значительной потере прочности (табл. 1).

Таблица 1

Прочностные характеристики образцов из мелкозернистого бетона в растворах пересульфата аммония

Концентрация раствора, %	Предел прочности при изгибе и коэффициент стойкости образцов в возрасте, сутки							
	7		14		21		28	
	R _{из.}	K _с	R _{из.}	K _с	R _{из.}	K _с	R _{из.}	K _с
1,0	7,62	1,13	6,74	1,01	6,03	0,89	5,51	0,81
2,5	7,04	1,05	6,68	1,00	4,95	0,73	3,67	0,54
5,0	5,90	0,88	5,25	0,78	3,46	0,51	3,20	0,47
10,0	5,23	0,78	4,27	0,64	3,39	0,50	3,13	0,46

Заключение. Таким образом, испытания мелкозернистого бетона в 1% растворе пересульфата аммония дает ясную картину коррозионной стойкости исследуемого цемента в течение месячного срока. В данных условиях прослеживается постоянное снижение прочности на изгиб опытных образцов, которые к 28 суткам достигают предельного значения коэффициента стойкости – 0,8.

Выводы. Результаты сопоставительного эксперимента позволяют сделать вывод, что использование в качестве агрессивного раствора надсернистого аммония значительно ускоряет проведение испытаний цемента на сульфатостойкость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: АСВ. 2007. 368 с.
2. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. Учебно-справочное пособие, К.: Вища школа, 2007.
3. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten.// Leipziger Massivbauseminar, 2000, Bd. 10, S. 1–15.
4. Schmidt M. Bornemann R. Möglichkeiten und Crensen von Hochfester Beton.// Proc. 14, Jbausil, 2000, Bd. 1, S. 1083–1091.
5. Richard P., Cheurezy M. Composition of Reactive Powder Concrete. Scientific Division Bougies.// Cement and Concrete Research. Vol. 25. № 7. 1995. P. 1501–1511.

6. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Органогенные высокопрочные композиции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 67–69.

7. Tolstoi A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High-Strength Decorative Complexes with Organomineral Additives Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – September-October 2014 RJPBCS 5(5) Page No 1607.

8. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Толстой А.Д., Володченко А.А. Средство структур как теоретическая основа проектирования композитов будущего // Строительные материалы. 2015. № 9. С.18–22.

9. Толстой А.Д., Ковалева И.А., Присяжнюк А.П., Воронов В.В., Баженова О.Г., Якимович И.В., Саридис Я.В. Эффективные порошковые композиции на техногенном сырье // «Современные строительные материалы, технологии и конструкции».- Материалы междунар. научно-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Т. 1. Грозный. 2015. С. 406–411.

10. Толстой А.Д. Сульфатостойкость бетона с пиритосодержащим заполнителем, определяемая ускоренным методом. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Белгород, 1987. 178с.

11. Отчет НИИЖБ «Разработать методику прогноза коррозионной стойкости бетона при различных видах коррозии и средствах защиты» №78043581, инв.номер Б815902. М.,1978. С.47–51.

Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Novikov K.Yu., Lashina I.V.

CORROSION RESISTANCE OF PRODUCTS FROM POWDER CONCRETE

The powder concrete technology important and little studied issue is the durability of products and constructions, and its prediction. Organic-curable compositions provide faster curing products as a result of their interaction in the presence of water, both among themselves and with the filler surface. An important characteristic of stone materials is their durability. Due to this property, the material can withstand the stable characteristics for a calculated time under certain operating conditions. Durability is associated with such properties of concrete as the strength, water resistance, salt resistance, fracture toughness, etc. Particularly vulnerable to the penetration of aggressive substances surrounding medium the contact area and the pore space of the artificial stone. The strength of the contact zone is determined by the properties of the hardening binder and aggregate surface (their chemical and structural affinity). To create a durable and reliable contact should be created a stable communication of components of the composite material. During operation have been investigated high-strength powder concrete formulations, structured organic mineral supplements that contain reactive fine fillers of different nature.

Key words: *High-strength concrete, powder concrete, man-made materials, durability, corrosion resistance.*

Толстой Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: tad56@mail.ru

Лесовик Валерий Станиславович, член-корр. РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: naukavs@mail.ru

Новиков Константин Юрьевич, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: Kot_veuder@mail.ru

Лашина Ирина Владимировна, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.