

Заключение. Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что бутадиен-нитрильный регенерат можно успешно применять в маслостойких изделиях. Бутадиен-нитрильные регенераты могут применяться в производстве светлых и темных масло- и бензостойких формовых и шприцованных изделий и прежде всего уплотнений, а также печатных валиков.

Литература

1. Макаров, В. М. Использование амортизованных шин и отходов производства резиновых изделий / В. М. Макаров, В. Ф. Дроздовский. – Л.: Химия, 1986. – 248 с.
2. Мигаль, С. С. Вторичное использование резины / С. С. Мигаль, Е. И. Щербина. – Минск: БГТУ, 2005. – 81 с.
3. Вторичное использование полимерных материалов. – М.: Химия, 1985. – 192 с.
4. Структура и свойства резин, наполненных измельченным вулканизатом / В. А. Марков [и др.] // Каучук и резина. – 1981. – № 6. – С. 20–22.
5. Кулезнев, А. Н. Смеси полимеров / А. Н. Кулезнев – М.: Химия, 1980. – 304 с.

RESOURCE SAVING THE MATERIAL FOR MANUFACTURING RUBBER OF PRODUCTS

In the manufacturing process was investigated using an elastomeric composition as waste reclaimed rubber production. The results of these studies indicate that the nitrile reclaim can be successfully used in oil and petrol resistant products. Nitrile regenerates may be used in the production of light and dark oil and petrol-resistant molded and extruded articles and gaskets primarily as well as printing rollers.

УДК 691.3:666.97

О. Е. ХОТЯНОВИЧ

ФЛЮАТ НА ОСНОВЕ ГЕКСАФТОРСИЛИКАТА ЦИНКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, okhotyanovich@rambler.ru

Разработан эффективный состав на основе гексафторсиликата цинка для вторичной обработки бетонных и железобетонных изделий с целью улучшения их эксплуатационных свойств. Состав на основе гексафторсиликата цинка обеспечивает повышение прочности цементного камня на сжатие и его морозостойкость, а также снижение водопоглощения. Разработанный состав по эффективности действия не уступает аналогам, в частности пропиточному составу «Сифтом» (Республика Беларусь).

Введение. Опыт эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций показывает, что при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды они склонны к разрушению. Поскольку достойной альтернативы бетону нет и в ближайшее время не предвидится, то проблема повышения его срока службы является актуальной.

Особо остро в настоящее время стоит вопрос о защите от разрушения мостовых конструкций, автомагистралей, взлетно-посадочных полос аэродромов и других сооружений. Следует отметить, что в реальных условиях эксплуатации имеет место воздействие не одного какого-либо фактора, а их различное сочетание: например, дорожные покрытия подвергаются одновременно воздействию воды, солей-антиобледенителей, мороза; на аэродромные покрытия дополнительно воздействуют высокотемпературные газодинамические потоки от двигателей самолетов; морские гидротехнические сооружения работают в условиях воздействия высококонцентрированных растворов сульфатов и хлоридов, попеременного увлажнения и высушивания. В этой связи проблему повышения долговечности бетона разрешить крайне сложно.

В настоящее время разработан ряд мероприятий, обеспечивающих снижение агрессивного воздействия на бетон, основными из которых являются:

- применение специальных цементов с относительно малым содержанием алита, трехкальциевого алюмината и четырехкальциевого алюмоферрита. Алит при гидратации выделяет большое количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который при фильтрации воды легко вымывается или вступает в реакции замещения. Алюминаты и алюмоферриты кальция при наличии в воде сульфат-иона становятся источником образования этtringита, вызывающего вредные напряжения в цементном камне;

- введение в состав цемента при помоле клинкера кислых минеральных добавок вулканического или осадочного происхождения, содержащих активный кремнезем, который взаимодействует с выделяющимся $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием труднорастворимого $\text{CSH}(\text{B})$;

- повышение тонкости помола цемента, что сопровождается формированием плотного цементного камня с высокой водонепроницаемостью, исключая возможность миграции агрессивной среды;

- уплотнение бетонной массы с применением вибрирования, вакуумирования, адсорбционной опалубки;

- правильный подбор соотношения между цементом, мелким и крупным заполнителем, уменьшение водоцементного отношения;

- введение в состав бетонной смеси специальных добавок, оказывающих влияние на процессы структурообразования бетона и прежде всего на строение и свойства порового пространства и проницаемость.

Вышеперечисленные мероприятия относятся к мерам первичной защиты бетона. Поскольку они не всегда приводят к желаемому результату, возникает необходимость применения мер вторичной защиты, которые предполагают поверхностную обработку (пропитку) сформированного бетона различными составами, изменяющими физико-химические и физико-механические свойства цементного камня и бетона [1–3].

В настоящее время для поверхностной обработки (пропитки) бетона предлагается целый ряд реагентов, начиная с растительных масел и заканчивая растворами и эмульсиями на основе неорганических и органических соедине-

ний. Однако данные пропиточные композиции широкого распространения не получили из-за своей дефицитности, высокой стоимости, токсичности [4, 5].

Одним из эффективных способов поверхностной обработки бетона является флюатирование – пропитка изделий растворами солей гексафторкремниевой кислоты. Из литературных источников [6, 7] известно, что водный раствор флюата, нанесенный на поверхность бетона, проникает по порам внутрь камня и взаимодействует с гидроксидом и карбонатом кальция, хлоридами, сульфидами и др. В результате протекающих химических реакций в порах образуются водонерастворимые соединения, которые заполняют их и предотвращают проникновение агрессивных сред внутрь бетона. В настоящее время в Республике Беларусь потребность в высокоэффективных химических добавках, обеспечивающих повышение долговечности бетона, удовлетворяется в основном за счет импорта.

На кафедре химической технологии вяжущих материалов Белорусского государственного технологического университета разработан способ получения гексафторсиликата магния, пропиточный состав «Сифтом» на его основе и режим поверхностной обработки бетона [8–10]. Следует отметить, что одним из сырьевых материалов для получения гексафторсиликата магния является каустический магнезит марки ПМК–75, полученный в результате улавливания пыли, образующейся при производстве спеченного периклазового порошка на ОАО «Комбинат Магнезит» (г. Сатка, Челябинская обл., РФ), стоимость которого в настоящее время составляет примерно 330 у. е. за тонну без учета транспортных расходов.

Анализ опубликованных данных показал, что наряду с гексафторсиликатом магния для поверхностной обработки бетона успешно применяется гексафторсиликат цинка. Для получения указанного материала может быть использована пыль газоочистки Белорусского металлургического завода, которая характеризуется постоянством химического состава и содержит около 40% оксида цинка, и гексафторкремниевая кислота с концентрацией 40–45 мас.%, образующаяся на ОАО «Стеклозавод «Неман». В настоящее время пыль газоочистки Белорусского металлургического завода применяется в производстве портландцементного клинкера на Белорусском цементном заводе в качестве железосодержащей корректирующей добавки. Однако вследствие высокого содержания оксида цинка в пыли качество такого портландцемента является крайне нестабильным.

В этой связи целью настоящего исследования является разработка технологического процесса получения гексафторсиликата цинка из техногенного сырья и пропиточного состава на его основе и изучение механизма защитного действия цинкового флюата при поверхностной обработке бетона.

Результаты исследований. Синтез гексафторсиликата цинка проводили в трехгорлой колбе, помещенной в термостат, что обеспечивало постоянство заданных температурных параметров. Последовательность операций синтеза: в реакционный сосуд заливали расчетное количество гексафторкремни-

ево́й кислоты, взято́й с избы́тком проти́в стехиометрического количества. При постоянном перемешивании в кислоту в один прием вводили цинксо-держащий компонент. Синтез гексафторсиликата цинка осуществляли в постоянном гидродинамическом режиме в широком диапазоне температур и при различных соотношениях компонентов в системе. Полученную суспензию разделяли фильтрованием, после чего фильтрат упаривали на водяной бане. Кристаллический продукт подвергали сушке в сушильном шкафу при температуре 90 °С до постоянной массы. Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Влияние концентрации гексафторкремниевой кислоты на выход гексафторсиликата цинка

Концентрация H_2SiF_6 , мас.%	Выход гексафторсиликата цинка, мас.%	Примечание
5	93,9	Выпадение кристаллов $\text{ZnSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ из его раствора не обнаружено
10	95,1	
15	96,7	
20	97,2	
25	–	Высокая вязкость суспензии. Перемешивание затруднительно. Наблюдается выпадение кристаллов $\text{ZnSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
30	–	
35	–	
40	–	
45	–	

Таблица 2. Выход гексафторсиликата цинка в зависимости от режима синтеза (мас.%)

Избыток H_2SiF_6 против стехиометрического количества, мас.%	Температуры синтеза, °С				
	30	50	70	90	110
0	78,6	88,3	93,7	90,4	87,1
2	82,4	89,5	97,2	93,3	88,2
4	83,6	90,7	97,6	92,8	88,5
6	83,8	91,9	97,7	93,0	90,3

Таким образом, в результате проведенных исследований оптимизирован режим синтеза гексафторсиликата цинка. Установлено, что оптимальными параметрами синтеза являются концентрация гексафторкремниевой кислоты – 18–22%; избыток гексафторкремниевой кислоты против стехиометрического количества – 1,5–3,0 %; температура синтеза – 70–80 °С; время синтеза – 30–40 мин.

Рентгенографический анализ образца, полученного по оптимальному режиму, показал, что основной фазой является $\text{ZnSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

На следующем этапе работы была проведена серия экспериментов по оптимизации режима поверхностной обработки цементного камня водным раствором гексафторсиликата цинка, т. е. определена кратность пропитки и концентрация раствора ZnSiF_6 для каждого слоя.

Для проведения испытаний были изготовлены образцы-кубики с размером ребра 20 мм из цементно-песчаного раствора. Раствор состоял из цемента производства ОАО «Красносельскстройматериалы» марки ПЦ 500-Д0 (ГОСТ 10178–85) и песка (ГОСТ 8736–93) (Ц: П= 1:3) с водоцементным отношением 0,43. После 28-суточного твердения образцов во влажных условиях их подвергали сушке в сушильном шкафу при температуре 80 °С до постоянной массы. Затем сухие цементно-песчаные образцы пропитывались водными растворами гексафторсиликата цинка путем погружения их в раствор.

При разработке пропиточного состава на основе гексафторсиликата цинка проводили оценку защитных свойств комплексно по величине и изменению во времени показателей водопоглощения образцов, предела прочности при сжатии и морозостойкости. Полученные результаты представлены в табл. 3 и 4. В качестве контрольных использовались образцы без пропитки и обработанные составом «Сифтом».

Таблица 3. Водопоглощение и прочность на сжатие образцов, пропитанных раствором гексафторсиликата цинка

Кратность пропитки / концентрация раствора, мас. %		Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, МПа
Контрольные образцы (без пропитки)		–	3,8
Гексафторсиликат цинка	1 / 5; 2 / 10	3,6	31,6
	1 / 5; 2 / 15	3,2	33,9
	1 / 10; 2 / 15	3,3	33,0
	1 / 10; 2 / 20;	3,4	32,1
	1 / 10; 2 / 25	3,5	30,4
	1 / 5; 2 / 10; 3 / 15	3,3	29,8
Сифтом (гексафторсиликат магния)		1 / 5; 2 / 15	3,0

Из приведенных результатов исследования видно, что оптимальным режимом обработки является пропитка в два приема 5%-м и 15%-м раствором гексафторсиликата цинка.

Таблица 4. Морозостойкость образцов, пропитанных по оптимальным режимам растворами гексафторсиликата цинка и магния

Образцы	Морозостойкость (количество циклов замораживания-оттаивания)
Контрольный образец (без пропитки)	341
Гексафторсиликат цинка	486
Сифтом (гексафторсиликат магния)	502

Из приведенных результатов исследования видно, что поверхностное флюатирование позволяет улучшить эксплуатационные свойства бетонных изделий. Установлено, что при пропитке образцов из цементно-песчаного раствора достигается снижение водопоглощения на 8–10% по сравнению с контрольными и, как следствие, повышение прочности при сжатии на 15–20% и морозостойкости на 30–40%.

Предварительные экономические расчеты показали, что себестоимость гексафторсиликата цинка, полученного из техногенного сырья, будет снижена в 1,2–1,5 раза, по сравнению с гексафторсиликатом магния отечественного производства.

Выводы. Совокупность изученных свойств позволяет утверждать, что предлагаемое средство защиты бетона и железобетона на основе гексафторсиликата цинка является достаточно эффективным и целесообразным для использования на практике.

Литература

1. Кенеке, Р. Защита поверхности бетона / Р. Кенеке. – М.: Стройиздат, 1981. – 104 с.
2. Степанова, В. Ф. Анализ современного состояния и перспективы получения долговечных модифицированных бетонов / В. Ф. Степанова, Н. К. Розенталь // Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее: труды Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 14–17 октября 2003 г. / Российский химико-технологич. ун-т им. Д. М. Менделеева. – Москва, 2003. – Т. 5. – С. 156–161.
3. Шейнин, А. М. Об эффективности вторичной защиты дорожного бетона / А. М. Шейнин, С. В. Эккель // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2004. – № 1. – С. 19–23.
4. Степанова, В. Ф. Новые эффективные материалы для вторичной защиты железобетонных конструкций / В. Ф. Степанова, С. Е. Соколова, А. Л. Полушкин // Бетон и железобетон – пути развития: научные труды 2-й Всероссийской (Международной) конф. по бетону и железобетону, Москва, 05–09 сентября 2005 г. – М.: Дипак, 2005. – Т. 4. – С. 509–511.
5. Защитные составы для борьбы с коррозией бетона в агрессивных средах / А. В. Минин [и др.] // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 09–10 ноября 2000 г. – Минск, 2003. – С. 233–235.
6. Рекомендации по защите от коррозии стальных и железобетонных строительных конструкций лакокрасочными покрытиями / под ред. В. Ф. Степановой. – М.: Стройиздат, 1973. – 146 с.
7. Некоторые результаты испытаний бетона, обработанного раствором флюата $MgSiF_6$ / В. Д. Гринев [и др.] // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров в РБ: сб. ст. – Минск: редакция журнала «Тыздзень», 2000. – С. 54–56.
8. Способ получения гексафторсиликата магния: патент 7658 Республики Беларусь, МПК⁷ С 01В 33/10 / М. И. Кузьменков [и др.]; заявитель Белорусский гос. технологический университет. – № а 20030011; заявл. 08.01.2003; опубл. 13.09.2005.
9. Трахимчик, О. Е. Повышение эксплуатационных свойств бетона обработкой раствором на основе гексафторсиликата магния: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.11; 05.17.01 / О. Е. Трахимчик. – Минск, 2006. – 261 с.
10. Хотянович, О. Е. Флюатирование – эффективный способ повышения эксплуатационных свойств бетона / О. Е. Хотянович, М. И. Кузьменков // Строительная наука и техника. – 2011. – № 4 (37). – С. 21–24.

FLUATS BASED ON FLUOSILIKATES OF ZINC TO ENHANCE THE DURABILITY OF CONCRETE

This article deals with the developing of impregnation solution on basis of hexafluorosilicate of zinc for treatment of concrete and ferroconcrete products to improve their durability. Estimation of the protective properties of solutions was conducted fully by volume and time variation of the following characteristics: compressive strength, resistance to frost, water absorption. The developed solution is highly competitive with their analogue «SIFTOM» (Republic of Belarus).