

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛЕВОГО ОТХОДА В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНА

Хотянович Оксана Евгеньевна, кандидат технических наук, Белорусский государственный технологический университет, Республика Беларусь, г. Минск, *okhotyanovich@rambler.ru*

В статье представлены результаты по разработке комплексной химической добавки для бетона, обладающей эффектами пластифицирования и ускорения твердения. Выполненные исследования позволили установить оптимальный состав комплексной химической добавки, основными компонентами которой являются суперпластификатор С-3 и ускоритель твердения – отход производства полиамидного волокна. Введение указанной добавки в состав смеси способствует увеличению предела прочности при сжатии в марочном возрасте на 35–70 %, снижению водопоглощения на 15–20 %, повышению морозостойкости на 60–70 циклов по сравнению с контрольным образцом. Проведенные исследования показали возможность использования солевого отхода в составе комплексной химической добавки для улучшения эксплуатационных свойств как сборного, так и монолитного бетона.

Ключевые слова: солевой отход, бетон, химическая добавка, суперпластификатор, ускоритель твердения, прочность, морозостойкость, водопоглощение.

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF THE USE OF SALT WASTE IN THE COMPOSITION OF COMPLEX CHEMICAL ADDITIVE FOR CONCRETE

Khotyanovich O. E.

The article presents the results on the development of a comprehensive chemical additives for concrete, has the effect of accelerating the hardening and ductility. Completed the Exploration allowed to establish the optimal composition of complex chemical additive, bases-governmental components are superplasticizer C-3 and hardening accelerator – waste production of polyamide fiber. Introducing said additive into the mixture increases in compressive strength at age vintage 35–70%, reduce water absorption by 15–20%, for improving the frost resistance 60–70 cycles compared with con-controlling pattern. Studies have shown the possibility of using salt waste as part of a complex chemical additive to improve the operational properties of both precast and solid concrete.

Key words: salt waste, concrete, chemical additive, supersoftener, hardening accelerator, strength, frost-resistance, water absorption.

Введение. Бетон третьего тысячелетия – это модифицированный бетон. В современной технологии бетона химические добавки являются таким же обязательным компонентом бетонной смеси, как вяжущее вещество, заполнители и вода. Как показала практика, использование добавок позволяет получить ощутимый технико-экономический эффект и повысить долговечность бетонных конструкций и инженерных сооружений, возводимых как из сборного, так и монолитного бетона. Вводимые в небольших количествах – десятых и сотых долях процента от массы цемента – они существенно влияют на химические процессы гидратации и твердения цемента и бетона, обеспечивая повышение его технологических и улучшение комплекса физико-механических свойств. Опыт применения модификаторов бетона показывает, что наиболее перспективным является использование комплексных добавок, поскольку монодобавки могут оказывать не только положительное влияние на свойства бетонов и растворов, но и отрицательное, что снижает их эффективность. В связи с этим для повышения эффективности применения однокомпонентных модификаторов различного назначения требуется введение компонентов, которые могли бы локализовать отрицательное действие монодобавок или усилить желаемый эффект.

Результаты. Потребность в комплексных химических добавках в Беларуси покрывается за счет импорта из Чехии, Китая, США, Германии и других стран, поскольку спектр добавок отечественного производства невелик. Однако данные химические добавки широкого распространения не получили по причине высокой стоимости.

В связи с вышесказанным целью исследований является оценка возможности использования солевого отхода в составе комплексной химической добавки, обеспечивающей пла-

стифицирующий эффект без замедления сроков схватывания бетонных и растворных смесей.

В составе комплексной добавки полифункционального действия был использован суперпластификатор С-3, являющийся эффективным разжижителем бетонных смесей и получивший широкое распространение в строительной практике. Однако, как показывает опыт, пластифицирующие добавки существенно замедляют сроки схватывания бетонных и растворных смесей, в связи с чем большинство импортных полифункциональных модификаторов содержат ускоритель твердения либо специально подобранную смесь ускорителей. В настоящей работе для ускорения темпов набора прочности цементного камня использовали отход производства полиамидного волокна филиала «Завод Химволокно» ОАО «Гродно Азот», который образуется в результате очистки технологического оборудования и представляет собой обезвоженную смесь карбоната и нитрита натрия (таблица 1) [1]. Нитрит-карбонатный отход в настоящее время практического применения не имеет.

Таблица 1 – Химический состав нитрит-карбонатного отхода производства полиамидного волокна

Наименование компонента	Содержание, мас. %
Карбонат натрия ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	68–71
Нитрит натрия (NaNO_2)	28–31
Водонерастворимые соединения	менее 1

Для проведения испытаний были изготовлены образцы-кубы с размером ребра 70 мм из бетонной смеси следующего состава, кг/м³: цемент – 350, щебень – 1220, песок – 750. Использовались портландцемент производства ОАО «Красносельскстройматериалы» марки ПЦ 500–Д0, кварцевый монофракционный песок, гранитный щебень фракции 5–20 мм, водоцементное отношение в бетонной смеси составило 0,43. В качестве контрольного использовали образцы бетона без добавок. Химические добавки вводились в воду затворения.

Задача получения высокоэффективных комплексных модификаторов заключается в рациональном использовании особенностей влияния отдельных компонентов добавки на гидратацию цементной системы с целью достижения высоких многофункциональных эффектов. В связи с этим на первом этапе исследования изучали влияние монодобавок на предел прочности при сжатии цементно-песчаных образцов в разные сроки твердения (таблицы 2 и 3).

Из таблицы 2 видно, что с увеличением содержания пластифицирующей добавки С-3 (без корректировки воды затворения) предел прочности при сжатии цементно-песчаных образцов в раннем возрасте уменьшается по отношению к контрольному образцу. Очевидно, это связано с тем, что молекулы поверхностно-активных веществ, содержащихся в суперпластификаторе С-3, адсорбируясь на поверхности цементных частиц и гидратных новообразований, «блокируют» их активные участки, замедляя начальные процессы гидратации и, как следствие, твердения цемента. Особенно это выражено у цементно-песчаных образцов суточного возраста. Однако уже в более поздние сроки твердения наблюдается существенный рост прочности по сравнению с контрольным образцом, что согласуется с литературными источниками [2]. Наибольший прирост механической прочности в возрасте 28 сут (15–20 %) достигается при содержании добавки С-3 в количестве 0,5–1,0 % по сравнению с контрольным образцом.

Таблица 2 – Влияние пластифицирующих добавок на предел прочности при сжатии цементно-песчаных образцов

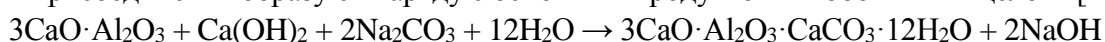
Содержание суперпластификатора С-3, % от массы цемента	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут			
	1	3	7	28
0 (контрольный)	13,5	16,9	22,3	24,7
0,5	14,8	17,7	26,6	29,6
1,0	12,6	18,3	26,0	27,8
1,5	10,1	19,1	24,2	26,1
2,0	8,3	19,1	23,7	24,2

Таблица 3 – Зависимость предела прочности при сжатии цементно-песчаных образцов от содержания ускорителя твердения

Содержание нитрит-карбонатного отхода, % от массы цемента	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут		
	1	3	7
0 (контрольный)	13,5	16,9	22,3
0,1	20,1	23,1	33,7
0,5	16,2	21,3	31,1
1,0	15,6	17,3	20,7
1,5	14,9	15,6	14,8
2,0	14,9	15,1	15,0

Из таблицы 3 видно, что оптимальным количеством является содержание отхода производства полиамидного волокна 0,1–0,5 % от массы цемента, которое приводит к существенному росту прочности в начальные сроки твердения (1 сут). Известно, что добавки органического происхождения в большинстве своем не изменяют состава продуктов гидратации цементных минералов и влияют в основном на скорость кристаллизационных и конденсационных процессов и структуру гидратов, в то время как неорганические модификаторы влияют на изменение фазового состава продуктов гидратации цементного камня. Так, исследуя гидратацию клинкерных минералов в присутствии солей, авторы [2–4] отмечают, что при гидратации $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $\beta\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ в водных растворах карбоната и нитрита натрия образуется гидросиликат кальция CSH (II), переходящий со временем в CSH (I). Причем карбонат натрия в данном случае существенно ускоряет гидратацию белитовой фазы. Кроме того, в результате взаимодействия Na_2CO_3 с выделяющимся в результате гидратации алита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ образуется карбонат кальция, который коагулирует поры цементного камня, что положительно сказывается на его физико-механических свойствах.

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ в растворах с добавкой карбонатов и нитритов щелочных металлов гидратируются с образованием гидрокарбоалюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и гидронитриалюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Соли натрия и калия, при условии поступления в жидкую фазу гидроксида кальция, в результате реакции присоединения образуют наряду с основным продуктом и побочный – щелочь [2–4]:



В результате указанных процессов происходит быстрое формирование первичного структурного каркаса, который заполняется образующимися гидросиликатами кальция, что приводит к его уплотнению и способствует повышению прочности цементного камня.

В более поздние сроки твердения (7 сут) разница между пределом прочности при сжатии цементно-песчаных образцов в присутствии нитрит-карбонатного отхода и контрольным (без добавки) значительно меньше, а в отдельных случаях прочность последнего выше. Очевидно, выделяющийся гидроксид натрия снижает скорость гидратации алита, что приводит к замедленному темпу набора прочности в поздние сроки твердения [2, 4].

На основании полученных результатов выбраны составы комплексной добавки, которые использовались для определения предела прочности при сжатии цементно-песчаных образцов (таблица 4).

Из приведенных результатов видно, что оптимальными составами являются № 4, 8–10, поскольку они обеспечивают значительный прирост прочности и в ранние сроки твердения, и в марочном возрасте по сравнению с контрольным образцом.

Оптимальные составы комплексных химических добавок использовались для изучения свойств цементного теста и камня: начала схватывания, морозостойкости и водопоглощения (таблица 5).

В результате выполненных исследований установлено, что начало схватывания цементного теста, содержащего пластификатор С-3, наступает через 240 мин, что объясняется замедлением процессов гидратации и твердения цемента, прежде всего вследствие экрани-

рования его зерен адсорбционными слоями [3]. Разработанные комплексные добавки не только компенсируют нежелательный эффект – увеличение времени схватывания, но и значительно сокращают его (таблица 5). Так, наименьшее значение начала схватывания цементного теста составляет 110 мин для состава № 3, однако оно в полной мере соответствует требованиям ГОСТ 10178 и СТБ EN 197.

Таблица 4 – Влияние комплексной химической добавки на предел прочности при сжатии цементно-песчаных образцов

№ п/п	Вид и содержание компонента добавки, % от массы цемента		Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут			
	суперпластификатор С-3	нитрит-карбонатный отход	1	3	7	28
1	Контрольный образец (без добавки)		13,5	16,9	22,3	28,5
2	0,5	0,1	25,8	31,6	34,3	30,6
3	0,5	0,3	28,1	36,5	43,3	36,3
4	0,5	0,5	30,5	38,2	51,9	42,1
5	1,0	0,1	22,0	28,5	42,0	30,1
6	1,0	0,3	23,7	29,8	43,6	37,1
7	1,0	0,5	25,0	30,3	44,6	39,8
8	1,5	0,1	20,9	33,6	39,6	39,4
9	1,5	0,3	25,3	34,5	40,3	42,5
10	1,5	0,5	28,8	40,4	50,8	50,2

Таблица 5 – Свойства цементного теста и камня, содержащих комплексную химическую добавку

№ состава	Начало схватывания, мин	Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
1	180	7,3	76
3	110	5,7	140
8	140	6,0	139
9	140	6,1	137
10	150	5,8	143

Исследования показали, что структура цементно-песчаных образцов с комплексными добавками, формирующими первичный структурный каркас, характеризуется более высокими физико-механическими свойствами (предел прочности при сжатии в ранние сроки и марочном возрасте на 35–70 % выше, чем у контрольного) и пониженной пористостью за счет образования труднорастворимых соединений, уплотняющих цементный камень. Так, водопоглощение, косвенно характеризующее пористость цементного камня, на 15–20 % ниже контрольных образцов, что приводит к увеличению морозостойкости.

Заключение. На основании полученных экспериментальных данных установили, что оптимальный состав комплексной химической добавки включает 1,5 % С-3 и 0,5 % нитрит-карбонатного отхода производства полиамидного волокна. Введение указанной добавки в состав смеси способствует увеличению предела прочности при сжатии в марочном возрасте на 35–70 %, снижению водопоглощения на 15–20 %, повышению морозостойкости на 60–70 циклов по сравнению с контрольным образцом. Кроме того, использование в составе комплексной добавки нитрит-карбонатного отхода позволит не только снизить стоимость продукта, но и решить важную экологическую проблему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафончик Д. И. Химический состав модификатора цементных систем, полученного в условиях ПТК «Химволокно» / Д. И. Сафончик // Вестник Брестского государственного технического университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2013. – № 1. – С. 86–88.
2. Рамачандран В. С. Добавки в бетон / В. С. Рамачандран [и др.]. – М. : Стройиздат, 1988. – 575 с.
3. Ратинов В. Б. Добавки в бетон / В. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг. – М. : Стройиздат, 1973. – 208 с.
4. Касторных Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы / Л. И. Касторных. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 221 с.