

Технология основана на современных достижениях в области так называемой «трехмерной печати». В настоящее время эта технология интенсивно внедряется и в другие отрасли производства, в том числе в строительство. Однако эта технология основана на непосредственной укладке быстротвердеющего бетона в монолитную конструкцию дома или дорожного покрытия специальным принтером, размеры которого превышают размеры возводимого сооружения [5]. При помощи 3D-принтера возможна укладка бетонной смеси по технологии выращивания, что позволяет создавать покрытие послойно (рис. 3), соблюдая все нормы и требования. Это обеспечит быстрые темпы строительства, большой запас надежности, минимизацию ручного труда.



Рис. 3. Дорожное основание в разрезе

В заключение можно сделать вывод, что трехмерную печать ждет серьезный скачок уже в ближайшее время. Упростятся 3D-редакторы, удешевится 3D-печать, сами принтеры станут компактнее, улучшатся свойства используемых материалов. Кроме того, сегодня 3D-принтеры востребованы при производстве деталей для малосерийного производства, мелких объектов для домашнего использования, сувениров. Следовательно, в скором будущем появятся малогабаритные 3D-принтеры для строительства дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчет строительных конструкций на основе моделирования. – М., 1965. – 3 с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http //www.ru.wikipedia.org](http://www.ru.wikipedia.org).
3. Ли, Дж. Трёхмерная графика и анимация / Дж. Ли, Б. Уэр. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2002. – 640 с.
4. Херн, Д. Компьютерная графика и стандарт OpenGL / Д. Херн, М.П. Бейкер. – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1168 с.
5. Иванов, В.П. Трёхмерная компьютерная графика / В.П. Иванов, А.С. Батраков; под ред. Г.М. Полищука. – М.: Радио и связь, 1995. – 224 с.

УДК 666.972.135

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Т.Г. ЕРМОЛАЕВА, К.А. КОСТЮРИНА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Ю.И. КИРЕЕВА)

Исследуется влияния химических добавок: пластифицирующей С-3 и противоморозной поташа на поверхностные свойства цементных зерен и реологические свойства цементных суспензий. Установлено, что добавка С-3 вызывает дефлокулирующий и пластифицирующий эффект и формирование плотной структуры цементного теста; поташ способствует образованию крупных агрегатов, повышает жесткость смеси и обеспечивает формирование объемной, рыхлой структуры водоцементной системы.

Всё возрастающие объемы монолитного круглогодичного строительства и все увеличивающееся внимание к дорожному бетонированию, позволяющему получить более долговечное и экологически безопасное покрытие по сравнению с битумным, требуют применения специальных технологий производства бетонных работ. Особенность зимнего бетонирования связана, прежде всего, с переходом воды в лёд и прекращением реакции гидратации цемента – основного процесса, обеспечивающего получение искусственного камня заданной прочности. Существует достаточно много обогреваемых и безоогреваемых

методов, обеспечивающих сохранность жидкой фазы и позволяющих набирать прочность бетону при отрицательной температуре. Один из них, не требующий дорогостоящих энергозатрат, зарекомендовал свою эффективность многолетней практикой использования – применение противоморозных добавок-антифризов [1; 4].

Установлено, что стоимость производства бетонных работ без обогрева с противоморозными добавками по сравнению со стоимостью производства в летних условиях увеличивается на 8...12 %, в то время как с применением электро- и паропрогрева – на 20...40 %. Степень снижения температуры зависит от химического состава добавки и концентрации раствора, с повышением которой эффект усиливается. Одной из наиболее эффективных добавок, не вызывающих коррозию арматуры, является поташ (карбонат калия), позволяющий получить раствор, температура замерзания которого составляет до минус 30 °С.

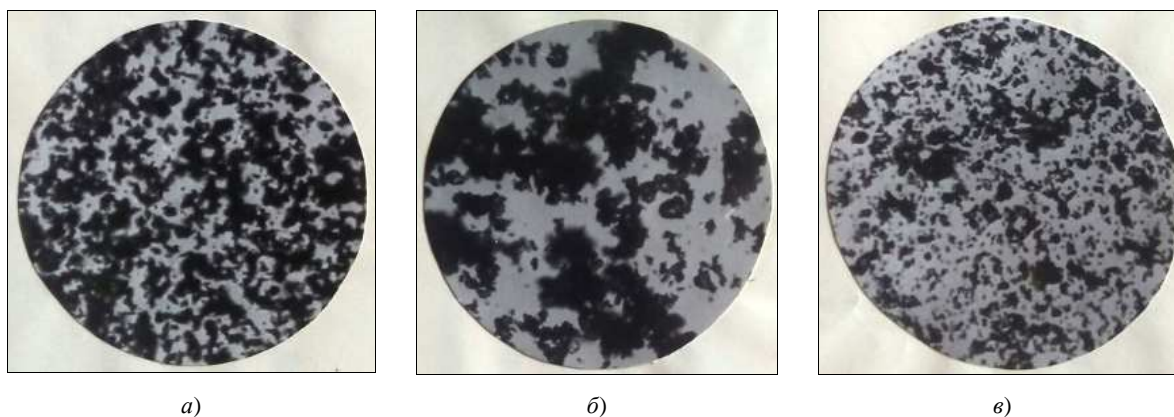
В условиях летнего бетонирования технология производства бетонных работ должна учитывать пониженную влажность и высокую температуру воздуха. Процесс гидратации цемента резко ускоряется, что приводит к уменьшению жизнеспособности бетонной смеси, быстрой потере ее удобоукладываемости и возможному появлению деформационных трещин на поверхности бетонных конструкций и покрытия, снижающих их эксплуатационные свойства и долговечность в целом. В последнем случае опасность усиливается вследствие большой площади испаряющей поверхности дорожного полотна. Проблема испарения воды решается путем укрытия отбетонированной поверхности, например, пленочным материалом. Регулировать удобоукладываемость бетонной смеси можно за счет увеличения содержания цемента при постоянном В/Ц или путем увеличения расхода воды при неизменном содержании цемента. В первом варианте повысится тепловыделение, усадочные деформации, во втором – за счет содержания «лишней» воды, не участвующей в реакции гидратации, увеличится пористость и, как следствие, понизятся прочность, морозостойкость и водонепроницаемость [2].

Применение добавок суперпластификаторов позволяет получить жизнеспособную, высокоподвижную, связную бетонную смесь без водоотделения и потери прочности бетоном в нормированные сроки – 28 суток. Введение суперпластификатора, как правило, замедляет схватывание и твердение бетона в начальный период. Степень эффективности действия суперпластификаторов на удобоукладываемость бетонной смеси зависит от типа суперпластификатора, его количества, времени ввода в бетонную смесь – сразу с водой затворения или со второй порцией после предварительного перемешивания – водоцементного отношения, количества и вида заполнителя и температуры окружающей среды. Суперпластификаторы представляют собой органические вещества коллоидного размера с большим количеством полярных групп в цепи, обеспечивающих им гидрофильные свойства. Адсорбируясь на поверхности цемента, добавка способствует образованию водных сольватных оболочек вокруг цементных зерен, вызывающих уменьшение предельного напряжения сдвига, диспергирующее отталкивающее действие и, как следствие, повышение пластичности смеси и замедление ее схватывания [3].

В связи с вышеизложенным в работе исследовали влияние неорганической противоморозной добавки-поташа и органической суперпластификатора С-3 на поверхностные свойства цемента и реологические водоцементных систем.

Влияние добавок на поверхностные свойства вяжущего изучалось на цементных суспензиях состава Ц:Р = 1:5 по скорости седиментации цементных зерен, плотности образованного осадка и с использованием поляризационного микроскопа в проходящем свете, степень увеличения $\times 90$. В качестве воды затворения использовали воду (контрольный состав), раствор поташа из расчета реально используемых 5 и 10 % от расхода цемента и водный раствор С-3 – 0,3 и 0,6 % по сухому веществу от массы цемента.

Результаты эксперимента проиллюстрированы рисунком и таблицей.



Влияние добавок на флокуляцию цементных зерен:
а – без добавки; б – 10 % поташ; в – 0,6 % С-3

Влияние добавок на свойства цементных суспензий

Вид добавки	Количество добавки, % от цемента	Время оседания, мин	Плотность осадка, г/см ³	Осадка конуса, см	Диаметр расплыва, см
б/д	–	15	2,84	0,95	4,5
С-3	0,3	360	3,79	5,25	9,1
	0,6	360	3,81	5,55	9,8
Поташ	5	12	2,32	0,36	4,0
	10	10	2,25	0,20	3,7

Видим, что введение пластифицирующей, гидрофильной добавки вследствие образования на поверхности цементных зерен сольватных оболочек вызывает дефлокуляцию цементных зерен, их медленное оседание и образование плотного осадка (по сравнению с водной системой).

В растворе электролита повышение щелочности вызывает резкое снижение гидратации поверхности цементных зерен, усиливающееся при повышении концентрации. В результате происходит слипание цементных частиц в крупные агрегаты, коагуляция крупных флокул размером до 300 мкм, быстрое, беспорядочное оседание под действием собственного веса и, как следствие, образование рыхлого, объемного осадка, что видно из рисунка и таблицы.

Следовательно, резкое уменьшение поверхности соприкосновения вяжущего и водного раствора может вызвать такие отрицательные эффекты, как расслоение и водоотделение в цементных системах, приводящих к формированию дефектной, пористой структуры искусственного камня, снижение его долговечности.

Влияние добавок на пластичность смеси оценивали с использованием стандартного мини-конуса ($d_b = 2$ см, $d_n = 4$ см, $h = 6$ см) по осадке и расплыву цементного теста ($B/C = 0,5$).

Анализ полученных данных (таблица) подтверждает пластифицирующий эффект добавки С-3, облегчающий взаимное скольжение частиц, окруженных гидратной оболочкой, по отношению друг к другу, который усиливается с увеличением ее концентрации. Добавка поташа снижает плотность осадка и повышает жесткость смеси.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы:

- природа добавок, их химический состав оказывают решающее влияние на поверхностные свойства цементных зерен;
- суперпластифицирующая, гидрофильная добавка С-3, адсорбируясь на поверхности цементных зерен, вызывает их диспергирование;
- дефлокулирующий эффект, наблюдаемый при вводе добавки С-3, способствует пластификации смеси и образованию плотного осадка;
- щелочная, противоморозная добавка-поташ вызывает образование крупных агрегатов – флокул, быстрое оседание которых приводит к образованию рыхлого, объемного осадка;
- влияние добавок на устойчивость пластичных цементных систем окажет решающее влияние на формирование структуры искусственного камня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добавки для бетонов. Общие технические условия: СТБ 1112-98. – Введ. 18.06.1998. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 1998. – 23 с.
2. Бабаев, В.А. Исследование реологических свойств цементного теста с суперпластификатором С-3 / В.А. Бабаев // Реология бетонных смесей и ее технологические задачи: тез. докл. IV Всесоюз. симпозиум; Рижский политехн. ин-т; под ред. Г.Я. Куннос. – Рига, 1982. – С. 58–60.
3. Шипулин, А.А. Реологические свойства цементного теста с суперпластификатором С-3 / А.А. Шипулин // Реология бетонных смесей и ее технологические задачи: тез. докл. IV Всесоюз. симпозиум; Рижский политехн. ин-т; под ред. Г.Я. Куннос. – Рига, 1982. – С. 75–76.
4. Курбатова, И.И. Влияние сульфата и карбоната калия на кинетику изменения состава жидкой фазы и структуру цементных паст / И.И. Курбатова // Физико-химические исследования цементного камня и бетона: тр. НИИЖБ, 1972. – М.: Госстройиздат. – Вып. 7. – С. 23–25.
5. Ратинов, В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1977. – 210 с.