

УДК 666.97.015

И.В. СТЕПАНЕНКО

**ТВЕРДЕНИЕ БЕТОНОВ
В УСЛОВИЯХ КОНТАКТНОГО ПОДВОДА ТЕПЛА**

Исследован процесс структурообразования цементных систем в условиях контактного подвода тепла. Представлены технологические меры повышения свойств и однородности прогреваемого бетона (железобетона).

Ключевые слова: цементное тесто, бетоны, тепловая обработка, усадочные процессы, контракция, структурообразование, трещиностойкость, однородность бетонов, плечный нагреватель, повторная вибрация.

Известно, что тепловой обработке железобетонных изделий, производимой путем контактного подвода тепла, свойственны как положительные (ускорение твердения, повышение оборачиваемости технологического оборудования и производительности линий и др.), так и негативные (недобор прочности, обезвоживание открытых поверхностей, трещинообразование бетона, неоднородность свойств конструкции по объему) аспекты. Безусловно, один из важнейших деструктивных факторов — неоднородность распределения теплового поля в массиве композита, соответственно неизбежен градиент тепломассообменных и экзотермических явлений [1, 2]. При этом особую роль играет различная интенсивность контракционных проявлений в различных микрообъемах цементного камня [3], приводящая к неравномерной усадке, нарушению сплошности твердеющего материала и микротрещинообразованию.

Одним из ярких параметров косвенной оценки контракционного эффекта, обеспечивающего изменение структурных связей цементной системы, является пластическая прочность. В связи с этим автором выполнен эксперимент, заключающийся в изучении кинетики структурообразования в характерных точках прогреваемого цементного материала.

Цель работы — уточнение взаимосвязи «температура — характер структурообразования» для более полного представления физической сущности деструктивных процессов и разработки соответствующих практических мер повышения свойств и однородности прогреваемого бетона (железобетона).

В качестве вяжущего использовали новороссийский ПЦ500-Д20 и обычную, питьевую воду. Применяли приготовленное стандартным методом цементное тесто с В/Ц = 0,26 и 0,30. Для проведения работ использовали специально изготовленную из экструдированного пенополистирола форму с внутренними размерами 350×120×100 мм, оборудованную продольной греющей стенкой посредством пленочного нагревателя. Форма условно разделена по ширине на три зоны (2, 6 и 9 см от нагревателя) с вмонтированными беспроводными термохронами (с точностью замеров ±0,2 °С). Уложенное в форму, тщательно уплотненное на виброплощадке и накрытое полистирольной крышкой цементное тесто после

30-минутного¹ выдерживания прогревали по заданному контроллером температурному режиму. С интервалом 5 мин (с момента начала прогрева) коническим пружинным пластометром в комплекте с прессом ПСУ-10 по методике [4] через специально предусмотренное в крышке закрывающееся окно погружали конус и определяли величину пластической прочности. Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 1.

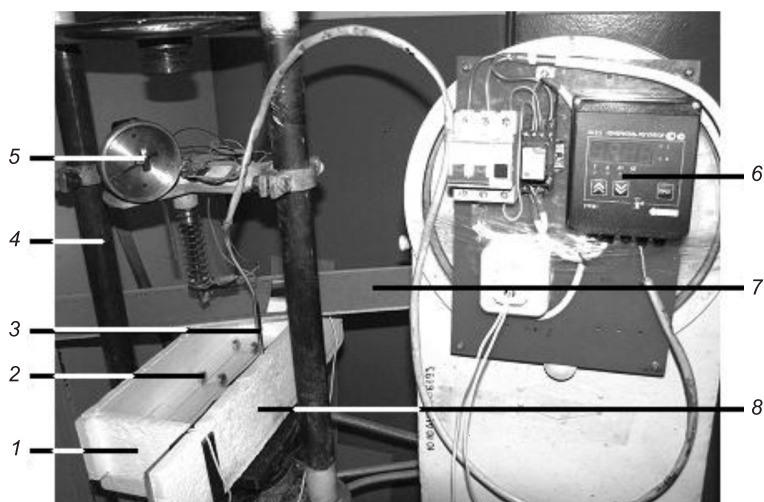


Рис. 1. Общий вид термопластметрической установки
1 — форма; 2 — термохрон; 3 — термопара контрольная; 4 — пресс гидравлический; 5 — пластометр пружинный; 6 — контроллер; 7 — крышка; 8 — стенка с нагревателем

Анализируя полученные результаты (рис. 2, 3), отметим:

1) даже при столь «тепличных» условиях эксперимента разброс температуры достигает 25...30 °С, причем через 1,5...2,0 ч прогрева устанавливался относительно стационарный температурный режим прогрева, обусловленный неизбежными и стабильными теплопотерями формы;

2) величина водозатворения, изменяя теплофизические свойства цементных составов, заметно влияет на режим прогрева, обеспечивая повышенные температурные параметры твердения вяжущего при низких значениях водоцементного фактора и наоборот;

3) просматривается вполне закономерная взаимосвязь влияния температуры на интенсивность структурообразования: в прилегающем к нагревателю слое наблюдаются значительно более высокая температура и скорость набора пластической прочности по сравнению с удаленными зонами;

4) пластограммы имеют восходящий вид с отчетливо выраженными переломными точками, свидетельствующими о протекающих в данные моменты быстротечных структурных перестройках, что вполне согласуется с положением о стадийном характере твердения цементных систем²;

5) стадийность потребления цементными минералами порций воды затворения приводит к развитию в межзерновых пустотах вакуума, опре-

¹ Продолжительность предварительного выдерживания цементных составов принята применительно к технологии объемных элементов на Краснодарском ЗАО «ОБД».

² Пшеничный Г.Н. Хроническая проблема бетоноведения // Техника и технология силикатов. 2011. Т. 18, № 3. С. 4–11.

деляющего стяжение клинкерных частиц, что и регистрируется моментами «лавинообразного» упрочнения системы;

б) имеющий место температурный перепад по объему прогреваемого контактным методом бетона связан с различной интенсивностью гидратационных процессов в различных зонах композита, градиентом усадочных деформаций и микротрещинообразованием.

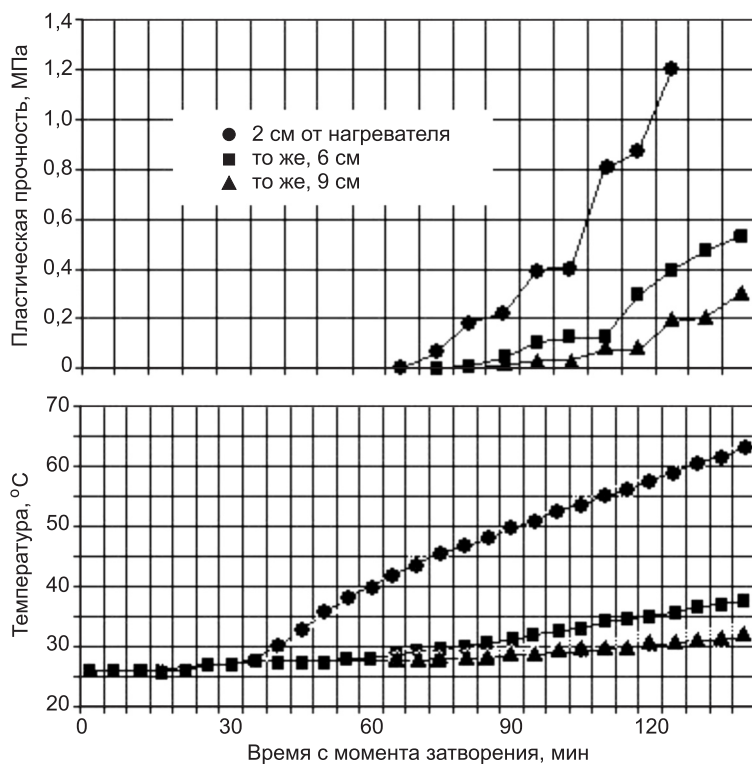


Рис. 2. Кинетика пластической прочности и температуры в различных зонах прогреваемого образца с В/Ц = 0,26

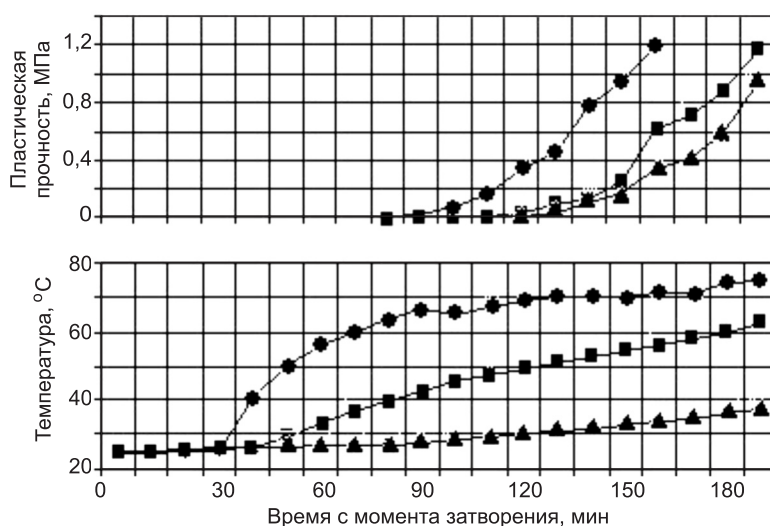


Рис. 3. Кинетика пластической прочности и температуры в различных зонах прогреваемого образца с В/Ц = 0,30

Услов. обозн. см. на рис. 2

Таким образом, наряду с вышеотмеченными массообменными и экзотермическими явлениями огромную деструктивную роль в снижении прочности прогреваемого бетона играют неравномерно протекающие гидратационные, структурообразующие и усадочные процессы, соответственно образование микротрещин. Для повышения прочности и однородности бетонов следует использовать комплекс технологических приемов, способствующих снижению величины температурных неоднородностей при тепловой обработке (использование двустороннего подвода тепла, разработка системных контроллеров теплового поля, разработка моделей передачи тепла в зависимости от параметров бетонной смеси). Особое внимание следует уделять силовым активационным приемам, например, повторному (циклическому) вибрированию, позволяющему частично «залечить» неизбежные микродефекты и существенно повысить прочность контактной зоны бетонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миронов, С.А. Ускорение твердения бетона [Текст] / С.А. Миронов, Л.А. Малинина. — М. : Стройиздат, 1964. — 347 с.
2. Заседателев, И.Б. Тепло-массоперенос в бетоне специальных промышленных сооружений [Текст] / И.Б. Заседателев, В.Г. Петров-Денисов. — М. : Стройиздат, 1973. — 168 с.
3. Малинина, Л.А. Тепловлажностная обработка тяжелого бетона [Текст] / Л.А. Малинина. — М. : Стройиздат, 1977. — 160 с.
4. Пшеничный, Г.Н. Пластометр пружинный [Текст] / Г.Н. Пшеничный, В.П. Ганин, Г.А. Шкатуло // Бетон и железобетон. — 1985. — № 4. — С. 26.

СТЕПАНЕНКО Иван Викторович, асп.

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

Получено 09.07.12

Stepanenko Ivan Viktorovich, post-graduate student, Kuban State University of Technology, Krasnodar, Russia

HARDENING OF CONCRETE IN CONDITIONS OF CONTACT HEAT INPUT

The process of structure formation in cement systems, the contact heat input. Presents technological measures to improve the properties and the homogeneity of the heated concrete (concrete).

Key words: cement paste, concrete, heat treatment, shrinkage processes, contraction, structure, fracture toughness, homogeneity of concrete, a film heater, re-vibration.

REFERENCES

1. Mironov, S.A. Acceleration of concrete hardening [Text] / S.A. Mironov, L.A. Malinina. — M. : Stroyizdat, 1964. — 347 p.
2. Zasedatelev, I.B. Heat-mass transfer in concrete specialty industrial facilities [Text] / I.B. Zasedatelev, V.G. Petrov-Denisov. — M. : Stroyizdat, 1973. — 168 p.
3. Malinina, L.A. Heavy steam curing of concrete [Text] / L.A. Malinina. — M. : Stroyizdat, 1977. — 160 p.
4. Pshenichniy, G.N. Plastometer spring [Text] / G.N. Pshenichniy, V.P. Ganin, G.A. Shkatulo // Concrete and reinforced concrete. — 1985. — N 4. — P. 26.