

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕННЫХ СВОЙСТВ
МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА ПРИ БЕТОНИРОВАНИИ ТОНКОСТЕННЫХ
ИЗДЕЛИЙ ЭЛАСТИЧНЫМИ МЕТАТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ**

**Бабиченко В.Я., к.т.н., доцент, Данелюк В.И., ассистент, Шидловский А.Н.,
аспирант**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина

Основной особенностью технологического процесса бетонирования с помощью эластичных метательных устройств является то, что только перед поступлением в рабочую зону метательного устройства сухая мелкозернистая бетонная смесь, состоящая из зерен цемента и зерен мелкого заполнителя, орошается водой затворения, необходимой для получения конструкционного бетона [1]. Таким образом, из рабочей зоны эластичного метательного устройства готовая бетонная смесь в виде элементарных порций укладывается на бетонируемую поверхность, объединяясь при этом в единое целое - слой свежееуложенного бетона, уплотняемого под воздействием интенсивных ударных импульсов, которыми обладают частицы бетонной смеси, получившие определенную начальную (окружную) скорость в процессе переработки ее эластичными метательными устройствами.

Отмеченная особенность технологического процесса бетонирования позволила установить физико-химические основы повышения физико-механических свойств мелкозернистого бетона с учетом того, что бетонная смесь повышенной жесткости в процессе ее укладки подвергается интенсивным механическим воздействиям. Известно, что такого рода воздействия, прилагаемые к системе цемент-вода в процессе укладки и уплотнения бетонной смеси, активно влияют на процессы структурообразования, твердения и конечной прочности бетона, вызывая их ускорение и способствуя улучшению физико-механических свойств бетона. Степень активации в данном случае зависит от величины ударных импульсов и времени их приложения, исчисляемого от момента затворения сухой бетонной смеси водой или от момента соединения с водой зерен цемента. Необходимая степень интенсивности и оптимальное время приложения ударных импульсов были установлены путем анализа процессов структурообразования, развивающихся в бетонной смеси и свежееуложенном бетоне на ранней стадии его твердения [2].

Когда процессам укладки и уплотнения бетонной смеси предшествует процесс ее приготовления с водой затворения, то в период до начала схватывания система цемент-вода представляет собой суспензию из грубодисперсных (размерами от $<10^{-2}$ см до $>10^{-4}$ см) частиц - зерен цемента, взвешенных в воде. В этой системе с течением времени благодаря процессу гидратации накапливаются коллоидные частицы новообразований (размерами от $>10^{-7}$ см до $<10^{-4}$ см), механизм образования которых изучен и известен [3].

При направленном течении процесса гидратации путем приложения ударных импульсов на ранней стадии структурообразования, первичная структура может быть разрушена принудительно, что создает более благоприятные условия для более полной гидратации цемента [3]. Существенным при этом является характер связей, возникающих между коагулирующими дисперсными частицами, предопределяющий нарастание прочности всей системы цемент-вода при дальнейшем переходе коагуляционной структуры в кристаллизационную.

Таким образом, фиксация дисперсных частиц, в том числе и зерен цемента, при их сближении может происходить на расстояниях - h_{max} или h_{min} (рис. 1) [3], создавая условия для дальней или ближней коагуляции, предопределяющих получение в дальнейшем определенной прочности кристаллизационной структуры. Для фиксации дисперсных

частиц, в том числе и зерен цемента, на расстоянии - h_{min} и создания условий для ближней коагуляции, дисперсные частицы должны обладать кинетической энергией, достаточной для преодоления энергетического барьера - E_{max} (см. рис. 1), обусловленного наличием двойных адсорбционных слоев воды у поверхности дисперсных частиц. Если кинетической энергии дисперсных частиц недостаточно, их фиксация происходит без преодоления энергетического барьера на расстоянии - h_2 при условии, что радиус действия сил Ван-дер-Ваальса больше радиуса действия сил электростатического отталкивания. В этом случае создаются условия для дальней коагуляции на расстоянии - h_{max} . При переходе коагуляционной структуры в кристаллизационную надежные кристаллические контакты срастания между частицами, определяющие повышенную прочность всей системы, возникают между частицами лишь в том случае, когда их фиксация произошла на расстоянии - h_{min} (см. рис. 1) [3].

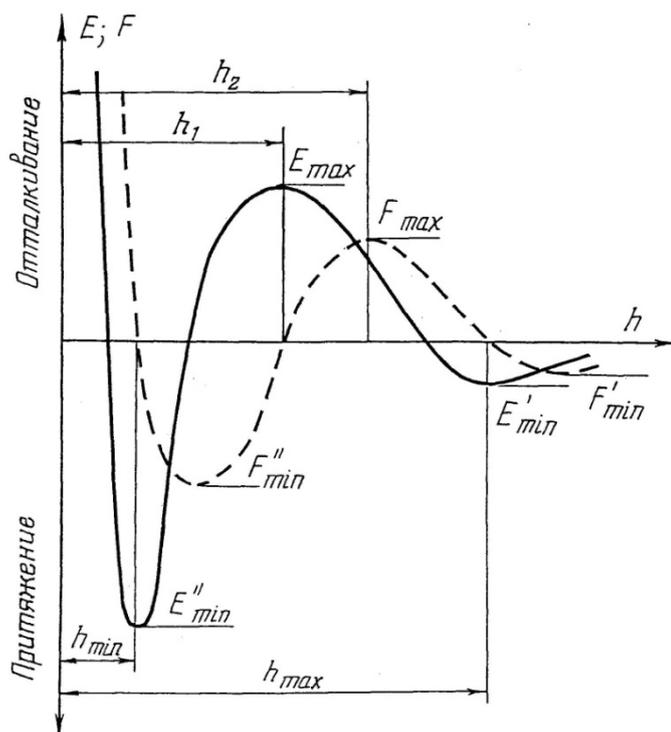


Рис. 1. Характер взаимодействия между частицами дисперсной фазы в зависимости от расстояния между ними [2]:

E – кинетическая энергия, которой обладают дисперсные частицы;

F – отталкивающая сила, действующая между дисперсными частицами;

h – расстояние между двумя дисперсными частицами.

Основы теории сближения дисперсных частиц были использованы нами для объяснения влияния технологических особенностей струйного процесса бетонирования на свойства полученного мелкозернистого бетона. В соответствии с этой теорией и теорией твердения вяжущих веществ определив отталкивающую силу - $F(h)$, действующую между двумя частицами в промежутке - $h_{max} - h_1$, мы можем определить величину энергетического барьера - E_{max} . Величина отталкивающей силы может быть определена по формуле:

$$F_{(h)} = \frac{2d\pi^3 c N_A kT}{8^2 h} - \frac{Ad}{24h^2}, \quad (1)$$

где d – размер частицы, см; c – концентрация раствора в молях на 1 см^3 ;

Интегрированием функции $F(h)$, определяемой по формуле (1) в заданных пределах, находим величину энергетического барьера - E_{max} , максимальное значение которого на расстоянии - h_1 (см. рис. 1) будет равно:

$$E_{max} = \frac{\pi^2 \varepsilon}{4} \left(\frac{kT}{ez} \right)^2 d \ln \frac{0,917}{\aleph h_1} , \quad (2)$$

где

$$\aleph = 1/d$$

$$\aleph K = \frac{8\pi}{e} - \frac{e^2 z^2 c N_A}{kT}$$

$$\aleph h_1 = \frac{2A^2 c N_A e^6 z^6}{9\pi^3 e^3 k^5 T^5}$$

$$E_2 = 3\pi d v V \frac{h_2 - h_1}{2}$$

v

$$h_2 - h_1$$

$$\frac{mV^2}{2} \geq \frac{\pi^2}{4} \varepsilon \left(\frac{kT}{ez} \right)^2 d \ln \frac{0,917}{\aleph h_1} + 3\pi d v V \frac{h_2 - h_1}{2}$$

$$V = \frac{1}{m} \left[1,5\pi d v (h_2 - h_1) \right] + \sqrt{2,25\pi^2 d^2 v^2 (h_2 - h_1)^2 + 2mE_{max}}$$

Таблица 1

Значение энергетического барьера (числитель) и энергии на преодоление силы гидравлического сопротивления при сближении дисперсных частиц (знаменатель), в эргах

Размер частицы, см	Температура ϑ С			
	20	40	60	80
Грубодисперсная фаза – зерна цемента				
	$\frac{7.5 \cdot 10^{-8}}{5.2 \cdot 10^{-11}}$	$\frac{9.3 \cdot 10^{-8}}{3.4 \cdot 10^{-11}}$	$\frac{11.1 \cdot 10^{-8}}{2.6 \cdot 10^{-11}}$	$\frac{13.2 \cdot 10^{-8}}{2.0 \cdot 10^{-11}}$
	$\frac{7.5 \cdot 10^{-9}}{5.2 \cdot 10^{-12}}$	$\frac{9.3 \cdot 10^{-9}}{3.4 \cdot 10^{-13}}$	$\frac{11.1 \cdot 10^{-9}}{2.6 \cdot 10^{-13}}$	$\frac{13.2 \cdot 10^{-9}}{2.0 \cdot 10^{-12}}$
	$\frac{7.5 \cdot 10^{-10}}{5.2 \cdot 10^{-13}}$	$\frac{9.3 \cdot 10^{-10}}{3.4 \cdot 10^{-13}}$	$\frac{11.1 \cdot 10^{-10}}{2.6 \cdot 10^{-13}}$	$\frac{13.2 \cdot 10^{-10}}{2.0 \cdot 10^{-13}}$
Коллоидная фаза				
	$\frac{7.5 \cdot 10^{-11}}{5.2 \cdot 10^{-14}}$	$\frac{9.3 \cdot 10^{-11}}{3.4 \cdot 10^{-14}}$	$\frac{11.1 \cdot 10^{-11}}{2.0 \cdot 10^{-14}}$	$\frac{13.2 \cdot 10^{-11}}{2.0 \cdot 10^{-15}}$
	$\frac{7.5 \cdot 10^{-12}}{5.2 \cdot 10^{-13}}$	$\frac{9.3 \cdot 10^{-12}}{3.4 \cdot 10^{-15}}$	$\frac{11.1 \cdot 10^{-12}}{2.6 \cdot 10^{-15}}$	$\frac{13.2 \cdot 10^{-12}}{2.0 \cdot 10^{-13}}$
	$\frac{7.5 \cdot 10^{-13}}{3.4 \cdot 10^{-16}}$	$\frac{9.3 \cdot 10^{-13}}{3.4 \cdot 10^{-16}}$	$\frac{11.1 \cdot 10^{-13}}{2.6 \cdot 10^{-16}}$	$\frac{13.2 \cdot 10^{-13}}{2.0 \cdot 10^{-16}}$

Значения минимально необходимой скорости - V для дисперсных частиц приведены в табл. 2. Приобрести такую скорость и коагулировать на близком расстоянии без вмешательства извне дисперсные частицы особенно коллоидной фазы не могут. В обычных условиях это осуществимо только в начале процесса твердения при высокой концентрации раствора. Подобное состояние системы определяется, как “стесненные условия”.

Таблица 2

Минимально необходимая скорость дисперсных частиц для обеспечения условий максимального их сближения - h_{min} и образования необходимых условий для ближней коагуляции, в м/с

Размер частицы, см	Температура в $^{\circ}$ С			
	20	40	60	80
Грубодисперсная фаза – зерна цемента				
	0,0031	0,0034	0,0038	0,0041
	0,0309	0,0344	0,0376	0,4100
	0,3121	0,3446	0,3760	0,4100
Коллоидная фаза				
	3,4	3,6	3,9	4,2
	71,0	62,2	57,6	55,6
	6224,0	4350,0	3350,0	1375,0

Для практической реализации направленного структурообразования необходимая степень интенсивности механических воздействий, принимаемая по данным табл. 1 и 2, должна соответствовать размеру дисперсных частиц в обрабатываемой системе. Известно [4], что этот размер может быть установлен по данным морфологических исследований, в которых показано, что основная масса частиц коллоидной фазы в процессе гидратации цемента имеет поперечный размер порядка 10^{-5} - 10^{-6} см. Этот размер может быть принят при определении оптимальной величины механических воздействий, которые следует прилагать к мелкозернистой бетонной смеси в период ее укладки и уплотнения с помощью струйной технологии бетонирования с применением эластичных метательных устройств для создания условий ближней коагуляции. Так, для частиц указанного выше размера (и более крупных) по данным табл. 2 интенсивность ударных импульсов будет достаточной при сообщении им максимальной скорости движения порядка 70-80 м/с в процессе укладки мелкозернистой бетонной смеси на бетонлируемую поверхность.

ВЫВОДЫ

Таким образом, только в случае применения нового технологического оборудования в виде эластичных метательных устройств удастся задавать соответствующие параметры технологического процесса бетонирования, согласовав, таким образом, процесс укладки и уплотнения мелкозернистой бетонной смеси с процессами структурообразования с целью получения особо плотного и высокопрочного бетона тонкостенных изделий.

SUMMARY

Physical and chemical bases of receipt of enhanceable physical and mechanical properties of fine-grained concrete of the thin-walled wares, made through stream technology of concreting with the use of new technological equipment as elastic missile devices are set.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на винахід № а 2008 12967 Україна, МКИ В 28 В 1/30. Метальний пристрій для укладання та ущільнення бетонних сумішей / В.Я. Бабиченко, В.І. Данелюк; Заявл. 07.11.2008. – 10 с.
2. Соломатов В.И. Интенсивная технология бетонов / Соломатов В.И., Тахиров М.К., Шах Мд. Тахер. – М.: Стройиздат, 1989. – 264 с.
3. Полак А.Ф. Твердение минеральных вяжущих веществ / Полак А.Ф., Бабков В.В., Андреева Е.П. – Уфа: Башк. кн. изд-во, 1990. – 216 с.
4. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов / Мчедлов-Петросян О.П. - М.: Стройиздат, 1988. – 304 с.