

УДК 693.542; 681.5

Савенков Андрей Иванович,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: savenkov_andrey@mail.ru

Горбач Павел Сергеевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: pgs@angtu.ru

НАБОР ПРОЧНОСТИ МАТРИЦЫ ПЕНОБЕТОНА С СОДЕРЖАНИЕМ ПАВ

Savenkov A.I., Gorbach P.S.

THE GROWTH OF STRENGTH THE MATRIX OF FOAM CONCRETE WITH SURFACE ACTIVE MATTER

Аннотация. В работе рассмотрен рост прочности матриц пенобетона: контрольной и с введенным в состав синтетическим и протеиновым пенообразователем. Показано соотношение прочностей матриц и оптимальный срок твердения.

Ключевые слова: неавтоклавный пенобетон, прочность пенобетона, матрица пенобетона, поверхностно-активное вещество.

Abstract. The paper considers the growth of strength of foam concrete matrices: control and with a new generation of synthetic and protein foaming agent introduced into the composition. The ratio of matrix strengths and the optimal period of their hardening is shown.

Keywords: non-autoclaved aerated concrete, durability of foam concrete, foam concrete matrix, surface active substances.

Перспективным направлением современного индивидуального строительства является возведение малоэтажных каркасно-монолитных зданий. В качестве заполнения каркаса и для устройства ограждающих конструкций таких зданий целесообразно применять монолитный пенобетон марок по плотности D400-D600. Неавтоклавный пенобетон является одним из самых теплоэффективных материалов. Он характеризуется комплексом высоких потребительских характеристик при сравнительно малой себестоимости и обладает такими положительными свойствами как низкая теплопроводность, небольшая усадка в пределах толщи стены, негорючесть, нетоксичность, долговечность. В процессе возведения здания, при производстве монолитных работ необходимо, чтобы пенобетон, заполняющий стеновое ограждение, набирал необходимую прочность в короткие сроки.

Прочность пенобетонного изделия и монолитного массива напрямую зависит от прочности составляющей его матрицы, которой является цементный камень с заполнителем. В процессе приготовления смеси в состав цементного раствора вводится поверхностно-активное вещество (ПАВ), это снижает коэффициент поверхностного натяжения цементной системы, и таким образом делает возможным формирование мелкопористой структуры пенобетона. Но, в то же время, присутствие поверхностно-активного вещества в цементном коллоиде отрицательно влияет на сроки схватывания и частично снижает прочность

готового изделия [1]. Предполагается, что данное отрицательное влияние связано с тем, что молекулы поверхностно активного вещества формируют на поверхности сольватных оболочек цементных частиц тонкий адсорбционный слой, вызывающий стерический эффект отталкивания (рисунок 1). Таким образом задерживается процесс схватывания и роста пластической и конечной прочности.

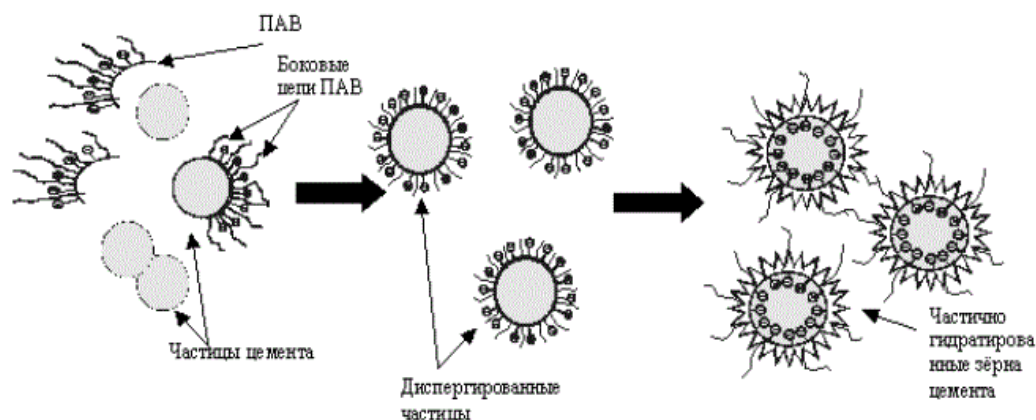


Рисунок 1 - Схема проявления стерического эффекта в цементном растворе

Утверждается [1, 2, 8], что все пенообразователи, так или иначе, затрудняют реакции взаимодействия клинкерных минералов с затворителем. Поскольку предполагается, что наличие ПАВ частично ингибирует реакцию гидратации цементного клинкера и может препятствовать смыканию сольватных оболочек, то будет затруднять и процессы схватывания и набора пластической прочности. Здесь же можно указать, что поверхностно-активные вещества оказывают отрицательное влияние на кинетику кристаллизации гидратных новообразований, но в то же время, мало влияют на фазовый состав конечного продукта реакции гидратации. Выявлено, что в цементных коллоидах в присутствии ПАВ процесс взаимодействия клинкера с водой протекает не полностью, и даже спустя 28 суток процесса гидратации в цементном камне частично остаются клинкерные минералы [2].

В цементной матрице, содержащей пенообразователь, снижение плотности и прочности от концентрации ПАВ происходит примерно по экспоненциальной закономерности [4, 6]. Невозможность полного срастания новообразований, вызванная наличием пенообразователя, приводит к частичному разрыхлению структуры цементного камня, а также формированию системы сообщающихся микропор, а значит, определенному снижению плотности матрицы, а также прочности пенобетона.

Как сказано выше, оптимальный срок твердения пенобетонного изделия экспериментально удобнее выявить на цементной матрице, содержащей ПАВ, по причине того, что в этом случае исключается фактор влияния сформированной пористой структуры.

Повышение подвижности, снижение водопотребности бетонной смеси или уменьшение расхода цемента может быть достигнуто применением пластифицирующих добавок. Можно предположить, что пенообразователь, как основной компонент пены, формирующей структуру пенобетона на начальном этапе, оказывает существенное влияние на характеристики цементного раствора и реологические свойства пеноцементной смеси [4, 5]. Такие смеси обязательно содержат добавку пенообразователя, влияние которого на твердеющее вяжущее в динамике набора прочности изучено недостаточно полно и утверждается, что процесс роста прочности в пенобетоне до нормативных значений может продолжаться до 180 суток. Такой длительный набор прочности задерживает строительный процесс и делает невыгодным применение монолитного пенобетона. Это обстоятельство обуславливает необходимость исследования процессов гидратации вяжущего в присутствии поверхностно активных веществ в свете взаимодействия этих компонентов с цементом.

Цель настоящей работы – определить оптимальные сроки твердения цементной матрицы пенобетона и сравнить динамику набора пластической и конечной прочности у матриц, содержащих ПАВ, по сравнению с контрольными, а также убедиться, насколько необходимо продлевать сроки твердения до полного набора прочности матриц.

В работе использовались: цемент марки ПЦ-500-Д0, ПЦ-400-Д20 производства ОАО «Ангарскцемент», протеиновый пенообразователь Омпор, синтетический пенообразователь ПентаПАВ. Контрольная матрица приготавливалась только из цементного раствора, исследуемые матрицы содержали в составе ПАВ.

Определение прочности матриц производилось согласно ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии». Для ручного изготовления трех образцов-балочек отweighивается необходимое количество вяжущего, а также ПАВ, к которым относятся пенообразователи и пластификаторы, и производится замес. Полученная однородная масса заливается в металлическую трехгнездную форму, смазанную маслом. Испытаниями определялись минимальные сжимающие нагрузки, разрушающие половину стандартного образца - балочки размером 40x40x160 мм. Предел прочности при сжатии определялся путем испытаний шести половинок балочек на гидравлическом прессе ИП -1000. Для передачи нагрузки на половинки балочек использовались плоские стальные шлифованные пластинки размером 40x62,5 мм. Испытания образцов на изгиб не проводились, поскольку такая характеристика не входила в цели исследования.

По полученным экспериментальным данным были построены графики роста прочности в 3, 7, 14, 28 и 56-суточном возрасте матрицы, имеющей в составе ПАВ и контрольной матрицы, полученной при одинаковом водоцементном отношении смесей. Поскольку набор прочности проводился в нормальных условиях, то фактор температуры в данном случае исключен.

На рисунке 2 показаны результаты, полученные при определении прочности во времени в образцах с содержанием ПАВ различной природы. Проявлена тенденция к снижению прочности в присутствии пенообразователя. Практически все пенообразователи вызвали разрыхление камня матрицы. Вероятно, что данный эффект показывает затруднение срастания новообразований и ведет к изменению микропористости в сторону увеличения.

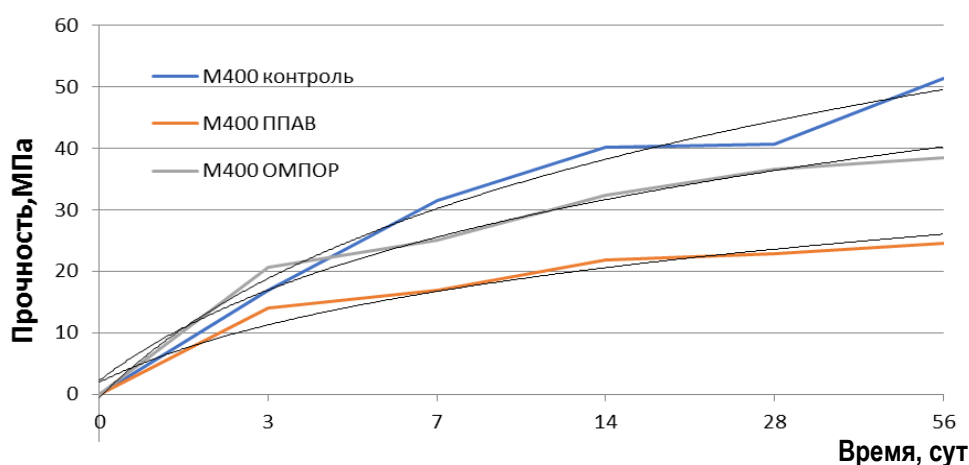


Рисунок 2 - Сравнительный график динамики роста прочности матрицы на цементе М400, контроля и с содержанием пенообразователя

Согласно полученным данным, характер аппроксимированных кривых роста прочности остается неизменным как при рядовом цементе, так и при высокопрочном. Различны только параметры кривых (рисунки 2, 3).

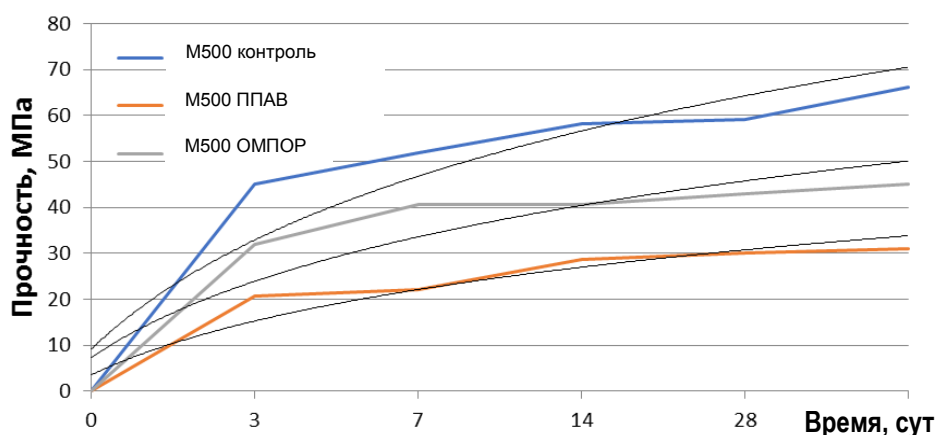


Рисунок 3 - Сравнительный график динамики роста прочности матрицы на цементе М 500, контроля и с содержанием пенообразователя

Наиболее показательным является характер дифференциальной кривой от аппроксимированного графика динамики нарастания прочности (рисунок 4). Фактически, величина прироста стремится к нулю. Здесь проявляется такая же закономерность прироста, как и при твердении цементного раствора, не содержащего ПАВ.

Конструкционный бетон через 28 суток твердения в нормальных условиях набирает 100% своей заявленной прочности. Предполагается, что за то же самое время пенобетон набирает только порядка 50% своей прочности. В дальнейшем рост прочности продолжается, и только в течение полугода прочность достигает необходимой величины. Причина этого возможно вызвана присутствием пенообразователя в цементном растворе при приготовлении смеси. Являясь поверхностно-активным веществом (ПАВ), он обволакивает частицы клинкерных материалов и наполнителя, инициируя стерический эффект и тем самым замедляя процесс твердения. Таким образом, в матрице стерический эффект выражается в задержке схватывания, а также в снижении плотности и прочности [3,7]. Затрудненность срастания новообразований приводит к разрыхлению структуры цементного камня, формированию сообщающихся микропор, снижению плотности и соответственно, прочности.

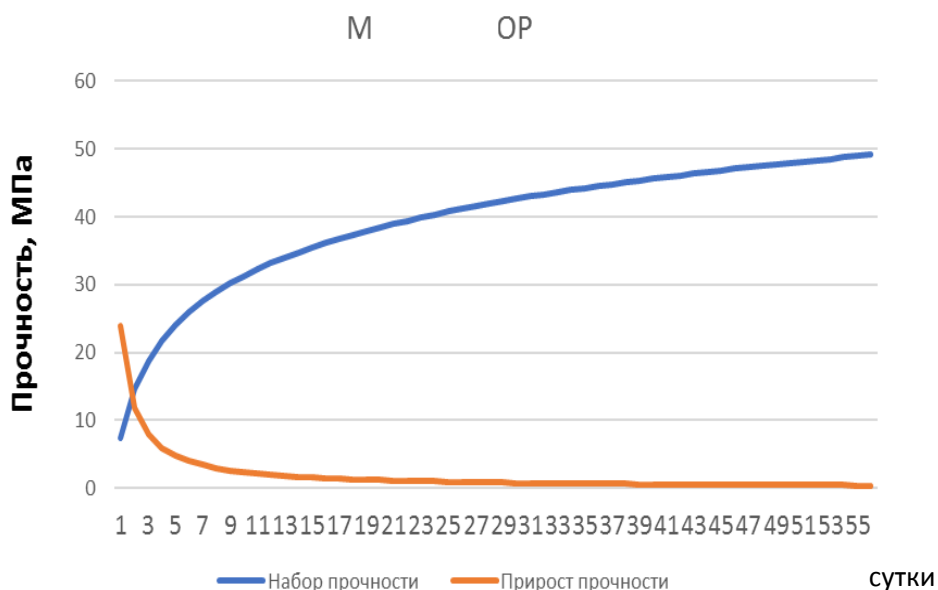


Рисунок 4 - Аппроксимированный график роста прочности матрицы и дифференциальная кривая прироста прочности образца М500 с Омпор

Помимо наличия ПАВ в цементном растворе, снижение конечной прочности вызывают такие факторы как организованная пористость и вынужденно высокое водотвердое отношение, необходимое для формирования ячеистой структуры.

До момента затвердевания пеноцементная смесь является гетерогенной свободнодисперсной системой, включающей твердую, жидкую и газообразную фазы, в которых дисперсная фаза подвижна. Причем можно выделить две дисперсные подвижные фазы: дисперсную газовую фазу в дисперсионной среде и дисперсную гелевую фазу в водном растворе в виде дисперсионной среды. Частицы в данной системе сближены принудительно, поэтому данную систему можно условно отнести к свободнодисперсной концентрированной системе. Возможно, что в пенобетонных смесях на уровне тонких пленок межпоровых перегородок происходят микроскопические расслоения, образующие в системе твердое тело–жидкость зоны с разным водосодержанием, в которых осуществляется разделение частиц твердой фазы по размерам. Со временем она переходит в связнодисперсную систему с твердой дисперсной средой – цементным камнем. Цементный камень, образовавшийся при твердении общестроительного цемента, характеризуется сложным напряженным состоянием, которое может привести к возникновению и развитию микротрещин.

В целом, можно утверждать, что рост прочности цементного камня матриц адекватно описывается логарифмической моделью и не противоречит известным закономерностям [7]:

$$R_n = R_{28} \cdot \lg n / \lg 28,$$

где R_n , R_{28} – прочность бетона и цементного раствора соответственно в n и 28- суточном возрасте.

Следовательно, стерический эффект, вызванный пенообразователем, при перемешивании смеси и укладке в формы играет положительную роль, поскольку увеличивает подвижность раствора. Но при схватывании и наборе прочности пенообразователи остаются инертными по отношению к раствору и затрудняют схватывание и уменьшают конечную прочность цементного камня.

Определено, что в течение времени стандартного твердения 28 суток соотношение текущих прочностей матриц, содержащих ПАВ, к прочности контрольной матрицы остается величиной примерно постоянной. Оно составляет в среднем 0,5 - для матриц с синтетическим пенообразователем и 0,7 - для матриц с протеиновым. Исходя из этого можно утверждать, что процесс набора прочности пенобетона аналогичен такому же процессу для тяжелого бетона, составляющего 28 суток в нормальных условиях. Для определения любых промежуточных и конечных значений фактической прочности матрицы достаточно ввести поправочный коэффициент, учитывающий наличие ПАВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова А.А., Савенков А.И. Пенообразователи и прочность пенобетона // Известия Сочинского государственного университета. 2014. № 3 (31). С. 10-14.
2. Шахова Л.Д., Балясников В.В., Черная Т.И. и др. Изучение процессов гидратации клинкерных минералов с добавками пенообразователей различной природы // II Международное совещание по химии и технологии цемента, СПб.: изд-во ЦПО «Информация образования», 2000.ТIII.
3. Шахова, Л.Д. Технологии пенобетонов. Теория и практика. – М.: АСВ, 2010.
4. Горбач П.С., Щербин С.А. Научнообоснованный выбор пенообразователя и его концентрации // Вестник ТГАСУ. - 2012. - № 4. – С. 191-199.
5. Песков В.И., Оцоков К.А. Эффективность применения ячеистых бетонов в строительстве России.// Строительные материалы №3/2004
6. Намбиар Е.К.К., Рамамурти К. Модели для прогнозирования прочности пенобетона, // J. Mater. Struct. – 2008. - № 41 – С. 247-254.
7. Баженов Ю.М. Технология бетона. Учебник. – 3-е изд. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
8. Глекель Ф.Л., Копп Р.З., Ахмедов К.С. Регулирование гидратационного структурообразования поверхностно-активными веществами. Ташкент: изд-во «Фан», УзССР, 1986. 224 с.