

**ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДЕНИЯ ФИБРОПЕНОБЕТОНОВ
ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ**

Рассмотрены процессы, происходящие в структуре ячеистого бетона при тепловой обработке. Показано, что формирование структуры ячеистого фибробетона происходит в более спокойных условиях и приобретение необходимой пластической прочности к началу тепловой обработки происходит быстрее.

Причиной напряженного состояния бетона во время тепловой обработки является неравномерность температурного расширения его составляющих, из которых наиболее расположены к расширению и миграции вода и воздух. Учитывая специфику высокопористой структуры ячеистого бетона, можно утверждать, что наибольший вклад в создание напряженного состояния принадлежит именно воздуху, находящемуся в сообщающихся с атмосферой (открытых) и отдаленных от нее (замкнутых) пузырьках (ячейках). Очевидно, что причиной избыточного давления в процессе тепловой обработки является расширение воздуха, «защемленного» в замкнутых порах. В связи с этим, рассмотрим расчетную модель одного пузырька смеси воздуха с водяными парами, находящегося в ячеистобетонной смеси, которая представлена на рис. 1.

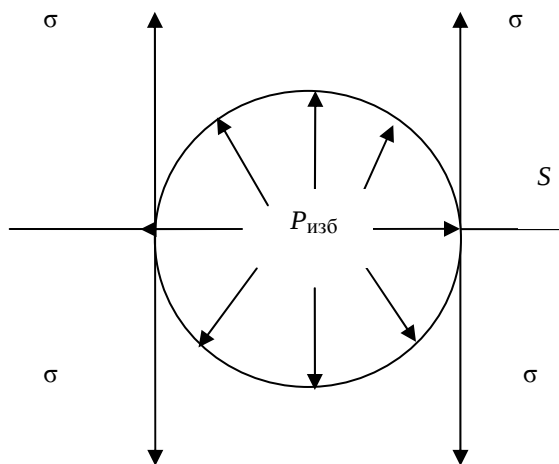


Рис. 1 Расчетная модель пузырька со смесью воздуха и водяного пара: $P_{изб}$ — избыточное давление; σ — максимальное растягивающее напряжение на внутренней поверхности шара; S — условная поверхность раздела, по которой происходит раздвижение смеси

Для вычисления напряжения σ можно пользоваться формулами из теории упругости:

$$\sigma = P_{\text{изб}} \frac{2r_1^3 + r_2^3}{2(r_2^3 - r_1^3)} \quad (1)$$

или из теории пластичности:

$$P_{\text{изб}} = 2\sigma \ln(r_2 / r_1), \quad (2)$$

где r_1 и r_2 — наружный и внутренний радиусы шарового сосуда.

Избыточное давление паровоздушной среды, возникающее в порах, трудно определить в связи с тем, что постоянно изменяется содержание водяных паров в воздухе при изменении температуры. Однако его с достаточной точностью можно подсчитать, используя уравнение состояния идеального газа, которое имеет вид:

$$P \cdot V = R \cdot T, \quad (3)$$

где P — давление газа; V и T — объем и абсолютная температура газа; R — универсальная газовая постоянная.

Допуская, что при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ давление составляет $P = 1$ ат, можно получить соотношение давления при $t = 20^\circ\text{C}$ и $t = T_1$:

$$\frac{P_1}{P_{20}} = \frac{T_1}{T_{20}} \quad \text{или} \quad P_1 = \frac{T_1}{T_{20}}. \quad (4)$$

Подставив соответствующие значения в уравнение (4), а затем в (2), можно подсчитать напряжения, возникающие в перегородках ячеистого бетона между порами, вызванные расширением газовой фазы. Результаты расчетов показывают, что уменьшение размеров пузырьков при постоянной толщине межпоровых перегородок обеспечивает снижение растягивающего напряжения σ , возникающего в условной плоскости, по которой происходит раздвижка смеси. Так, при радиусе пузырька $r_1 = 1,5$ мм и толщине стенки $0,1$ мм ($r_2 = 1,6$ мм) растягивающее напряжение составляет $\sigma = 0,0527$ МПа; при $r_1 = 1$ мм и $r_2 = 1,1$ мм $\sigma = 0,0357$ МПа; при $r_1 = 0,5$ мм и $r_2 = 0,6$ мм $\sigma = 0,0186$ МПа. Таким образом, одним из условий получения бездефектных межпоровых перегородок при ускоренной тепловлажностной обработке ячеистого бетона является создание равномерной мелкопористой структуры смеси.

В фибропенобетоне образуется более мелкопористая структура, характеризующаяся уменьшением среднего размера пор в 1,5-2 раза по сравнению с исходной матрицей, что обусловливается диспергацией пены синтетическими волокнами в процессе приготовления фибропенобетонной смеси.

С учетом вышеизложенного это означает, что в дисперсно-армированном пенобетоне во время тепловлажностной обработки возникают внутренние напряжения более низкого порядка, чем в матрице при одинаковых градиентах температуры, давления и влагосодержания. В связи с этим, структура межпоровых перегородок ячеистого фибробетона формируется в более спокойных условиях и имеет меньше нарушений.

Другим важнейшим требованием в плане получения бездефектного ячеистого бетона является необходимость приобретения им к началу тепловой обработки пластической прочности, превышающей напряжения, возни-

кающие в ее процессе. Безусловное влияние на формирование пластической прочности свежеотформованных изделий оказывает дисперсная арматура.

Так как величина пластической прочности является косвенной характеристикой процесса дальнейшего структурообразования, представляет интерес зависимость прочностных характеристик ячеистого бетона от значений P_m , достигнутых к началу ускоренной тепловлажностной обработки (рис. 2).

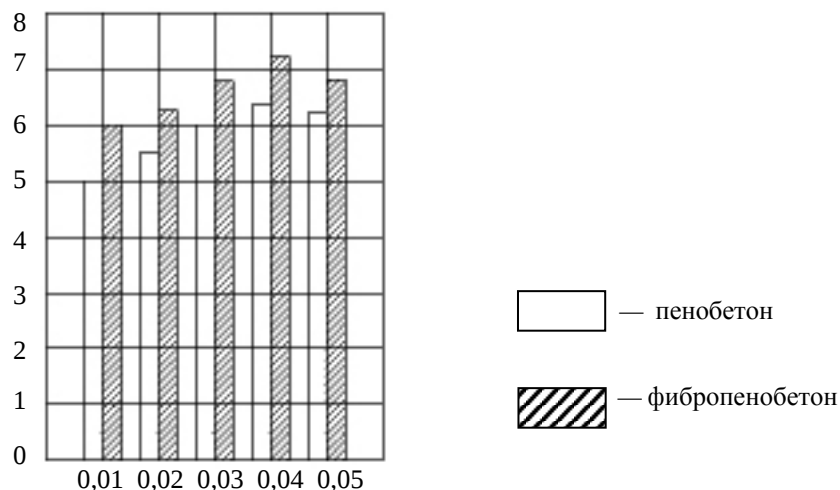


Рис. 2. Зависимость прочности ячеистого бетона от величины пластической прочности, достигнутой к началу ТВО

Сопоставление полученных данных показывает, что прочность фибропенобетонных образцов превышает аналогичный показатель неармированного бетона. Оптимальные значения прочности как пенобетона, так и фибропенобетона соответствуют величине пластической прочности $P_m = 0,04$ МПа, что хорошо согласуется с литературными данными, в соответствии с которыми достижение ячеистобетонной смесью пластической прочности $P_m = 0,035...0,045$ МПа исключает появление трещин и других дефектов в матрице на дальнейших стадиях технологического процесса /1/. Следует отметить, что величина необходимой пластической прочности в пенобетоне формируется в течение 20 ч, а в фибропенобетоне — в течение 12 ч. Таким образом, за счет дисперсного армирования, при прочих равных условиях, продолжительность предварительной выдержки свежеотформованных изделий перед началом тепловлажностной обработки может быть сокращена на 8 ч.