

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОБЕТОНОВ

В национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь, одобренной Президиумом Совета Министров в марте 1997 г., предусматривается обеспечить снижение стоимости, энергоемкости и материалоемкости строительства за счет использования безотходных технологий в строительстве.

Пенобетоны являются высокоэффективным строительным материалом для ограждающих конструкций стен жилых и общественных зданий.

Эти бетоны обладают практически всеми преимуществами, которые имеют ячеистые бетоны автоклавного твердения перед традиционными строительными материалами (легким бетоном, кирпичом и др.).

Общепринятая технология изготовления автоклавного ячеистого бетона, включающая обязательную операцию обработки изделий паром высокого давления (0,8–1,2 МПа) в автоклавах, является энергоемкой, малодоступна для большинства строительных организаций, заводов ЖБИ и тем более для объединений агропромышленного комплекса, испытывающий наибольший дефицит в строительных материалах. Возможность получения пенобетонов с нормируемыми свойствами в условиях нормального твердения или малозэнергоемкой технологии при атмосферном давлении значительно упрощает и удешевляет технологию, а также не требует применения высококвалифицированных кадров.

В настоящее время в ряде стран в связи с удорожанием энергоносителей и тепловой энергии, создан значительный задел по созданию эффективных технологий и разработок по механизации и автоматизации производства пенобетонов неавтоклавного твердения, в результате использования которых увеличился выпуск и улучшилось качество изделий. Однако существуют проблемы, которые необходимо решать ученым и производственникам.

Для получения пенобетонов неавтоклавного твердения плотностью от 400 кг/м³ до 600 кг/м³, не уступающих по прочности автоклавному газобетону необходимо:

- увеличить прочность материала за счет повышения марки цемента, модификации цемента, введения тонкодисперсных минеральных и органических добавок, а также введения суперпластификаторов;
- уменьшить толщины межпоровых перегородок, регулированием реологических свойств цементного теста с помощью добавок, а также выбором эффективных пенообразователей;
- создать пеногенераторы нового поколения и смешительное оборудование, позволяющее равномерно распределять пену в растворной смеси с наименьшим ее разрушением.

Получение пенобетонов при использовании пенообразователей с низкой стабильностью типа пожарных пен [1] затруднено, стойкость их оказывается очень малой. Увеличить прочность пенобетонов возможно за счет увеличения прочности межпоровых перегородок за счет применения цемента с удельной поверхностью более 3500 см²/г, а также снижения В/Т отношения, на что указывают данные [2].

Очевидно, что предложенные способы повышения прочности пенобетонов действительно, когда достигается стабильность пенобетонной смеси. Важным фактором стабильности пенобетонной смеси различной плотности является структура пены, от которой зависит дальнейшее формирование пенобетона.

По способам пенообразования аппаратуру для получения пен можно разделить на следующие группы: пеногенераторы, в которых пена образуется при барботировании воздуха через раствор пенообразователя; воздушно-пенные стволы, работающие по принципу соударения струй раствора; пеногенераторы, в которых пенообразование происходит на сетках. Последние публикации [3; 4] по технологии получения пенобетонов указывают на то, что, в основном, применяются пеногенераторы сетчатого типа.

Учитывая вышеизложенное, нами были исследованы параметры структуры пенобетонов. Изменение средней плотности может происходить как за счет изменения микропористости цементного камня путем назначения различной величины В/Ц или за счет частичной или полной замены зернистых включений песка воздухововлеченными макропорами и наоборот. При полной замене зернистых включений песка макропорами будет сформирована структура предельно поризованного пенобетона минимальной средней плотности без зернистого каркаса в его структуре. При полном замещении макропор зернами песка будет сформирована структура плотного мелкозернистого бетона. В диапазоне этих двух структур в зависимости от В/Ц, Ц:П могут быть получены промежуточные значения пенобетонов различной плотности.

В работе [5] представлена модель пенобетона в структуре которого имеются два вида разноразмерных включений: более крупными воздухововлеченными порами, а сами поры «омоноличены» материалом, состоящим из цементного камня, наполненного зернистыми включениями.

При количественном анализе структурных параметров использовались соотношения (табл. 1), которые связывают между собой исходные данные рецептурных факторов и получаемые в результате их варьирования объемные доли структурных составляющих поризованных пенобетонов. В лабораторных условиях был исследован ряд составов пенобетонной смеси, позволяющих получать пенобетон со средней плотностью $400-600 \text{ кг/м}^3$. Во время исследований кратность пены оставалась постоянной, изменялось лишь ее количество; применялись тонкодисперсные минеральные добавки трех типов; подвижность растворной части была постоянной.

В результате экспериментальных исследований установлено:

- возможность получения пенобетонов средней плотностью $400 - 600 \text{ кг/м}^3$;
- оптимальное водотвердое отношение (В/Т) в пределах $0,28 - 0,42$;
- эффективность введения в растворную часть тонкодисперсных наполнителей с большой удельной поверхностью для получения более прочных межпоровых перегородок, одновременно обеспечивающих получение более высокой стабильности пены;
- необходимость применения ускорителей твердения и суперпластификаторов для увеличения скорости набора прочности.

Для получения пенобетонов с улучшенными свойствами важное значение имеет выбор смесительного оборудования. В последнее время разработаны смесители барового типа, в которых перемешивание растворной части с пеной осуществляется под давлением с помощью компрессора. После получения пенобетонной смеси, с помощью компрессора она может подаваться на значительные расстояния по горизонтали и вертикали к месту укладки.

Все большее применение находят также смесители-аэраторы, в которых приготовление пенобетонной смеси осуществляется при больших оборотах — $1500-2000 \text{ об/мин}$ и с подачей сжатого воздуха в смеситель. Пенобетонная смесь получается более однородной, чем в смесителях барового типа, однако в данной технологии имеются трудности с применением пенообразователей. Необходимо использовать

пенообразователи обладающие большой кратностью и стойкостью, так как при больших оборотах смесителя разрушается значительное количество пены. Соотношения для расчета характеристик и параметров конгломератной структуры пенобетона

Характеристики и параметры структуры	Расчетные формулы
Общий объем микропор, $V_{мп}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{мп} = 1 - V_{тв.ф.цк.}$
Объем твердой фазы цементного камня, $V_{тв.ф.цк.}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{тв.ф.цк.} = P_{ср.цк.} / P_{цк.}$
Объем негидратированных зерен цемента, $V_{зц.}$	$V_{зц.} = (1 - \alpha) V_{тв.ф.цк.} \times P_{цк.} / P_{зц.}$
Объем гидратированных зерен цемента, $V_{зц.г.}$	$V_{зц.г.} = \alpha V_{тв.ф.цк.} \times P_{цк.} / P_{зц.г.}$
Объем твердой фазы плотного мелкозернистого бетона, $V_{тв.ф.пл.б.}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{тв.ф.пл.б.} = P_{ср.пл.б.} / P_{пл.б.}$
Объем твердой фазы в поризованном цементном камне, $V_{тв.ф.пор.ц.}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{тв.ф.пор.ц.} = P_{ср.пор.ц.} / P_{цк.}$
Объем твердой фазы в поризованном бетоне, $V_{тв.ф.пор.б.}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{тв.ф.пор.б.} = P_{ср.пор.б.} / P_{пл.б.}$
Объем пор воздухововлечения в поризованном бетоне, $V_{веп.б.}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{веп.б.} = (1 - P_{ср.пор.б.} / P_{ср.пл.б.})$
Объем пор воздухововлечения в поризованном цементном камне, $V_{веп.ц.}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{веп.ц.} = (1 - P_{ср.пор.ц.} / P_{ср.цк.})$
Объем микропор в поризованном бетоне, $V_{мп.б.}$	$V_{мп.б.} = 1 - V_{тв.ф.пор.б.} - V_{веп.б.}$
Объем микропор в поризованном цементном камне, $V_{мп.ц.}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{мп.ц.} = 1 - V_{тв.ф.пор.ц.} - V_{веп.ц.}$
Объем цементного камня в поризованном бетоне, $V_{цк.б.}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{цк.б.} = 1 - V_{зц.} - V_{зц.г.} - V_{мп.б.}$

Таким образом, для организации производства по изготовлению пенобетонных изделий или возведения монолитных конструкций, необходимо учитывать свойства применяемых материалов, условий приготовления пенобетонных смесей и использование эффективного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черных В.Ф., Маштаков А.Ф., Щибря А.Ю. Повышение качества теплоизоляционного пенобетона за счет химических добавок // Строительные материалы. – 1999. № 7-8. – С. 38-39.
2. Дьяченко Е.И., Неупокоев Ю.А., Коротких Д.Н. Повышение сопротивления разрушению высокопоризованных материалов // Сб. научн. тр. ПГАСА. М., 2000. – с. 86-88.
3. Удачкин И.Б. Теплоснабжение и экология – ключевые направления деятельности инновационного центра // Строительные материалы. – 1999. № 1. с. 4-6.
4. Хархардин А.И., Веснин Л.С. Опыт освоения массового производства пенобетонных изделий // Строительные материалы. – 1999. №2. с. 30-31.

5. Чернышов Е.М., Славчева Г.С., Дьяченко Е.И. Нормирование размера зернистых включений в поризованных бетонах на основе моделирования и экспериментального исследования их структуры // Сб. научных трудов «Современные проблемы строительного материаловедения». Иваново. 2000. — с. 585 — 595.

Титова Л.А., Бейлина М.И., Гончарова Ю.В.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РАСШИРЯЮЩИХ ДОБАВОК НА СТРОЙКАХ Г. МОСКВЫ

В настоящее время бетон на основе портландцемента является одним из основных строительных материалов и по праву занял ведущее место в монолитном и сборном железобетоне. Однако усадочные деформации, сопровождающие твердение портландцемента, и изменение температурно-влажностных условий эксплуатации вынуждают принимать дополнительные меры для повышения трещиностойкости, водонепроницаемости, морозостойкости, коррозионной стойкости и других важных технических, товарных и эксплуатационных свойств железобетонных конструкций.

В результате многолетних исследований, проведенных отечественными и зарубежными учеными, получен результат, в значительной мере устраняющий последствия усадочных деформаций в бетоне. Был создан новый вид вяжущих, которые, в отличие от традиционного цемента, в процессе твердения увеличиваются в объеме. Эти вяжущие могут быть объединены в одну группу под названием «расширяющиеся цементы» (РЦ). Они предназначены для создания в бетоне деформаций расширения, в частности, превышающих деформации усадки, что позволяет получать в железобетоне самонапряжение. Исследования, выполненные в НИИЖБе, создали теоретические и практические предпосылки, позволяющие получать бетоны на РЦ с регулируемым (в соответствии с заранее заданными параметрами) расширением.

Практический опыт применения бетонов с регулируемым расширением в монолитных и сборных железобетонных сооружениях жилого, гражданского, промышленного строительства и машиностроения показал, что во многих случаях использование таких бетонов дает возможность получать конструкции, которые превосходят по своим техническим, эксплуатационным и экономическим характеристикам аналогичные железобетонные конструкции из бетонов на портландцементе. Это связано с тем, что бетоны на РЦ отличаются от бетонов на портландцементе повышенным сопротивлением растяжению, лучшей трещиностойкостью, морозостойкостью, водонепроницаемостью и коррозионной стойкостью.

В последние десятилетия в НИИЖБе разработаны и применены в различных областях строительства напрягающие бетоны и бетоны с компенсированной усадкой, позволяющие обеспечивать конструкциям на их основе повышенную водонепроницаемость, морозостойкость, трещиностойкость. Такие бетоны могут быть получены на основе портландцемента и расширяющих добавок. Расширяющие добавки — экологически чистый продукт, и могут быть получены как по обжиговой, так и по безобжиговой технологии, используя для их производства различные отходы промышленных производств. Среди разнообразия запатентованных в России добавок особый интерес представляют алюминатно-сульфатные и алюмо-оксидные добавки, а также различные их комбинации, свойства которых определяются условиями гидратации и твердения алюминатов и сульфоалюминатов кальция, их соединения с силикатами и сульфатами.