

8. Белокопытова, А.С. О разработке процессов утилизации стеклобоя для производства комплексных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – М., 2006. – 18 с.
9. Томин, А.Н. Некоторые аспекты организации сбора и утилизации стеклобоя на Тираспольском стекольном заводе / А.Н. Томин // Стекло мира.

УДК 666.972.16

Бозылев В.В., канд. техн. наук, доц.; Бозылев Д.В.
(ПГУ, г. Новополоцк)

МНОГОСЛОЙНЫЕ СТЕНОВЫЕ ПАНЕЛИ С УТЕПЛИТЕЛЕМ ИЗ ПОЛИСТИРОЛБЕТОНА

Решение задачи снижения теплопотерь в крупнопанельных зданиях обеспечивается за счет перехода на изготовление многослойных наружных стеновых панелей с нормативным коэффициентом сопротивления теплопередаче не менее 3,5. В соответствии с принятой в Республике Беларусь программой технического перевооружения домостроительных комбинатов выполнен монтаж и пуск в эксплуатацию технологических линий, изготовленных в ряде европейских стран, в том числе Италии, Германии, Финляндии.

Институтом НИПТИС (г. Минск) в качестве основного варианта запроектирована наружная стеновая панель, состоящая из слоя тяжелого бетона, который укладывается на дно формы (формируется фасадная поверхность панели). Затем укладывается плитный пенополистирол толщиной 18 см, на который заливается несущий слой тяжелого бетона с последующим заглаживанием и затиркой для получения поверхности, обращенной внутрь здания.

Куски, из которых состоит плита пенополистирольного утеплителя, удерживаются между слоями тяжелого бетона за счет четырех десятков гибких стеклопластиковых связей. Полная механизация работ при укладке бетонной смеси обеспечивается использованием европейских бетоноукладчиков, позволяющих подать бетонную смесь дозированно в любую точку панели.

Нарезка и укладка кусков плитного пенополистирола, сверление в нем отверстий и установка гибких связей ведется вручную и требует привлечения большого числа рабочих. Помимо высокой трудоемкости и стоимости, новые панели имеют малую воздухопроницаемость, значительную тепло-техническую неоднородность слоев тяжелого бетона и плитного пенопо-

листирола, в результате не может быть обеспечен благоприятный для проживания микроклимат в жилых помещениях.

В Полоцком государственном университете разработаны конструктивное решение и технология изготовления наружных стеновых панелей, в которых отсутствуют указанные выше недостатки. Для обеспечения оптимальных эксплуатационных показателей предусматривается замена слоев тяжелого бетона на слои керамзитобетона со средним слоем утеплителя, выполняемого не путем укладки плитного утеплителя, а путем заливки полистиролбетонной смеси.

Данное решение обеспечивает резкое снижение трудоемкости работ и сокращение числа занятых рабочих. Отпадает необходимость в установке дорогостоящих стеклопластиковых гибких связей, т.к. использование по всей толщине панели цементного вяжущего обеспечивает защиту от коррозии обычной стальной арматуры.

К достоинствам новой технологии следует отнести возможность изготовления панелей «лицом вверх». В результате гарантируется идеальная внутренняя поверхность панели и не требуются сложные и трудоемкие операции по затирке. В новом варианте фасадная сторона, находясь снаружи, может быть выполнена с декоративными посыпками, легко наносимыми трафаретными узорами, декоративным обрызгом, оштукатуриванием, рифлением и т.д., в зависимости от пожеланий архитектора.

При разработке новой технологии основное внимание было уделено получению полистиролбетона с заданным комплексом эксплуатационных показателей, среди которых следует выделить показатели теплопроводности и прочности. Подбор состава полистиролбетона обеспечивается за счет учета показателей марочной прочности цемента, соотношения воды и вяжущего, соотношения заполнителя и цемента, свойств полистиролбетонного заполнителя и добавок.

Согласно опубликованным данным, если в процессе изготовления полистиролбетона заменить цемент марки «500» на цемент марки «600», то прочность полистиролбетона увеличивается на 20 %. Путем увеличения расхода цемента повысить прочность нельзя, так как при этом возрастет плотность полистиролбетона [1].

Для получения полистиролбетона в качестве заполнителя применяют шарообразные пенополистирольные гранулы размером от 0,3 до 20 мм и плотностью от 0,02 до 0,06 г/см³. Так, при плотности исходного полимера 2 г/см³, после вспенивания пористость гранул пенополистирола составляет 97 – 98 %, а плотность 0,02 – 0,06 г/см³.

Высокая пористость пенополистирола обуславливает линейную зависимость между плотностью пенополистирола и его прочностью на растяже-

ние, а также величиной усилия сжатия для деформации на 10 %. Например, при прочности исходного полистирола до 20 МПа, прочность гранул плотностью $0,02 \text{ г/см}^3$ равна $0,01 - 0,02 \text{ МПа}$, а при плотности гранул $0,06 \text{ г/см}^3$ прочность составляет $0,04 - 0,06 \text{ МПа}$, т.е. увеличивается в 3 – 4 раза.

Выполненные исследования выявили значительное влияние плотности и размера гранул пенополистирола на прочностные показатели полистиролбетона. Повышение плотности пенополистирольных гранул при одновременном уменьшении их размера увеличивают прочность полистиролбетона на 35 – 80 % при одинаковой прочности окружающего гранулы цементного камня.

Влияние свойств и содержания пенополистирола на прочность полистиролбетона отличается от влияния обычных пористых заполнителей на прочность других видов легких бетонов. Для полистиролбетона характерными являются пластические деформации, обусловленные большой деформативностью гранул пенополистирола, появление релаксирующих напряжений, возникающих в бетоне при его нагружении. При этом чем меньше размеры гранул пенополистирола, различия в их размерах и плотности, а также выше плотность и прочность гранул, тем выше прочность полистиролбетона [2; 3].

Определенные сложности при формировании структуры, влияющие на прочностные показатели, связаны с формированием контактного слоя на границе цементной матрицы и гранул пенополистирола. Снижение прочности фазовых контактов (сцепления между цементным тестом и поверхностью частиц) может быть вызвано тем, что поверхность пенополистирольного заполнителя, имеющего закрытые поры, обладает гидрофобными свойствами (заряд на поверхности гранулы полистирола препятствует процессу смачивания) [4].

Поэтому необходимо в составе полистиролбетона использовать химические добавки, меняющие этот заряд на противоположный, чтобы поверхность гранулы проявляла гидрофильные свойства. Кроме того, целесообразно применение и других добавок, в частности, повышающих пластичность раствора (С-3, ТЭА, СДО), повышающих прочность цементного камня на границе контакта с гранулами полистирола (известковое молоко, эпоксидная смола).

Прочность полистиролбетона прежде всего зависит от прочности межпоровых стенок, разделяющих вспененные гранулы заполнителя, поэтому повышение прочности межпоровых стенок – действенный способ увеличения прочности полистиролбетона. Для повышения прочности межпоровых стенок наиболее целесообразно применять снижение водотвердого отношения при увеличении активности как вяжущих материалов

(цемента), так и инертных (песка, шлака, золы) составляющих смеси. Применение этих неоднократно проверенных на практике методов повышения прочности позволяет получать полистиролбетон повышенной прочности при умеренном расходе цемента.

При изготовлении конструкционных полистиролбетонов в составах используют инертные заполнители, например, песок. Здесь также необходимо учитывать определенные особенности. При выборе инертного заполнителя в производстве полистиролбетона необходимо соблюдать условие, что модуль крупности применяемого заполнителя должен назначаться исходя из плотности получаемого материала.

Таким образом, для получения материала низкой плотности, обладающего хорошими показателями прочности на сжатие, необходимо применение инертных компонентов с высокими показателями удельной поверхности материала. В случае, если гранулометрический состав инертных составляющих смеси не удовлетворяет вышеизложенным требованиям, песок (шлак, золу) необходимо измельчить.

Имеются наработки, касающиеся возможности повышения сцепления с цементной матрицей самих гранул полистиролбетона. Однако лучшие результаты прочности сцепления гранул с цементной матрицей достигаются при использовании специальных гранул, имеющих матовую неровную поверхность. С такой неровной поверхностью цемент и песок сцепляются значительно сильнее и гранулы пенополистирола практически не выкрашиваются из полистиролбетона. К сожалению, отечественная промышленность не выпускает таких гранул, изначально предназначенных для использования в полистиролбетонных конструкциях.

С целью повышения гидрофильности пенополистирола известно использование добавки КМЦ, ПВА, акриловой грунтовки, моющих средств, суперпластификатора С-3. Эффективным оказалось предварительное покрытие гранул полистирола известковым молоком, что обеспечило увеличение прочности образцов полистиролбетона на 20 – 25 % [5].

Выполненные исследования позволили получить составы полистиролбетона для использования в стеновых панелях в виде монолитного среднего теплоизолирующего слоя. Полученные результаты защищены патентом [6].

Литература

1. Рекомендации по применению ПСБ при строительстве жилых домов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.polistirolbeton.ru/index.php?fid=133>. – Дата доступа: 08.09.2012.

2. Полистиролбетон – простое решение сложных задач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tpribor.ru/articles/polistorilbeton01.html>. – Дата доступа: 08.09.2012.
3. Морозов, А.П. Пенобетоны и другие теплоизоляционные материалы / А.П. Морозов. – Магнитогорск, 2008. – 103 с.
4. Дерягин, Б.В. Адгезия твердых тел / Б.В. Дерягин, Н.А. Кротова, В.П. Смигла. – М.: Наука, 1973. – 278 с.
5. Использование современных химических добавок при проектировании составов конструкционного полистиролбетона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.polistirolbeton.ru/index.php?fid=176>. – Дата доступа: 08.09.2012.
6. Патент РБ №12990 Состав для изготовления полистиролбетонной смеси / Бозылев В.В., Бозылев Д.В. / (МПК С 04В38/08), 2009.

УДК 666.97

Гущин С.В.; Дрозд А.А., канд. техн. наук, доц.
(БНТУ, г. Минск)

ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В ОБЛАСТИ НИЗКИХ ВОДОЦЕМЕНТНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Одним из наиболее перспективных направлений в начале XXI века в области строительного материаловедения является создание материалов (бетона) с принципиально новыми характеристиками (прочность на сжатие около 200 МПа; модуль упругости в зависимости от вида заполнителей – 50 – 80 ГПа; коэффициент истираемости – 1,3; эффективный коэффициент диффузии хлор-ионов – $0,02 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$). Для получения столь высоких параметров материала, в первую очередь, прочности, необходима реализация новых технологических решений, одно из которых – технология «сухого формования» бетона.

Классическая технология «сухого формования» предполагает уплотнение (различными методами) смеси вяжущего и предварительно высушенных мелкого и крупного (если он применяется) заполнителей, а также наполнителей. А затем уже уплотненная бетонная смесь пропитывается агентом, содержащим воду, необходимую для осуществления процессов гидратации цемента. Обычно применяют воду (холодную либо горячую, под избыточным давлением и без), пар и пр. Применяют и экзотические способы водонасыщения сухой бетонной смеси, например, при формова-