

УДК 691

В. Н. Соков, А. Э. Бегляров, А. А. Солнцева, А. А. Журавлева, И. С. Гунькин

ЭФФЕКТИВНЫЕ СЛОИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНОЙ ИЗ НАНОЧАСТИЦ, СИНТЕЗИРУЕМЫХ В ОБЪЕМЕ КОМПОЗИТА

Описана разработанная энергоэффективная и скоростная технология трехслойных монолитных изделий с развитой удельной поверхностью и наноструктурированной переходной зоной между слоями, создаваемой гидротеплосиловым полем.

Ключевые слова: трехслойные монолитные изделия, формование и теплообработка, переходная зона между слоями.

The authors describe the developed energy-effective and speedy technology of three-layered monolithic products with developed specific surface area and nanostructured transition zone between layers created by hydro thermal and power field.

Key words: three-layered product, remolding and thermal processing, transition zone between layers.

Применяемые в настоящее время трехслойные изделия с различными утеплителями имеют ряд существенных недостатков: быстрый выход утеплителя из строя вследствие накопления конденсата в его толще или на границе слоев; снижение коэффициента теплотехнической однородности через «мостики холода», возникающие через связи, объединяющие внешние слои изделий.

На наш взгляд, при формировании слоистых изделий необходимо идти по пути создания моносистемы с совместной работой всех слоев конструкции, в структуре которых должно происходить взаимное проникновение друг в друга несущего и теплоизоляционного слоев. Одновременно должна образовываться развитая удельная поверхность на плоскостях соприкосновения слоев, между которыми появляется эластичная переходная зона, нивелирующая напряжения, возникающие между слоями. Такой прием выполнения монолита упростит конструкцию элемента, обеспечивая надежное закрепление теплоизоляции внутри изделия, предотвратит ее деформации в условиях переменных механических и температурно-влажностных воздействий.

Авторами проведены исследования, позволившие разработать монолитно-слоистые стеновые изделия с фасонным сочленением слоев и технологию их производства, суть которой заключается в следующем. В специально разработанную жесткую перфорированную форму укладывается три слоя — наружные из керамзитобетона и средний из бетона на предварительно подвспенном полистироле. Форма закрывается крышкой и в течение 20...25 мин масса подвергается электропрогреву через металлические электроды, расположенные на двух противоположных сторонах формы. При температуре выше 80 °С полистирол, находящийся в среднем слое, окончательно вспенивается, увеличиваясь в объеме, и создает в форме (практически в формовочном прессе) внутреннее избыточное давление до 0,3...0,4 МПа.

При использовании потенциала энергетической возможности полистирола осуществляется комплексное воздействие на формируемые массы энергией гидротеплосилового поля, появляющегося при электропрогреве масс.

Осуществляется приштамповывание с взаимным проникновением слоев и отжатие через перфорацию свободной влаги. При этом из системы удаляется до 70 % воды затворения, на такой же объем уплотняется монолит, уменьшается капиллярная пористость, повышается прочность цементного камня.

Для релаксации внутренних напряжений и набора структурной прочности после электропрогрева изделия выдерживают в форме до 50 мин. Далее распалубленные и прогретые до 80 °С изделия, минуя стадию разогрева, направляются на окончательную тепловую обработку.

Весь цикл формования и тепловой обработки изделий в два раза короче ближайшего аналога [1]. Парк дорогостоящих металлических форм ликвидируется. Предлагается высокомеханизированная роторно-конвейерная линия, позволяющая изготавливать монолитно-слоистые изделия любой конфигурации [2].

В рассматриваемых системах определяющей становится не начальная, а конечная формовочная влажность масс, оставшаяся после отжатия на этапе самоуплотнения. Это обстоятельство позволяет использовать подвижные смеси, исключаяющие средства принудительного воздействия на них во время укладки в формы.

При формовании трехслойных систем известными способами [3, 4] максимум влагосодержания оказывается в центральном (полистиролбетонном) слое. Следовательно, в готовых изделиях, прошедших тепловлажностную обработку и частичную подсушку, количество влаги в центре всегда выше, чем в двух плотных слоях. При эксплуатации таких изделий влага в центре накапливается и не успевает высушиваться в летний период, что приводит к теплопотерям и расслоению системы. Незначительное содержание влаги, оставшейся в созданном материале только для твердения вяжущего, — достаточная гарантия от недопустимого снижения сопротивления теплопередачи.

Создание фасонной поверхности контакта слоев происходит вследствие того, что зерновой состав вспенивающихся гранул полистирола полифракционный, поэтому усилия, развиваемые ими в массе при окончательном вспенивании, будут различны. Из рис. 1 видно, что $P_4 > P_3 > P_2 > P_1$ поэтому и степень внедрения плотного слоя в теплоизоляционный слой различна.

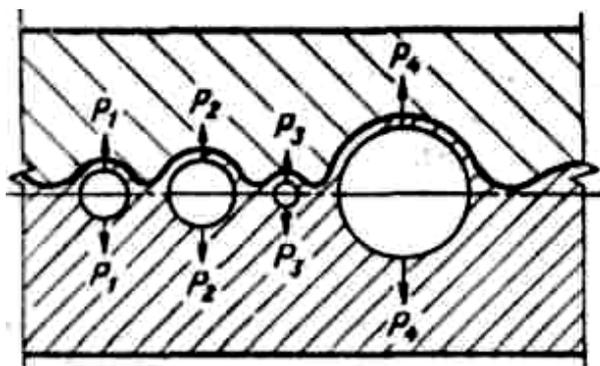


Рис. 1. Модель возникновения переменного поля давлений P на границе наружного и теплоизоляционного слоев в процессе уплотнения масс на полистироле (фрагмент сочленения слоев после окончательного вспенивания полистирола)

Взаимное проникновение слоев наглядно показано на рис. 2.

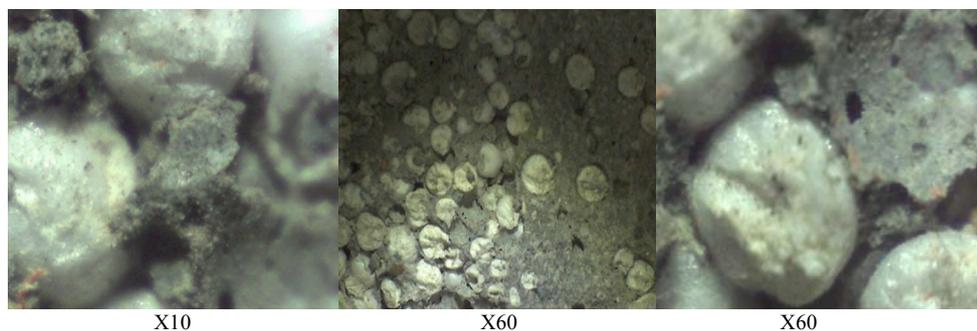


Рис. 2. Переходная зона

Выполнение трехслойного строительного элемента в виде монолита обеспечивается надежным и неразъемным соединением теплоизоляционного слоя внутри изделия через переходный слой, содержащий нанодисперсные частицы. Образование эластичной наноструктурированной переходной зоны между соседними слоями (рис. 3) происходит в результате синергетического эффекта следующим образом. При электропрогреве масс в замкнутом перфорированном объеме возникает гидротеплосиловое поле. Под его воздействием частично диспергируются до наночастиц минеральные компоненты и одновременно через толщу изделия по фильтрационным протокам отжимается физически связанная жидкость, увлекая за собой высокодисперсную взвесь. Происходит обогащение межзернового пространства между слоями продвигающихся частиц, создающих переменную зону, нивелирующую напряжения, которые возникают при эксплуатации между пластами [2, 5].

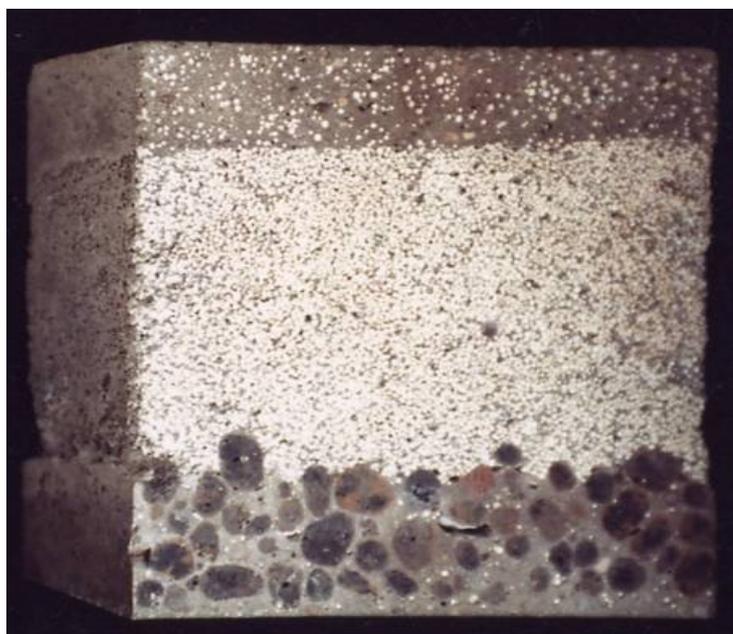


Рис. 3. Слоистый монолитный материал с переходной зоной

Гидратация и начальная стадия структурообразования цемента в условиях действия избыточного давления, температуры и пониженного водосодержания совпадают с первым периодом твердения вяжущего. При этом растворение клинкерных минералов, насыщение жидкой фазы продуктами их гидратации и образование микроскопических центров кристаллизации преобладает над образованием коагуляционных структур, формирование которых осложнено активным массопереносом. По мере уплотнения структуры отжатие влаги из масс постепенно прекращается, и при остывании материала создаются предпосылки для интенсивного роста кристаллических новообразований по всему объему как на поверхности гидратирующихся частиц, так и из пересыщенного продуктами гидратации раствора.

Таким образом, теплосиловое воздействие на твердеющую минеральную матрицу направлено как на механическое удаление через жидкую фазу избыточной формовочной влаги, так и на модифицирование механизма гидратации вяжущего при влагосодержании, близком к стехиометрическому.

В отличие от трехслойных изделий с пенополистиролбетоном [1], в котором пенополистирол рассматривается как суперлегкий наполнитель, в работе использовалась потенциальная энергия его вспучивания. При окончательном вспенивании полистирола в бетоне он не только создает избыточное давление, но и выполняет структуроформирующую роль. Расширение гранул полистирола способствует формированию плотной минеральной (несущей) матрицы, минимизации межгранульной пористости, спеканию гранул между собой в области межгранульного контакта и формированию двойного (минерально-полистирольного) пространственного скелета. В результате значительно (по сравнению с бетоном на инертном пенополистироле) увеличивается прочность при изгибе. Исследование такой структуры пенополистиролбетона показало, что усилие от нагрузки воспринимается минеральной матрицей материала, при этом нормальные напряжения передаются на полимерный каркас. Разрушение бетона происходит при нормальных напряжениях, превышающих прочность при разрыве полимерного каркаса, или в том случае, если прилагаемая нагрузка превышает прочность при сжатии минеральной матрицы.

Совместная монолитная работа всех слоев предлагаемой конструкции позволяет отказаться от механических приспособлений для связи бетонных слоев (шпонки, арматура, гибкие связи), свойственных традиционным трехслойным изделиям. Разработанная технология позволяет совместить на этапе формования ряд технологических операций: уплотнение масс, их обезвоживание; создание четких граней, хорошей лицевой поверхности; выштамповывание любого профиля изделий, например пазогребневых.

Перспективность разработанной технологии (защищена патентом РФ № 2444435) обусловлена возможностью изготовления трехслойных монолитных блоков для малоэтажного строительства непосредственно на месте возведения здания.

Проведены испытания прочности сцепления слоев друг с другом. Из табл., в которой приведены основные свойства разработанных изделий и ближайшего аналога [1], видно, что полученные по скоростной технологии трехслойные стеновые изделия являются материалами повышенной категории качества.

Сравнение показателей предлагаемых изделий с известными аналогами

Свойства	Самоуплотненные слоистые изделия	Трехслойные изделия со средним полистиролбетонным слоем [1]
Средняя плотность, кг/м ³ : теплоизоляционного слоя плотных слоев	200...600 2300...2500	200...600 2300...2500
Предел прочности при сжатии, МПа: теплоизоляционного слоя плотных слоев	0,92...1,29 27,1...37,5	0,64...1,0 21,1...29,6
Термическое сопротивление при толщине изделия 400 мм, м ² ·°С/Вт	4,6	3,54
Расход энергии на 1 м ³ изделий, кг пара	75	154
Время технологического цикла, ч	7	15

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пугач Е. М. Технология изготовления трехслойных блоков для возведения энергоэффективных ограждающих конструкций : дис. ... канд. тех. наук. М., 2005. 122 с.
3. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности / Ю. М. Баженов, Е. А. Король, И. Е. Ерофеев, Е. А. Митина. М. : АСВ, 2008. 320 с.
4. Король Е. А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета. М. : АСВ, 2001. 256 с.
2. Бегляров А. Э. Эффективные стеновые монолитно-слоистые изделия объемного прессования: дис. ... канд. тех. наук. М., 2011.
5. Соков В. Н., Бегляров А. Э. Способ изготовления трехслойных строительных изделий : Пат. № 2444435 Рос. Федерации; опубл. 10.03.2012.

1. Pughach E. M. Tekhnologiya izgotovleniya trekhslonnykh blokov dlya vozvedeniya energoef-fektivnykh ograzhdayushchikh konstruktсий : dis. ... kand. tekh. nauk. M., 2005. 122 s.
3. Ograzhdayushchie konstruktсии s ispol'zovaniem betonov nizkoy teploprovodnosti / Yu. M. Bazhenov, E. A. Korol', I. E. Erofeev, E. A. Mitina. M. : ASV, 2008. 320 s.
4. Korol' E. A. Trekhslonnye ograzhdayushchie zhelezobetonnye konstruktсии iz legkikh betonov i osobennosti ikh rascheta. M. : ASV, 2001. 256 s.
2. Beglyarov A. E. Effektivnye stenovye monolitno-sloistye izdeliya ob"emnogo pres-sovaniya: dis. ... kand. tekh. nauk. M., 2011.
5. Sokov V. N., Beglyarov A. E. Sposob izgotovleniya trekhslonnykh stroitel'nykh izdeliy : Pat. № 2444435 Ros. Federatsii; opubl. 10.03.2012.

© Соков В. Н., Бегляров А. Э., Солнцев А. А., Журавлева А. А., Гунькин И. С., 2014

Поступила в редакцию
в марте 2014 г.

Ссылка для цитирования:

Эффективные слоистые материалы с переходной зоной из наночастиц, синтезируемых в объеме композита / В. Н. Соков, А. Э. Бегляров, А. А. Солнцев, А. А. Журавлева, И. С. Гунькин // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 2(33). Ст. 2. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

For citation:

Sokov V. N., Beglyarov A. E., Solntsev A. A., Zhuravleva A. A., Gun'kin I. S. [Effective layered materials with transition zone from nanoparticly created in volume of composite]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2014, no. 2(33), paper 2. (In Russ.). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>