

УДК 691.32

А. А. ШИШКИН

Криворожский национальный университет

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЕНОБЕТОНА

Сокращение сроков производства работ по производству строительных изделий может быть достигнуто путем применения материалов, имеющих высокую скорость формирования свойств. Одним из таких материалов является гипс. Однако широкое использование гипса сдерживается из-за его недостаточной водостойкости, вследствие чего имеет место значительная потеря прочности изделий при их увлажнении. Целью настоящей работы является исследование влияния на прочность, водостойкость и водонепроницаемость пенобетона на основе гипсоцементного вяжущего щелочных солей непредельных жирных кислот и натрий-кальциевых силикатных стекол. В исследованиях были рассмотрены различные варианты использования молотого натрий-кальциевого силикатного стекла в качестве наполнителя пенобетона на основе гипсоцементного вяжущего, используемого одновременно с солями непредельных жирных кислот. Основным параметром, характеризующим протекание реакций взаимодействия между компонентами бетона, было изменение прочностных характеристик полученных пенобетонов. Исследование изменения прочности при сжатии во времени позволили выявить высокое значение прочности пенобетонов при использовании стеклянного наполнителя.

бетон, наполнитель, прочность, пена, кислоты

Одним из важнейших факторов, определяющих стоимость работ по изготовлению строительных изделий, в том числе из пенобетона, является их продолжительность. Сокращение сроков производства указанных работ может быть достигнуто применением материалов, имеющих высокую скорость формирования свойств. Одним из таких материалов является гипс. Из гипсовых вяжущих веществ широко применяют строительный гипс. Практически неисчерпаемы запасы гипсового сырья – двуводного гипса, относительная простота производства гипса и его ценные строительные свойства позволяют рассматривать последний как достаточно эффективный и качественный строительный материал. При этом основным преимуществом гипса является достаточно высокая скорость схватывания и твердения, что обуславливает, в частности, высокую скорость производства работ, связанных с изготовлением строительных конструкций и изделий.

Однако широкое использование гипса сдерживается из-за его недостаточной водостойкости, вследствие чего имеет место значительная потеря прочности изделий при их увлажнении. Так как прочность гипсовых изделий при насыщении водой уменьшается до 35...45 % от прочности в сухом состоянии, вследствие чего не рекомендуется применять гипсовые материалы в конструкциях, подвергающихся значительному и длительному воздействию воды. Кроме того, прочность гипсового камня достаточно невысока, что также ограничивает сферу его применения. Поэтому вопрос повышения водостойкости и прочности изделий из пенобетона на основе гипса или гипсовых вяжущих при сохранении высокой скорости набора прочности представляет большой научный и практический интерес и достаточно актуальный.

Использование при производстве пенобетона вяжущих веществ на основе гипса и тонкоизмельченного натрий-кальциевого силикатного стекла позволит повысить конструкционные и эксплуатационные качества пенобетона.

Современный обобщающий подход к теории композиционных материалов с заполнителями и наполнителями в виде дисперсных частиц сводится к тому, что совокупность свойств композитов рассматривается на уровне двух бинарных систем: связующего (как комбинации вяжущего и

высокодисперсных наполнителей, в том числе негидратированных зерен вяжущего) и макроагломерата [1–3].

По мнению П. П. Будникова, В. М. Юнга и других исследователей, основной причиной низкой водостойкости гипсовых изделий является относительно высокая растворимость гипса. Снижение растворимости гипса можно достичь, применяя добавки, имеющие общий ион с сульфатом кальция. Наиболее распространенной добавкой такого типа является известь. Уменьшение растворимости двугидрата может быть также достигнуто путем совместного введения извести и гидравлических добавок в различных соотношениях [4]. Окончательно А. В. Волженским [5–6] было определено, что смешанное вяжущее, содержащее гипс, портландцемент и гидравлическую добавку, обладает высоким качеством и может применяться для производства строительных изделий, и в том числе пенобетона, где положительные свойства данного вяжущего проявляются наиболее ярко.

В то же время существует проблема активного взаимодействия натрий-кальциевого силикатного стекла (минеральные и волокнистые стеклянные материалы, стеклоткань, пеностекло), которые могли бы быть использованы как эффективные заполнители в цементных пенобетонах, с цементным камнем. Эта проблема создает серьезные проблемы при использовании натрий-кальциевого силикатного стекла как эффективного наполнителя в цементных композиционных материалах.

Известны исследования натрий-кальциевого стекла как наполнителя цементного теста. Выявлено, что добавление стекла в цементную композицию в большинстве случаев приводит к протеканию процесса щелочно-силикатного взаимодействия и снижению прочности. Однако порошки стекла высокой дисперсности не приводят к расширению образцов [7].

Таким образом, анализ известных работ показал, что натрий-кальциевые силикатные стекла могут быть использованы в качестве гидравлической добавки в гипсоцементных вяжущих.

Известно, что в процессе гидролиза мыл непредельных жирных кислот, образующиеся при гидролизе, обычно находятся на поверхности раздела газ – вода, а ионы – предпочтительно в объеме жидкости [8]. Это положение легло в основу теоретических положений о том, что введение в состав как тяжелого, так и пенобетона щелочных солей непредельных жирных кислот приводит к повышению прочности и снижению водопоглощения бетонов [9].

На основе результатов анализа известных исследований, приведенных в литературных источниках, можно предположить, что использование в качестве гидравлической добавки в гипсоцементные вяжущие молотого натрий-кальциевого силикатного стекла совместно с солями непредельных жирных кислот позволит повысить прочность и водостойкость пенобетона на основе гипсоцементного вяжущего.

Целью настоящей работы является исследование влияния на прочность, водостойкость и водонепроницаемость пенобетона на основе гипсоцементного вяжущего, щелочных солей непредельных жирных кислот и натрий-кальциевых силикатных стекол.

Эксперименты проводились в соответствии со стандартными методиками. Контроль прочности образцов производили на универсальной машине УММ-100. Для изготовления образцов использовали стандартный цемент М400 производства ПАТ «Хайдельберг цемент» (г. Кривой Рог) и гипс строительный Даниловского завода. Молотое натрий-кальциевое силикатное стекло получали дроблением бытового стеклобоя в молотковой дробилке с последующим помолотом в роторной мельнице. В качестве щелочной соли непредельных жирных кислот применяли промышленный олеат натрия [10].

Предварительными исследованиями было определено оптимальное соотношение между гипсом и портландцементом, которое составило 1:2, 8. Как показали исследования, введение в данную систему до 12 % молотого натрий-кальциевого стекла с удельной поверхностью 250–300 м²/кг приводит к незначительному увеличению (до 20 %) прочности получаемого камня и значительному повышению водостойкости (до 150 %).

Выявлено, что существенное расширение образцов, характерное для щелочно-силикатного взаимодействия, наблюдается только у бетонов с крупными фракциями (более 1,25 мм) молотого натрий-кальциевого силикатного стекла.

Изучение зависимости прочности при сжатии от времени выдержки бетонов позволило выявить значительное повышение прочности (до 134 %) образцов пенобетонов при использовании стеклянного наполнителя минимальной исследованной фракции. Во времени наблюдается резкий прирост прочности при снижении размера зерен наполнителя.

Результаты исследований показали, что при размере частиц стекольного наполнителя менее 50 мкм происходит аномальный рост прочности, значительно превышающий прочность композиций на стан-

дартном наполнителе из кварцевого песка. Такое увеличение прочности может быть объяснено способностью дисперсного стекла включаться в процессы образования новых фаз при образовании цементного камня за счет высокой удельной поверхности порошков стекла. Проблема подавления процесса щелочно-силикатного взаимодействия стекольного наполнителя с цементом может быть частично решена легко осуществляемым технологическим путем, который заключается в активации поверхности зерен стеклянного наполнителя ионами железа. Для этого достаточно производить помол натрий-кальциевого силикатного стекла в присутствии железосодержащих оксидов [11].

В результате такой обработки поверхность частиц стеклянного наполнителя насыщается силикатным железом и становится активной по отношению к поверхностно-активным веществам (ПАВ) типа непредельных жирных кислот и особенно их солей. Это обеспечивает адсорбцию солей непредельных жирных кислот на поверхности стеклянного наполнителя и, как следствие, прилипание его к воздушным пузырькам пены.

Вследствие этого воздушные пузырьки пены (в дальнейшем поры бетона) оказываются «бронированными» стеклянным наполнителем, покрытым углеводородными радикалами ПАВ, а межпоровое пространство пенобетона насыщается ионами щелочного металла. Это способствует ускорению набора прочности бетоном и повышению ее величины.

Экспериментальные исследования подтвердили теоретические положения, приведенные выше. Введение в состав пенобетона на основе гипсоцементного вяжущего стеклянного наполнителя, активированного ионами железа, и ПАВ на основе непредельных жирных кислот привело в условиях эксперимента к повышению прочности пенобетона. Увеличение содержания олеата натрия в рассматриваемой системе от 0,01 до 0,10 % от массы минеральной части вяжущего приводит к увеличению прочности пенобетона, соответственно, на 100...300 %, водонепроницаемости на 30...120 %, морозостойкости на 50...140 % и снижению водопоглощения на 25...150 % [12].

Следует отметить, что, чем ниже плотность пенобетона (выше его пористость), тем выше эффективность применения активированного стеклянного наполнителя и ПАВ на основе непредельных высших жирных кислот (большой прирост величин контролируемых показателей). При прочих равных условиях (соотношении между компонентами минеральной части вяжущего, условий получения и твердения пенобетона) оптимальное количество олеата натрия и величина прироста прочности пенобетона увеличиваются. Повышение водонепроницаемости и морозостойкости косвенно подтверждает выдвинутую гипотезу о создании на поверхности пор в пенобетоне прочного и плотного слоя, который закупоривает поры, предотвращая проникновение сквозь них влаги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках поставленной задачи можно сделать следующие выводы:

1. Возможным путем подавления процесса щелочно-силикатного взаимодействия между стеклянным наполнителем и цементом может быть модификация стекла путем активации его поверхности ионами железа с одновременным применением ПАВ на основе непредельных высших жирных кислот.
2. Установлено, что активация натрий-кальциевого силикатного стекла ионами железа, не только обеспечивает повышение водостойкости гипсоцементного вяжущего, но и в присутствии солей непредельных жирных кислот приводит к увеличению количества замкнутых пор и влечет за собой повышение прочности и морозостойкости пенобетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов, Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны: [науч. изд-е] [Текст] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : Изд-во АСВ, 2006. – 368 с.
2. Beneficiated Fly Ash Versus Normal Fly Ash or Silica Fume [Текст] / M. Collepardi, S. Collepardi, J. J. Olagot, R. Troli // the 9th CANMET/ACI International Conf. on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolansin Concrete, 20–25 May 2007 : Proc. / Ed. V. M. Malhotra. – Warsaw (Poland) : CANMET/ACI, 2007. – P. 1–8.
3. Шишкин, А. А. Пути повышения прочности пористых бетонов [Текст] / А. А. Шишкин // Вісник ОДАБА, Вип. 35. – Одеса : «Місто майстрів», 2009. – С. 390–394.
4. Будников, П. П. Гипсовые безобжиговые цементы [Текст] / П. П. Будников, Л. Г. Гулинова, С. А. Торчинская / Химический журнал. – 1967. – Т. 21, №. 2. – С. 28–36.
5. Технология вяжущих веществ [Текст] / В. Н. Юнг, Ю. М. Бутт, С. Д. Окорочков, В. Ф. Журавлев. – М. : Промстройиздат, 1952. – 326 с.
6. Волженский, А. В. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие и изделия [Текст] / А. В. Волженский, М. И. Роговой, В. И. Стамбулко. – М. : Госстройиздат, 1960. – 168 с.

7. Кетов, П. Л. Использование вяжущих свойств дисперсных силикатных стекол при утилизации стеклобоя [Текст] / П. Л. Кетов, В. С. Корзапов, С. И. Пузанов // Строит. материалы. – 2007. – № 5. – С. 2–3.
8. Remarque W. Glass powder as a reactive addition for blast furnace cements : [Текст] / W. Remarque, D. Heinz, C. Schleusser // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium 19–20 March 2001. Dundee UK. – P. 229–238.
9. Годэн, А. М. Флотация [Текст] / А. М. Годэн. – М. : Госнаучлит по горному делу, 1959. – 653 с.
10. Qaudin, A. M. Minerai concentration by oil adhesion [Текст] / A. M. Qaudin // the XVth cetnury, Eng. Mining J. – 1990. – 141(10). – P. 43–44.
11. Шишкин, А. А. Специальные бетоны для усиления строительных конструкций эксплуатирующихся в условиях действия агрессивных сред [Текст] : дис. ... доктора техн. наук : 05.23.05 / Шишкин Александр Алексеевич. – Кривой Рог, 2003. – 336 с.
12. Шишкина, А. А. Свойства и технология пенобетона, модифицированного оксидами железа [Текст] : дис. ... кандидата техн. наук : 05.23.05 / Шишкина Александра Александровна. – Кривой Рог, 2010. – 178 с.

Получено 22.12.2014

О. О. ШИШКІН
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІНОБЕТОНУ
Криворізький національний університет

Скорочення термінів виконання робіт по виробництву будівельних виробів може бути досягнуто шляхом застосування матеріалів, що мають високу швидкість формування властивостей. Одним з таких матеріалів є гіпс. Однак широке використання гіпсу стримується через його недостатню водостійкість, внаслідок чого має місце значна втрата міцності виробів при їх зволоженні. Метою цієї роботи є дослідження впливу на міцність, водостійкість і водонепроникність пінобетону на основі гіпсоцементного в'язучого лужних солей неграничних жирних кислот і натрій-кальцієвих силікатних стекол. У дослідженнях були розглянуті різні варіанти використання меленого натрій-кальцієвого силікатного скла як наповнювача пінобетону на основі гіпсоцементного в'язучого, використовуваного одночасно з солями ненасичених жирних кислот. Основним параметром, що характеризує протікання реакції взаємодії між компонентами бетону, була зміна характеристик міцності отриманих пінобетонів. Дослідження зміни міцності при стисненні в часі дозволили виявити високе значення міцності пінобетонів при використанні скляного наповнювача.

бетон, наповнювач, міцність, піна, кислоти

ALEXANDER SHISHKIN
WAYS TO ENHANCE THE QUALITY OF FOAM
Krivoi Rog National University

Reducing the time of works for the production of building products can be achieved by using materials having a high rate of formation properties. One such material is a gypsum. However, the widespread use of gypsum is constrained due to its lack of water resistance, so that there is a significant loss of strength products at their moisture. The aim of this work is to study the influence of the strength, water resistance and water resistance of foam on the basis of gypsum cement binder alkali salts of unsaturated fatty acids and sodium-calcium silicate glasses. The studies were reviewed various options of using ground soda-lime silicate glass as a filler foam based on gypsum cement binder used together with salts of unsaturated fatty acids. The main parameter characterizing the reactions of interaction between the components of concrete, was the change in the strength characteristics of foam concrete. Study of changes in compressive strength over time revealed a high value foam concrete strength using a glass filler.

concrete, filler, strength, foam, acid

Шишкин Олександр Олексійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів, матеріалів і конструкцій Криворізького національного університету. Академік Академії гірничих наук України. Наукові інтереси: фізико-механічні властивості будівельних матеріалів і виробів.

Шишкин Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительных изделий, материалов и конструкций Криворожского национального университета. Академик Академии горных наук Украины. Научные интересы: физико-механические свойства строительных материалов и изделий.

Shishkin Alexander – DSc (Eng.), Professor, the Head of the Technology of Building Wares, Materials and Constructions Department, Krivoy Rog National University. Academician of Academy of Mountain Sciences of Ukraine. Scientific interests: properties of building materials and wares.