

УДК 691.32

Овсюков М.Ю., Сухов А.А., Хежсев Т.А.

ТЕХНОЛОГИЯ ФИБРОПЕНОБЕТОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ПИЛЕНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ТУФА

Ovsyukov M.YU., Sukhov A.A., Khezhev T.A.

THE TECHNOLOGY OF THE FIBER AND FOAM CONCRETES WITH APPLICATION OF SAWING WASTE OF THE VOLCANIC TUFF

Разработаны способы приготовления и тепловой обработки фибропенобетон с применением отходов пиления вулканического туфа. Исследованы составы и свойства фибропенобетон. Предложенные способы приготовления фибропенобетонной смеси и тепловой обработки изделий позволяют снизить водотвердое отношение и усадочные деформации с одновременным увеличением прочности фибропенобетона.

Ключевые слова: *фибропенобетон, отходы пиления вулканического туфа, способ приготовления фибропенобетонной смеси, способ тепловой обработки изделий из фибропенобетона.*

Are developed the methods of preparation and hot working of fiber and foam concretes with the with application of sawing waste of the volcanic tuff. Are investigated compositions and properties of fiber and foam concretes. The methods of the preparation of the fiber and foam concretes mixture and the hot working of articles proposed make it possible to decrease water-solid relation and shrinkage strain with a simultaneous increase in the strength of fiber and foam concretes

Key words: *fiber and foam concretes, the sawing waste of the volcanic tuff, the method of the preparation of the fiber and foam concretes mixture, the method of the hot working of articles made of fiber and foam concretes.*

Одним из материалов, являющихся эффективной заменой кварцевого песка и других кремнеземистых компонентов может быть туфовый песок – вулканическая горная порода, ранее не использовавшаяся в технологии пенобетона. Использование для ячеистых бетонов дешевых материалов из отходов и рыхлых разновидностей вулканического происхождения позволяют решить и другую важную проблему – охрану окружающей среды и восполнить имеющийся огромный дефицит заполнителей для легких бетонов. Пористые природные заполнители вулканического происхождения являются легкими, имеют хорошее сцепление с цементным камнем, пылевидная часть химически активна в отношении цементов, а пористые разности, кроме того, способны создавать в бетоне эффект самовакуумирования.

Для исследований использовались: портландцемент М 400 Пикалевско-

го завода; известь воздушная кальциевая порошкообразная Угловского известкового комбината; гипс полуводный марки Г – 5, нормальнотвердеющий, среднего помола; пенообразователь – клееканифольный, состоящий с водой соотношение 1:5 и имеющий кратность 20. Химический состав отходов пиления вулканического туфа представлен в табл. 1. Максимальный размер зерен отходов пиления вулканического туфа составлял 1,25 мм.

Таблица 1 - Химический состав отходов пиления вулканического туфа

Содержание основных компонентов в % от массы								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO	Na ₂ O+ +K ₂ O	SO ₃	п.п.п.
73,1	13,75	1,75	1,65	1,12	0,23	3,87	0,12	2,0

Фибровая арматура изготавливалась из отходов промышленных капроновых нитей, образующихся при производстве канатов на АО «Нева». Диаметр элементарного волокна составлял 0,02 мм.

Изготовление ячеистобетонных образцов из сырьевой смеси включает следующие операции: приготовление ячеистобетонной смеси, формование и тепловлажностную обработку. Приготовление смеси осуществляли в смесителе периодического действия. По обычной (традиционной) технологии первоначально перемешивали цемент, известь, гипс и отходы пиления вулканического туфа – туфового песка с водой до получения однородной массы, затем добавляли синтетические волокна и пену, после чего перемешивание всех компонентов продолжали до получения смеси заданной плотности. По этому способу предусматривается одностадийное введение заполнителя. Образцы размером 4x4x16 см формовали литьевым способом. Тепловую обработку образцов, приготовленных по одностадийной технологии, осуществляли после предварительной выдержки в течение 16 ч при t = 20±2 °С в пропарочной камере при t = 80 °С по режиму 2 + 6 + естественное остывание. Перед испытаниями образцы высушивали до постоянной массы при t = 105 °С в сушильном шкафу. Проведенные нами исследования позволили установить эффективность использования для получения безавтоклавных пенобетонов вулканических горных пород, в том числе отходов пиления вулканического туфа [1, 2]. Составы предложенных сырьевых смесей фибропенотуфобетона и их основные физико-механические свойства приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Составы пенобетона и физико-механические свойства

Составы	Соотношение компонентов в смеси, мас. %							Показатели свойств бетона		
	цемент	туфовый песок	известь	гипс	волокно	пена	вода	средняя плотность кг/м ³	прочность при изгибе МПа	прочность на сжатие, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	33,8	33,8	–	–	–	1,25	31,1	511	0,2	1,11
2	16,1	32,2	16,1	0,9	–	1,25	33,4	503	0,18	1,36
3	33,5	33,5	–	–	0,9	1,27	30,8	506	0,82	1,5

В технологии фибробетонов вопросы, связанные с перемешиванием, занимают особое место, так как именно на этой стадии происходит армирование смеси волокнами, обеспечение равномерности распределения которых, закладывает основы для получения материала с улучшенными свойствами. Кроме того, в процессе перемешивания составляющих бетона с неметаллическими волокнами возникает необходимость распушки последних.

Известно, что многие недостатки ячеистых бетонов (низкая прочность, большая усадка) являются следствием значительного водосодержания смеси. Высокий расход воды требуется для нормального образования структуры в процессе перемешивания раствора с пеной и определяется заданным распылом раствора для определенной расчетной средней плотности пенобетона на вискозиметре Суттарда по методике СН 277 – 80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона».

Одним из способов снижения водосодержания смеси является применение различных технологических приемов, связанных с изменением порядка загрузки компонентов. В качестве примера можно привести технологию «сухой минерализации», разработанную в МГСУ [3].

Суть технологии заключается в приготовлении низкократной пены, в которую затем при непрерывном перемешивании добавляется смесь из сухих компонентов, происходит так называемая «сухая минерализация» пены. Низкократные пены характеризуются толстыми водными прослойками между воздушными пузырьками и поэтому отличаются высокой стойкостью к процессу минерализации: при приготовлении пенобетонной массы не наблюдается разрушения пены. В качестве особенности этого метода можно отметить то, что используемый заполнитель – кварцевый песок, применяется в немолотом виде, что позволяет снизить энергетические затраты.

Нами была предпринята попытка применить данную технологию в случае использования туфового песка, который проявил себя как высокопористый заполнитель и оказался способным высушить «мокрую» (низкократную) пену, в результате чего пористость фибропенотуфобетонной массы приобрела рваный, неоднородный характер с крупными сообщающимися порами.

Следует так же отметить, что пенобетонная смесь не отличалась стойкостью: спустя 20 минут после заливки осадка смеси составляла 20 – 25%.

Учитывая данные обстоятельства, был предложен способ приготовления фибропенотуфобетонной смеси с пофракционным введением заполнителя. Исходный туфовый песок с наибольшим диаметром зерен 1,25 мм рассевался на две фракции: крупную, с диаметром зерен более 0,63 мм, и мелкую, с диаметром зерен менее 0,63 мм. Процентное содержание каждой фракции в исходном песке составляло соответственно 19 и 81 % по массе.

На первом этапе приготавливалась пенобетонная смесь с использованием мелкой фракции туфового песка. Затем в эту массу добавлялась оставшая часть заполнителя. Этот прием имеет сходство с технологией «сухой минерализации» с тем отличием, что роль низкократной пены выполняет пенобе-

тонная масса, и минерализуется она ранее отсеянной крупной фракцией заполнителя. При этом крупные зерна заполнителя равномерно распределяются в объеме ранее приготовленной фибропенотуфобетонной смеси. Далее начинаются процессы структурообразования, аналогичные с процессами, протекающими при твердении легких бетонов на пористых заполнителях, а именно, крупные зерна заполнителя поглощают из цементного раствора избыточную воду, происходит самовакуумирование смеси, снижающее ее пластичность. Это замедляет капиллярный переток жидкости в пене, что способствует повышению устойчивости пенобетонной массы.

Следует отметить, что введение сухого заполнителя в готовую пеномассу не приводит к ее расслоению. Связано это с тем, что к этому времени поверхность пенных пузырьков уже «бронирована» частицами цемента и мелкого заполнителя, и крупное зерно «зависает» на такой пленке.

При дальнейшем твердении заполнитель отдает воду и поддерживает благоприятные условия твердения цементного раствора. В результате такого взаимодействия цементного раствора и пористого заполнителя происходит образование контактной зоны из цементного камня повышенной плотности. Это подтверждается результатами эксперимента (рис. 1), в котором сравнивались прочностные и деформационные характеристики образцов, приготовленных с одностадийным и пофракционным введением заполнителя при различных водотвердых отношениях.

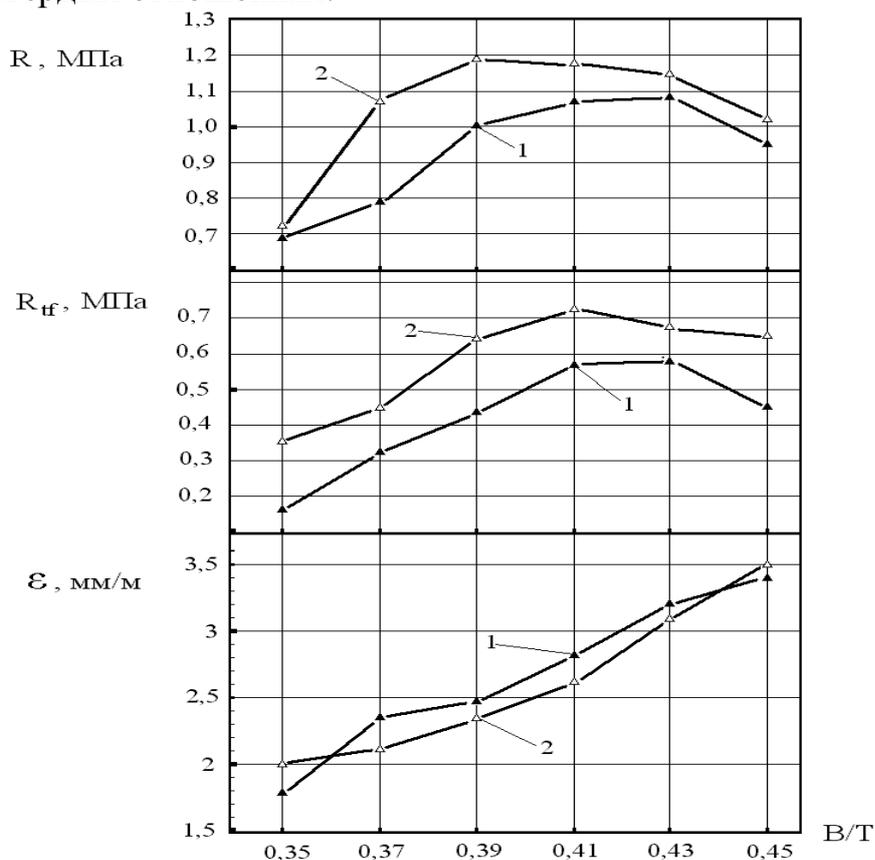


Рисунок 1 - Зависимость физико-механических характеристик фибропенотуфобетона от способа приготовления и водотвердого отношения смеси. Здесь: 1 – одностадийное; 2 – пофракционное введение заполнителя

Из рисунка 1 видно, что прочность образцов изготовленных по предложенному способу выше по сравнению с образцами, полученными по обычной технологии. Установлено, что применение такого приема позволяет снизить водотвердое отношение с 0,43 до 0,39 с одновременным увеличением прочности фибропенотуфобетона. При обычном (одностадийном) способе введения заполнителя снижение водосодержания отрицательно влияет на прочность материала.

Следует отметить, что помимо повышения прочности в результате снижения водосодержания смеси уменьшаются усадочные деформации при высыхании.

Дальнейшие исследования были направлены на исследования тепловлажностной обработки изделий из фибропенотуфобетона.

В данной работе применялась тепловая обработка в пропарочной камере при температуре 80 °С. По сравнению с автоклавной технологией, традиционно используемой для твердения ячеистых бетонов, эта технология обладает рядом преимуществ:

- отпадает потребность в дорогостоящих автоклавах и котлах высокого давления;
- не требуется помол кремнеземистого компонента;
- появляется возможность использования синтетических волокон в качестве дисперсной арматуры, которая «сгорает» или «растворяется» в автоклавах;
- сокращаются общие энергозатраты;
- появляется возможность организации производства ячеистобетонных изделий на базе существующих заводов ЖБИ.

Вместе с тем, безавтоклавная технология имеет и свои недостатки, одним из которых является высокая влажность фибропенобетона после пропаривания (в зависимости от вида заполнителя 20 – 45 %). Следствием этого является значительная усадка материала при высыхании, что приводит к появлению трещин.

Иногда изделия, соответствующие по прочности заданным требованиям, оказываются непригодными к применению, так как через некоторое время после тепловой обработки в них появляются и развиваются трещины в результате усадки бетона.

С целью снижения влажности изделий был проведен ряд экспериментов, в результате которых был предложен следующий способ тепловой обработки. В течение 2 часов осуществляется подъем температуры до 80 °С, изотермическая выдержка при этой температуре в течение 8 ч. Затем подача пара прекращается, и дальнейшая тепловая обработка проходит в среде подаваемого горячего воздуха, что приводит к удалению влаги.

По своему воздействию этот прием подобен вакуумавтоклавизации в технологии автоклавных ячеистых бетонов, когда после запарки материала в автоклаве создается разрежение, в результате чего снижается остаточная влажность материала.

В образцах, вырезанных из изделий, прошедших такую тепловую обработку, определялись прочность при сжатии, остаточная влажность и усадка при высыхании в естественных условиях.

Результаты испытаний, представленные на рис.2, свидетельствуют о значительном снижении остаточной влажности и усадки при высыхании после включения в процесс тепловой обработки этапа сухого прогрева.

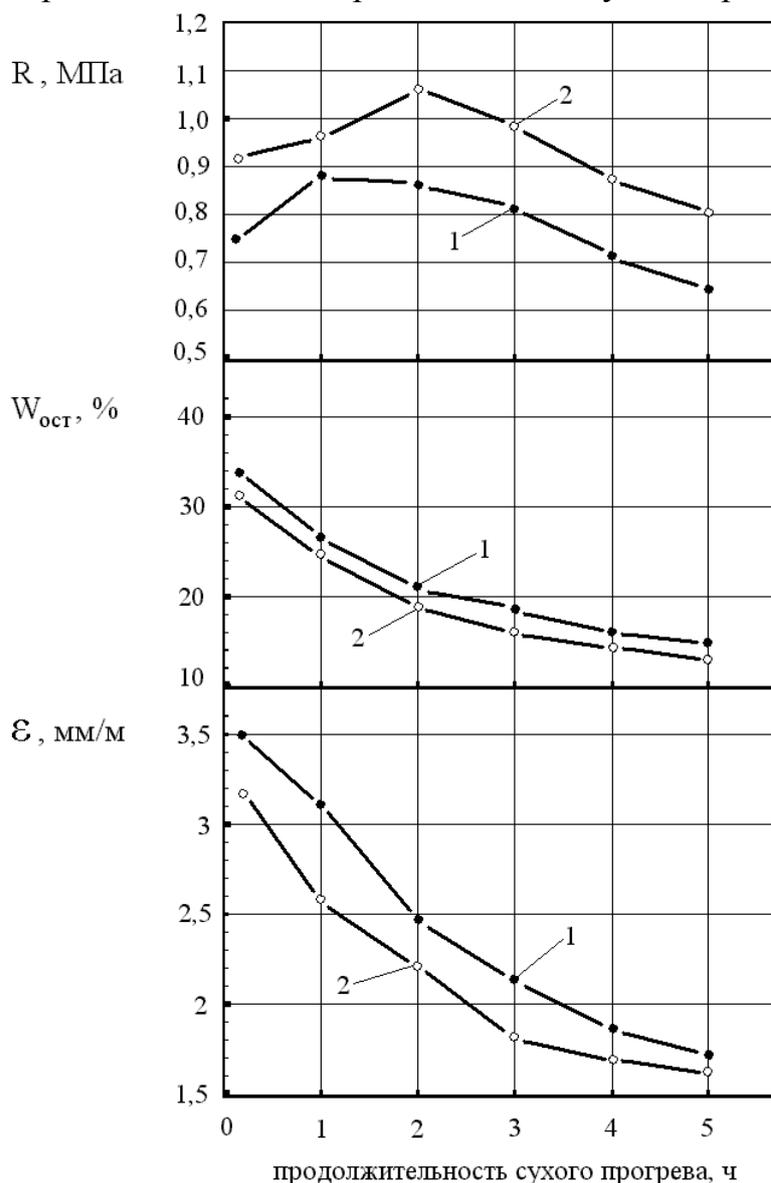


Рисунок 2 - Зависимость свойств фибропенотуфобетона от параметров тепловой обработки.

Здесь: 1 – продолжительность изотермической выдержки 6 ч;
2 – продолжительность изотермической выдержки 8 ч

Это объясняется тем, что часть влаги удаляется из пенобетона еще в процессе тепловой обработки (в процессе обработки горячим воздухом), и чем длительнее этот процесс, тем меньше остаточная влажность и усадка. Кроме того, на начальном этапе сушки имеет место повышение прочности

пенобетона. Это связано с тем, что в это время в образцах еще содержится влага и продолжается набор прочности.

При удалении воды с началом сушки начинается усадка. При этом она протекает в еще неокрепшем материале и дефекты структуры, возникающие при испарении воды и образовании капилляров, «залечиваются» вновь образующимися кристаллогидратами.

По мере уменьшения количества воды, реакции гидратации замедляются, и наблюдается снижение прочности.

Можно предположить, что это снижение прочности носит временный характер, и что со временем возобновится прирост прочности за счет влаги, содержащейся в воздухе.

Следует заметить, что увеличение времени изотермической выдержки при пропаривании улучшает характеристики ячеистого бетона (повышается прочность, снижается усадка при высыхании).

Вывод.

Применение предложенного способа приготовления фибропенотуфобетонной смеси позволяет снизить водотвердое отношение с одновременным увеличением прочности фибропенотуфобетона. Применение принудительной сушки позволяет снизить усадочные деформации ячеистых туфобетонов без потерь прочности при правильно подобранных режимах тепловой обработки (температура, время).

Библиографический список:

1. Хежев Т.А., Пухаренко Ю.В., Хашукаев М.Н. Применение различных кремнеземистых компонентов для получения ячеистых бетонов // Вестник Кабардино-Балкарского гос. ун-та. (Сер. «Технические науки», вып. 4). Нальчик: КБГУ, 2000. – С. 85-86.
2. Хежев Т.А., Пухаренко Ю.В., Хашукаев М.Н. Пенобетоны с применением вулканического туфа // Вестник Кабардино-Балкарского гос. ун-та. (Сер. «Технические науки», вып. 5). Нальчик: КБГУ, 2003. – С. 85.
3. А.с. 1574578 СССР, МКИ С 04 В 38/10. Способ изготовления теплоизоляционных материалов / Меркин А.П., Кобидзе Т.Е., Зудяев Е.А.; Моск. инженер.-строитин-т. - № 4373897/31 – 33; Заявлено 04.02.88; Опубл. 30.06.90, Бюл. № 24. – 2 с.