

ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЕ ПЛИТЫ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ ЗДАНИЙ**Красулина Л.В., Потапова И.Л.**

Введение. При выполнении строительно-монтажных работ значительный объем занимают отделка и облицовка наружных и внутренних стен зданий. Лучшим облицовочным материалом являются плиты из твердых горных пород – гранита, сиенита, кварцита и др. В Республике Беларусь природные облицовочные материалы являются дефицитными, имеют высокую стоимость и, несмотря на высокую декоративную выразительность и долговечность, по стоимости не могут конкурировать с искусственными каменными материалами, в частности с облицовочными цементными плитами. Эти искусственно приготовленные изделия представляют собой имитацию плит из естественного камня и могут применяться как для облицовки внутри помещений, так и для облицовки фасадов.

К наиболее перспективным отделочным материалам относятся композиционные материалы на основе мелкозернистых бетонов. Из цементно-песчаных бетонов можно получать долговечные и недорогие облицовочные изделия. Основными компонентами, из которых изготавливаются декоративные облицовочные плиты, являются вяжущие вещества, кварцевый песок, вода, а также пигменты и добавки, позволяющие улучшить декоративные и физико-механические показатели изделий.

К наружным отделочным материалам предъявляются дополнительные требования по прочности, морозостойкости, цветовой однородности, так как в результате внешних воздействий происходят изменения их физико-механических и декоративных свойств. Важную роль при этом играет влага. В изделиях содержится значительное количество влаги в момент их производства. За счет сил капиллярного подсоса изделия могут поглощать влагу из кладочного раствора. Влага попадает в наружные облицовочные изделия при выпадении атмосферных осадков и т.п. Миграция влаги в материале приводит к переносу растворимых и малорастворимых веществ (гидроксида кальция, красителей и др.), что вызывает ухудшение декоративных свойств и структуры материала.

Влияние влаги особенно усиливается при одновременном воздействии на материал отрицательных температур. В этом случае величина развивающихся в материале напряжений будет определяться различием в коэффициентах температурного расширения льда и скелета материала и изменением объема воды при переходе ее в лед. Когда напряжения достигают критических величин, материал разрушается.

Прослеживается зависимость морозостойкости от параметров и распределения по размерам замкнутых пор. Увеличение объема крупных открытых пор и уменьшение мелких снижает морозостойкость. Наилучшие показатели морозостойкости бетона получены при создании в его структуре мелких замкнутых равномерно распределенных воздушных пор при одновременном повышении плотности цементного камня.

Цель работы состояла в разработке составов и технологии производства облицовочных плит из пластичных цементно-песчаных смесей путем их прессования с одновременным удалением избыточной влаги (фильтрационное прессование).

Пути повышения долговечности искусственных каменных материалов. На основании анализа результатов внешних воздействий на облицовочные изделия можно отметить следующие пути повышения их долговечности:

- выбор технологии, способствующей снижению фактического водоцементного отношения и получению плотного бетонного камня;
- получение гладкой поверхности изделия, препятствующей скоплению загрязнений на его поверхности;
- связывание гидроксида кальция, выделяющегося при гидратации клинкерных материалов;
- гидрофобизация изделий, повышающая сопротивляемость к атмосферным воздействиям за счет уменьшения смачивания поверхностей, водопоглощения, воздействия агрессивных веществ, содержащихся в воздухе;

В настоящее время в промышленности строительных материалов чаще всего изделия из мелкозернистого бетона изготавливают из особо жестких смесей методами интенсивного уплотнения и из малоподвижных смесей на стандартных виброплощадках без пригруза либо с пригрузом. Одним из перспективных направлений изготовления изделий из песчаного бетона является технология фильтрационного прессования, которая предполагает приготовление пластичного цементного теста и последующее его формование под давлением с одновременным удалением из смеси избытка воды затворения через фильтрующие элементы.

В работе [1] рассмотрено образование прочного водостойкого камня при прессовании (величина прикладываемого давления 50...100 МПа) дисперсных гидросиликатов кальция нестабильной структуры, затворенных водой за счет формирования контактно-конденсационной связи между макрочастицами, без изменения химического состава и агрегатного состояния вещества. По результатам исследований установлен факт интенсификации твердения бетона, отпрессованного под давлением, повышение его плотности, водонепроницаемости, морозостойкости [2].

Интенсификация гидратации цемента в бетонах, твердеющих под давлением возможна за счет повышения проникающей способности молекул воды (диффузии), находящихся под действием гидростатического давления, и увеличения тем самым поверхностей взаимодействия цемента с водой, а также за счет снижения внутренних структурных связей в большей части объема пленок, обволакивающих зерна вяжущего.

На втором этапе прессования большое значение имеет трение между твердыми частицами цементной пасты и их нелинейная деформация. В результате этого внутреннее сопротивление внешнему давлению возрастает, а фильтрация воды уменьшается.

Роль давления не ограничивается только отжатием жидкой фазы, под влиянием давления проявляются процессы, обеспечивающие дополнительный прирост прочности за счет формирования более качественной однородной структу-

ры в твердеющем бетоне. Прессование обеспечивает уменьшение как общего объема пор, так и изменение их качественного состава.

Первые этапы работы по разработке составов состояли в определении соотношения между количеством песка и цемента в предлагаемых композициях мелкозернистого бетона, а также установлении оптимального значения удельного давления прессования.

Результаты исследований и их обсуждение. Технология изготовления облицовочных плит из пластичных цементно-песчаных смесей методом фильтрационного прессования позволяет применять исходную бетонную смесь с водоцементным отношением (В/Ц) 0,4...0,6, обеспечивающим необходимую удобоукладываемость. В процессе прессования за счет отжатия жидкой фазы водоцементное отношение снижается до 0,2...0,3 [4].

Удельное давление прессования изменяли от 5 МПа до 20 МПа, водоцементное отношение прессуемого материала – от 0,40 до 0,60. Анализ полученных данных показал, что изменение давления не влияет на значение остаточного водоцементного отношения, которое колеблется от 0,25 до 0,30 независимо от величины давления прессования и начального водоцементного отношения.

Результаты проведенных исследований показали, что предел прочности при сжатии образцов песчаного бетона уменьшается при увеличении количества песка в их составе. Наибольшие значения прочностных характеристик наблюдаются у образцов состава Ц : П = 1 : 1, у образцов состава Ц : П = 1 : 2 предел прочности при сжатии уменьшается приблизительно на 30%, при соотношении Ц : П = 1 : 3 прочностные характеристики уменьшаются в два и более раза по сравнению с прочностными характеристиками образцов состава Ц : П = 1 : 2 (таблица 1). Оптимальное значение давления прессования составляет 10 МПа.

В дальнейших работах по разработке композиционных составов облицовочных плит повышенной прочности и морозостойкости за основу был принят состав песчаного бетона с соотношением Ц : П = 1 : 2. Образцы состава Ц : П = 1 : 3 имеют небольшие значения прочностных характеристик, а состава Ц : П = 1 : 1 требуют большого расхода цемента, удельное давление прессования составляло 10 МПа.

Для повышения прочности и долговечности изделий из мелкозернистого песчаного бетона рекомендуется применять различные добавки.

В качестве добавок-электролитов применялись: жидкое стекло, сернокислое железо (FeSO_4), хлорное железо (FeCl_3), сернокислый натрий (Na_2SO_4), хлористый кальций (CaCl_2), азотнокислый кальций (нитрат кальция) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Влияние добавок оценивали по результатам сравнительных испытаний образцов на прочность при сжатии.

Введение в цементно-песчаную смесь сернокислого натрия, сернокислого или хлорного железа незначительно на 20...30% повышает прочность образцов в суточном возрасте, но снижает ее на 7...25% в 28-суточном возрасте по сравнению с этими же характеристиками цементно-песчаного раствора.

Интенсификация нарастания прочности и увеличение на 5...15% значений прочностных характеристик образцов в 28-суточном возрасте было достигнуто с помощью жидкого стекла, нитрата кальция и хлористого кальция.

Таблица 1 - Физико-механические характеристики песчаного бетона в зависимости от содержания песка

№ п/п	Состав	Плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа					Предел прочности при сжатии, МПа, после 100 циклов Мрз
				1 сут	7 сут	14 сут	28 сут	Водонасыщенные	
Удельное давление прессования 5 МПа									
1	Ц : П = 1 : 1	2330	6,9	6,8	19,9	31,9	39,7	30,0	27,3
2	Ц : П = 1 : 2	2310	7,7	1,1	15,6	26,1	29,6	20,4	18,7
3	Ц : П = 1 : 3	2150	8,1	-	8,3	14,2	13,4	9,1	5,7
Удельное давление прессования 10 МПа									
4	Ц : П = 1 : 1	2350	6,1	13,0	36,0	39,1	41,1	30,4	29,4
5	Ц : П = 1 : 2	2310	7,3	2,0	13,7	25,2	34,4	24,7	23,1
6	Ц : П = 1 : 3	2150	7,6	0,08	5,0	12,0	16,2	11,2	9,2
7	Ц : П = 1 : 1 ГКЖ-94	2360	5,7	10,0	38,6	39,8	40,1	36,5	35,4
8	Ц : П = 1 : 2 ГКЖ-94	2310	6,1	1,3	15,8	24,2	33,7	31,0	29,7
9	Ц : П = 1 : 3 ГКЖ-94	2100	6,9	0,2	9,7	10,8	13,7	13,7	13,5
Удельное давление прессования 20 МПа									
10	Ц : П = 1 : 1	2400	5,9	15,0	31,2	40,2	42,0	32,7	29,8
11	Ц : П = 1 : 2	2370	6,7	2,4	15,3	27,4	36,1	27,0	24,3
12	Ц : П = 1 : 3	2240	7,1	0,42	10,2	12,9	15,1	10,6	7,1

Для получения изделий повышенной прочности и долговечности целесообразно применять комплексные добавки, в состав которых входят гидрофобизирующие поверхностно-активные вещества. В строительной практике лучше всего зарекомендовала себя в качестве такого вещества гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость 136-41 (ГКЖ-94), которая не растворяется в воде, но смешивается во всех отношениях с органическими растворителями, не обладает коррозирующим действием и обычно применяется в виде 10...50 %-ной эмульсии. В целях повышения водостойкости материала использовали 10 %-ную эмульсию гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94) (таблица 1).

Результаты проведенных исследований показали, что применение комплексных добавок, состоящих из гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94) и хлористого кальция, нитрата кальция или жидкого стекла, интенсифицируют процесс твердения, повышает прочность, водостойкость и морозостойкость прессованных цементно-песчаных образцов (таблица 2).

В результате проведенных исследований установлено, что технология фильтрационного прессования при удельном давлении прессования 10 МПа позволяет получить из мелкозернистого бетона состава Ц : П = 1 : 2 плотные, водостойкие образцы с пределом прочности при сжатии более 30 МПа. Введение в исходную смесь комплексной добавки, состоящей из жидкого стекла или хлористого кальция или азотнокислого кальция и гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94), позволяет увеличить водостойкость, предел прочности при сжатии после 100 циклов замораживания и оттаивания практически не уменьшается.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики песчаного бетона с комплексными добавками

№ п/п	Состав	Плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа				Водонасыщенные	Предел прочности при сжатии, МПа, после 100 циклов Мрз
				1 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.		
1	Ц:П = 1:2 СаCl ₂ ГКЖ-94	2370	5,7	2,8	22,5	30,2	33,7	32,0	31,7
2	Ц:П = 1:2 Са(NO ₃) ₂ ГКЖ-94	2400	5,5	4,5	23,2	32,3	36,8	36,0	35,9
3	Ц:П = 1:2 Жидкое стекло ГКЖ-94	2310	5,1	1,9	20,8	29,4	32,7	30,0	38,1

Заключение

1. Фильтрационное прессование бетонной смеси позволяет снизить водоцементное отношение твердеющего бетона до 0,25...0,30 и получать бетон повышенной плотности, морозостойкости и водонепроницаемости, обеспечивает дополнительный прирост прочности за счет формирования более однородной структуры в твердеющем бетоне.
2. С целью повышения долговечности отделочных материалов целесообразно вводить в бетонную смесь гидрофобизирующие добавки. Вклад этих добавок в долговечность бетона обусловлен тем, что они создают условно-замкнутые поры и гидрофобизируют стенки капилляров, затрудняя подсос влаги.
3. Введение в бетоны электролитов интенсифицирует набор прочности, способствует созданию более плотной структуры. Интенсифицирующее действие электролитов на процесс твердения бетонов объясняется их взаимодействием с минералами портландцементного клинкера и продуктами гидратации с образованием труднорастворимых соединений гидрооксисолей и двойных солей гидратов.
4. Комплексные добавки более эффективны, поскольку сочетание индивидуальных добавок различных классов позволяет получить совокупность различных преимуществ и повысить качество получаемого материала.

Список цитированных источников

- 1 Рунова, Р.Ф. Конденсации дисперсных веществ нестабильной структуры / Р.Ф. Рунова // Цемент – 1985 – № 12. – С. 15–18.
- 2 Соколов, В.Г. Долговечность прессованных бетонов / В.Г. Соколов // Строительные материалы. – 1994. – № 10 – С. 22–23.
- 3 Дударь, И.Н. Твердение цементного камня под давлением / И.Н. Дударь // Цемент – 1989. – № 7. – С. 10–12.
4. Ратинов, В.Б. Комплексные добавки для бетона / В.Б. Ратинов // Бетон и железобетон. – 1987 – № 9 – С. 9–10.