

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПРЧНЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Красулина Л.В., канд. техн. наук (БНТУ)

Аннотация. Показатели качества облицовочных материалов. Получение облицовочных плит, конкурирующих с плитами из твердых горных пород, методом фильтрационного прессования.

При выполнении строительно-монтажных работ большой объем занимают отделка и облицовка наружных и внутренних стен зданий. Для строительства требуются значительное количество долговечных материалов способных выдерживать воздействие климатических факторов. Современные отделочные материалы должны обладать высокими декоративными свойствами для придания зданию современного архитектурного облика и высокими защитными показателями для сокращения дальнейших затрат на ремонт фасадов зданий и сохранение его внешнего вида за счет стойкости покрытия к атмосферным и техногенным воздействиям. Лучшими облицовочными материалами являются плиты из твердых горных пород – гранита, сиенита, габбро, плотных известняков, доломитов и др., а также искусственные каменные материалы на основе природного камня. В настоящее время чаще всего наряду с плитами из горных пород применяются декоративные плиты на основе природного камня производства торговой марки Dasag, Польша. Прочностные характеристики этих материалов ниже, чем у горных пород, но вполне достаточные для наружной облицовки зданий.

Были проведены исследования физико-механических свойств облицовочных плит из гранита и плит фирмы Prodet Dasag Sp. z. o.o. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Анализ результатов показал, что как природные облицовочные плиты, так и изделия на основе природного камня имеют высокие показатели прочности и морозостойкости. Но эти материалы являются дефицитными и по стоимости не могут конкурировать с искусственными каменными материалами, в частности с изделиями на основе портландцемента.

К наиболее перспективным отделочным материалам, получаемым из отечественного сырья, относятся композиционные материалы на основе мелкозернистого бетона. Основными компонентами, из которых можно получить такие облицовочные плиты являются вяжущие вещества (белый или серый) портландцемент, кварцевый песок, вода, а также пигменты и добавки, позволяющие улучшить декоративные и физико-механические показатели изделий.

При разработке технологии получения таких плит надо учитывать, что к наружным отделочным материалам предъявляются дополнительные требования по прочности, водостойкости, морозостойкости, так как в результате внешних воздействий (знакопеременных температур, влажности) происходят изменения их свойств. В изделиях содержится значительное количество влаги

в момент их производства (технологическая влага). За счет капиллярного подсоса изделия могут поглощать влагу из кладочного раствора. Влага попадает в наружные облицовочные плиты при выпадении атмосферных осадков. Миграция влаги в материале приводит к переносу растворимых и мало растворимых веществ, 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 увеличением объема воды при переходе ее в лед. Когда напряжения достигают критических величин, материал разрушается.

Таблица 1 – Физико-механические свойства природных облицовочных плит и плит на основе природного камня

Показатели качества	Исследованные материалы			
	Гранит Капустинского месторождения (Украина)	Гранит Покровского месторождения (Украина)	Гранит Балтийского месторождения (Россия)	Плитка декоративная на основе природного камня (Польша)
1	2	3	4	5
Предел прочности при сжатии, МПа,	123	135	153	40
Водопоглощение, %,	0,4	0,3	0,1	4
Прочность на сжатие образцов после 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания, МПа,	79	94	108	36
Снижения прочности после испытаний на морозостойкость, %,	19	18	16	3
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, $A_{эфф.}$, Бк/кг	330	290	300	68

Прослеживается зависимость морозостойкости от параметров и распределения пор по размерам. Снижение содержания количества крупных пор и увеличение количества мелких способствует повышению морозостойкости бетона. Наилучшие показатели морозостойкости бетона получены при создании в его структуре мелких замкнутых равномерно распределенных воздушных пор при одновременном повышении плотности бетона.

Перенос во влажном материале солей щелочных металлов, а также образующегося при гидратации цемента гидрооксида кальция, являются причиной выцветов на лицевой поверхности бетонных изделий. Вследствие того, что процесс выделения гидрооксида кальция и других растворимых окислов – диффузный, всякий фактор, способствующий уплотнению цементного камня, будет снижать возможность образования высолов. Для этого следует выбирать технологию, способствующую снижению фактического водоцементного отношения и получению плотного бетона с гладкой поверхностью.

На основании анализа результатов внешних воздействий на бетонные изделия можно отметить следующие пути повышения их долговечности: выбор технологии, способствующей получению плотного бетона; связывание гидрооксида кальция; гидрофобизация изделий, повышающая сопротивляемость к атмосферным воздействиям; применение пигментов, стойких к воздействиям атмосферных факторов.

В настоящее время в промышленности строительных материалов чаще всего изделия из мелкозернистого бетона изготавливают из особо жестких смесей методами интенсивного уплотнения (вибропрессование, пресс-прокат) 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 пластичных бетонных смесей и последующего их формования под давлением с одновременным удалением из смеси избытка воды затворения через фильтрующие элементы.

В работе [1] рассмотрено образование прочного водостойкого бетона при прессовании (величина давления 50-100 МПа) дисперсных гидросиликатов кальция нестабильной структуры, затворенных водой за счет формирования контактно-конденсационной связи между микрочастицами, 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 [1-4]. Увеличение поверхностей взаимодействия способствует росту количества новообразований, а это повышает уровень насыщения растворной составляющей (жидкой фазы) продуктами гидратации.

Технология изготовления методом фильтрационного прессования позволяет применять подвижную бетонную смесь, обеспечивающую необходимую удобоукладываемость. В процессе прессования за счет отжатия жидкой фазы водоцементное отношение (В/Ц) снижается с 0,4-0,6 до 0,2-0,3. Процесс отжатия избыточной влаги вначале лимитируется сопротивлением фильтрации. Изменение давления в этот период влияет только на скорость фильтрации, и мало – на количество отжатой влаги, т.е. существует такое значение В/Ц, снижение которого происходит почти независимо от величины давления прессования. Это объясняется тем, что в начале прослойки жидкости между частицами велики, и их сближение происходит без существенной работы и изменения свободной энергии системы. Далее, начиная с некоторого расстояния между частицами, необходимо учитывать силу молекулярного взаимодействия дисперсной фазы и дисперсной среды.

На втором этапе прессования большое значение имеет трение между твердыми частицами цементной пасты и их нелинейная деформация. В результате этого внутренне 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 однородной структуры твердеющего бетона.

Для повышения прочности и долговечности бетонных изделий рекомендуется применять различные добавки.

Рядом авторов проведены исследования по определению влияния на свойства бетона различных кремнийорганических добавок. Важное свойство этих соединений – взаимодействие с гидроксидом кальция. Происходит адсорбция и кристаллизация с образованием нерастворимых полисилоксановых цепей. Эти новообразования кольматируют поры и затрудняют проникновение в них воды. В этом случае должен уменьшаться процесс высолообразования на поверхности изделий. Бетоны с такими добавками характеризуются равномерной, однородной структурой с преобладанием мелких изолированных пор.

Эффективным способом повышения морозостойкости является введение в бетонную смесь добавок электролитов [5]. Их роль проявляется в улучшении структуры цементного камня, а также в снижении температуры образования льда.

Преобладание в бетонах с добавками микропористой структуры и наличие электролита в поровом пространстве снижает количество льда, образовавшегося при замораживании материала. В присутствии этих добавок формируется стабильная морозостойкая структура порового пространства бетона с преобладанием микропор и пор геля, увеличивается прочность и морозостойкость.

Начальные этапы работы по разработке технологических режимов и составов облицовочных плит состояли в определении соотношения между количеством песка и цемента в предлагаемых композициях мелкозернистого

бетона, а также в установлении оптимального значения удельного давления прессования.

Анализ полученных результатов исследований показал, что прочностные характеристики бетона уменьшаются при увеличении количества песка в их составе. Наибольшие значения наблюдаются у образцов состава Ц:П=1:1, у образцов состава Ц:П=1:2 предел прочности при сжатии уменьшается приблизительно на 30 %, а при соотношении Ц:П=1:3 прочностные характеристики уменьшаются в два и более раз. Оптимальное значение давления прессования составляет 10 МПа.

В дальнейших работах за основу был принят состав песчаного бетона с соотношением Ц:П=1:2. Это связано с уменьшением расхода цемента и снижением себестоимости изделий.

Изучение нарастания прочности отпрессованных образцов в раннем возрасте показало, что интенсивное ее нарастание начинается не сразу после прессования, а спустя некоторое время, что затрудняет распалубку отпрессованных изделий и сокращает оборот дорогостоящих форм. Интенсификация твердения, повышение прочности и долговечности бетона возможно за счет введения в его состав добавок. Наиболее эффективными добавками в нашем случае оказались гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость 136-41 (ГКЖ-94) и один из электролитов: сернокислый натрий (Na_2SO_4), хлористый кальций (CaCl_2), азотнокислый кальций $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Применение комплексных добавок позволило интенсифицировать процесс твердения, повысить прочность, водостойкость и морозостойкость прессованных образцов мелкозернистого бетона (табл.2). Введение в исходную цементно-песчаную смесь комплексной добавки, состоящей из одного из электролитов и гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости 136-41 (ГКЖ-94), позволяет увеличить водостойкость ($K \approx 1$), прочность (32-36 МПа), морозостойкость (предел прочности при сжатии после 100 циклов замораживания и оттаивания практически не уменьшается).

Таблица 2 – Физико-механические свойства мелкозернистого бетона без добавок и с добавками

Показатели качества	Ц:П = 1:2	Ц:П = 1:2 CaCl_2 ГКЖ-94	Ц:П = 1:2 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ГКЖ-94	Ц:П=1:2 (Na_2SO_4) ГКЖ-94
1	2	3	4	5
Предел прочности при сжатии, МПа	36,1	33,7	36,8	32,7
Водопоглощение, %	6,7	1,7	1,5	1,1
Прочность на сжатие водонасыщенных образцов, МПа	27,0	32,0	36,0	30,0
Прочность на сжатие образцов после 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания, МПа	24,3	31,7	35,9	29,8

Снижения прочности после испытаний на морозостойкость, %	10,0	1,0	0,3	0,7
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов $A_{эфф.}$, Бк/кг	39 - 57			

Сопоставление основных показателей качества и цены природных и искусственных каменных материалов показывает конкурентноспособность бетонных облицовочных плит, полученных методом фильтрационного прессования. При этом значения удельной эффективной активности естественных радионуклидов предложенных изделий являются стабильными и не превышают 80 Бк/кг, а этот же показатель для природных каменных материалов часто приближается к значению 370 Бк/кг, предельному значению этого показателя для строительных материалов, используемых в строительстве зданий.

Выводы. 1. Фильтрационное прессование подвижной бетонной смеси позволяет снизить водоцементное отношение бетонной смеси и получать бетон повышенной плотности, прочности, морозостойкости за счет формирования более однородной структуры твердеющего бетона. 2. С целью повышения эксплуатационных свойств целесообразно вводить в бетонную смесь комплексную добавку, состоящую из гидрофобизирующей жидкости и электролита т.к. сочетание добавок различных классов позволяет получить совокупность преимуществ каждой из этих добавок и повысить качество получаемого материала.

Литература. 1. Рунова Р.Ф. Конденсации дисперсных веществ нестационарной структуры./Цемент 1985, №12, с.15. 2. Соколов В.Г. Долговечность пресованных бетонов / Строительные материалы, 1994, №10, с. 22. 3. Дударь И.Н. Твердение цементного камня под давлением./ Цемент, 1989, №7, с.10. 4.Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. Москва, Стройиздат, 1981, 464 с. 5. Ратинов В.Б. Комплексные добавки для бетона./ Бетон и железобетон, 1987, №9 с.9-10.