

УДК 691.3

НАПРАВЛЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Романенко И. И.

к.т.н., доцент,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,

Пенза, Россия

Петровнина И. Н.

к.т.н., доцент,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,

Пенза, Россия

Аннотация. Изменение структуры цементного камня способствует направленному формированию свойств искусственного камня. В результате исследований установлено, что эффективным способом повышения долговечности шлакощелочных бетонов (ШЩБ) является пропитка порового пространства бетона машинным маслом, изменение структуры матрицы бетона за счет структурообразующих добавок на основе цеолитсодержащих глинистых пород. Введение цеолитсодержащей породы в количестве 15% от массы шлака, приводит к уменьшению капиллярной пористости до 12,42%, и показателя среднего размера пор до $\lambda=1,23$. Минеральное машинное масло способствует образованию большого количества пор минимального размера за счет уменьшения пор среднего размера ($\text{Град}_7 - 9=74,25\%$) и кольматации общего порового пространства.

Ключевые слова: шлакощелочные бетоны, шлакощелочное вяжущее, прочность, поровое пространство, кольматация порового пространства, структурообразующие добавки.

DIRECTED FORMATION OF MATRIX CEMENT STONE

Romanenko I.I.

*candidate of technical sciences, associate professor,
Penza State University of Architecture and Construction,
Penza, Russia*

Petrovna I.N.

*candidate of technical sciences, associate professor,
Penza State University of Architecture and Construction,
Penza, Russia*

Annotation. The change in the structure of the cement stone promotes the directed formation of the properties of the artificial stone. As a result of the research, it has been established that an effective way to increase the durability of slag-alkali concretes is to impregnate the pore space of concrete with engine oil, to change the structure of the concrete matrix due to structure-forming additives based on zeolite-containing clay rocks. The introduction of a zeolite-containing rock in an amount of 15% of the slag weight results in a decrease in the capillary porosity to 12.42%, and an average pore size to $\lambda = 1.23$. Mineral machine oil contributes to the formation of a large number of pores of minimum size due to the reduction of pores of medium size (Grad 7-9 = 74.25%) and colmatization of the common pore space.

Key words: slag-alkaline concretes, slag-alkali binder, strength, porous space, colmatation of porous space, structure-forming additives.

Стратегия, направленная на целенаправленное изменение матрицы цементного камня, позволяет решить ряд важнейших вопросов: повысить коррозионную стойкость бетонов, морозостойкость, трещиностойкость и соответственно долговечность изделий из этих материалов.

Пропиточные составы и композиции на их основе позволяют создать поверхностный экраный слой для защиты материала от воздействий агрессивной среды. К этим веществам относятся различные лакокрасочные составы, глицерофосфатные композиты, сернистые цементы.

Различные виды модифицированных эпоксидных смол и комплексов на их основе позволяют существенно изменить свойства поверхностного слоя материала на глубину 2-3 мм, тем самым создать оболочку-обойму. Это способствует повышению как морозо и коррозионной стойкости, так и физико-механических характеристик бетона. Сложность операций по выполнению такой технологии на уже введенных в эксплуатацию объектах связана с технологическим оформлением данного регламента.

В Европе часто используется модификация порового пространства за счет введения полимерного композита на стадии приготовления бетонов на основе портландцемента. Большой опыт в этом направлении накоплен в США (штат Юта) при строительстве автомобильных дорог. За 10 лет строительства было построено более 3000 км. Проведенные исследования показали высокую эффективность принятых решений.

Как показывает опыт [1,2] проведения работ по повышению эксплуатационных свойств бетонов, наиболее целесообразным является технология по изменению структуры матрицы бетона за счет структурообразующих добавок. В качестве модификаторов используются: полимерные волокна, гидрофобизаторы на основе продуктов органического синтеза, минеральные масла и эмульсии, сахаросодержащие отходы производств и клетчатка.

Длительные исследования показали, что цеолитосодержащие модификаторы структуры бетона позволяют существенно изменить поровую структуру бетона. В качестве вяжущего использовались молотые гранулированные шлаки череповецкого металлургических комбинатов. Цеолитосодержащие породы доставлялись из местных карьеров и из Казахстана. Содержание цеолитов изменялось от 1 до 30%. Породы местных

карьеров не обладают той чистотой, что характерно для пород, доставленных с Казахстана. В местных породах до 70% присутствует глина.

Целью всей работы было получение бетонов для строительства оснований дорог, дорожной одежды и ремонтных работ при защите конструкций от коррозионного воздействия.

Для исследований изготавливались образцы бетона размером 40×40×160мм по литевой технологии. Отличительной чертой предлагаемых бетонов является использование в качестве заполнителя немолотого новополецовского граншлака фракции 1- 5мм[3], а также молотого череповецкого шлака с удельной поверхностью $S_{уд}=3150 \text{ см}^2/\text{г}$. В качестве модификаторов структуры использовали машинное минеральное масло (МММ) и цеолитсодержащую глину (ЦГ). Активатор твердения NaOH вводили в состав шлакощелочного вяжущего (ШЩВ) в количестве 4% в пересчете на сухие вещества от молотого шлака; жидкое стекло – 4% в пересчете на сухие вещества от молотого шлака.

Технология приготовления бетонной смеси заключается в следующем: граншлак смешивается с тонкоизмельченным шлаком, а затем вводится щелочной раствор, состоящий из NaOH и Na_2SiO_3 в заданных пропорциях с водой. Полученная смесь перемешивается в течение 2 минут и укладывается в форму на виброплощадке.

Таблица 1– Составы модифицированных ШЩВ на основе череповецкого металлургического шлака

№п п	Р/Ш	Расход материалов на 1м3 бетона, кг						
		граншлак	молотый шлак	H ₂ O	NaOH	Na ₂ SiO ₃	МММ	ЦГ
1	0,36	649	1624	233	26	26	–	–
2/5		649		207			26	–
3/7		519		233			–	130

Приготовление состава 2/5 отличается от других составов тем, что вначале щелочной раствор NaOH доводится водой до 50% от необходимого количества, в него добавляется вся порция мыльной эмульсии с МММ (табл.1), перемешивается в течение 2 минут и вводится раствор Na_2SiO_3 , перемешивая 2

минуты и добавляя остаток мыльной эмульсии и воды. Приготовленный щелочно-масляный раствор вводится в предварительно смешанную сухую смесь из молотого и немолотого шлаков.

Таблица 2 – Кинетика набора прочности модифицированных ШЩБ на основе

№шп	Прочность бетонов $R_{изг.}/R_{сж.}$, МПа, при твердении в нормальных условиях через				Прочность $R_{изг.}/R_{сж.}$, МПа после ТВО через	
	1 сут.	7 сут.	14 сут.	28сут.	1 сут.	28 сут.
1	0,7/4,01	4,16/24,5	5,0/36,81	6,66/47,3	5,06/42,2	5,86/56,43
2/5	0,68/3,8	4,1/26,2	4,9/38,9	6,7/49,4	6,0/66,0	7,5/78,11
3/7	0,7/3,52	4,54/28,02	5,24/40,0	7,12/50,26	6,81/50,0	7,91/77,0

череповецкого металлургического шлака

Приготовленные бетонные образцы испытывали на прочность при сжатии и изгибе на основе методики ГОСТ 10180–78. Результаты испытаний представлены в табл.2. Из анализа экспериментальных данных по исследованию кинетики набора прочности следует, что ШЩБ состава 3/7 имеет более высокие темпы набора прочности, как при нормальном твердении, так и после ТВО. Прирост прочности на сжатие образцов ШЩБ в 28 суточном возрасте составляет 5-38,4%.

Введение цеолитсодержащей глины в состав ШЩБ (3/7) способствует повышению прочности от 6 до 35%. В результате получения более плотной структуры ШЩБ и кольматации пор минеральным машинным маслом (2/5). Изменяется кинетика водопоглощения образцов бетона. Согласно проведенным испытаниям, наиболее оптимальной структурой, создающей защитный барьер на пути проникновения воды по капиллярам внутрь шлакощелочного камня, характеризуется состав 2/5.

Исследуемые составы ШЩБ можно расположить в порядке увеличения водо-поглощения: 2/5<3/7<1. Снижение водопоглощения ШЩБ этого ряда, по сравнению с контрольным составом 1 составляет: 59,3%; 34,4%.

Таким образом, наиболее перспективными модификаторами структуры мелкозернистого ШЩБ являются отработанное минеральное машинное масло и цеолитсодержащая порода глины. При этом важнейшим

технологическим фактором, оказывающим влияние на кинетику водопоглощения модифицированных ШЩБ, является стадийность приготовления щелочного активатора твердения бетонной смеси.

Полученные данные показали, что происходит изменение поровой структуры бетона на ранней фазе (до 28 суток твердения) процесса структурообразования. Испытания образцов через 90,180 и 270 суток показали, что объемное модифицирование поровой структуры матрицы бетона происходит на всем протяжении исследований. Оптимальное дозирование цеолитосодержащих пород составляет от 3 до 10% от массы вяжущего. Прочность увеличивается от 10 до 20%, коррозионная стойкость на 30%, морозостойкость на 20% по сравнению с контрольными образцами. Причем, расход вяжущего зависит от поставленной задачи.

При модифицировании матрицы шлакощелочного бетона цеолитосодержащей породой происходит помимо адгезионного сцепления еще и химическое взаимодействие шлака с цеолитом и глиной.

Было выявлено, что модифицирующие добавки на основе цеолитосодержащей глины (ЦГ) влияют на характер поровой структуры шлакощелочного камня. Введение модифицирующих добавок в ШЩВ на стадии приготовления приводит к изменению величины и характера поровой структуры шлакощелочного камня[4].

Таблица 3– Изменение пористости ШЩ вяжущего на основе череповецкого шлака с модифицирующими добавками

№ п/п	Составы с модификатором	Капиллярная пористость, %		Показатель среднего размера пор, λ		Показатель однородности размеров пор, α	
		28 сут.	270 сут.	28 сут.	270 сут.	28 сут.	270 сут.
1	Контрольный (без добавок)	11,67	8,62	2,1	1,59	0,34	0,75
2	Цеолитная порода, 15%	12,47	8,34	8,3	1,23	0,36	0,65
3	Минеральное масло, 8%	14,78	11,70	8,0	1,92	0,48	0,84
4	Портландцемент	16,2	12,1	4,4	2,61	0,56	0,71

Дозировка активатора твердения $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (1:1) в количестве 6% от массы вяжущего.

В таблице 3 и на графиках (рис.1) приведены результаты исследования пористости ШЩБ с модифицирующими добавками.

Из анализа данных таблицы 3 следует, что введение цеолитсодержащей породы в количестве 15% от массы шлака, приводит к уменьшению капиллярной пористости до 12,42%, а также к уменьшению показателя среднего размера пор до $\lambda=1,23$. Модификация череповецкого шлака цеолитсодержащей породой (рис.1) приводит к образованию пор среднего размера за счет уменьшения пор минимального размера (Град₄₋₆=23,05%).

Введение в ШЩВ минерального машинного масла способствует образованию большого количества пор минимального размера за счет уменьшения пор среднего размера (Град₇₋₉=74,25%) и кольтматации порового пространства шлакощелочного камня частицами масла, (рис.1).

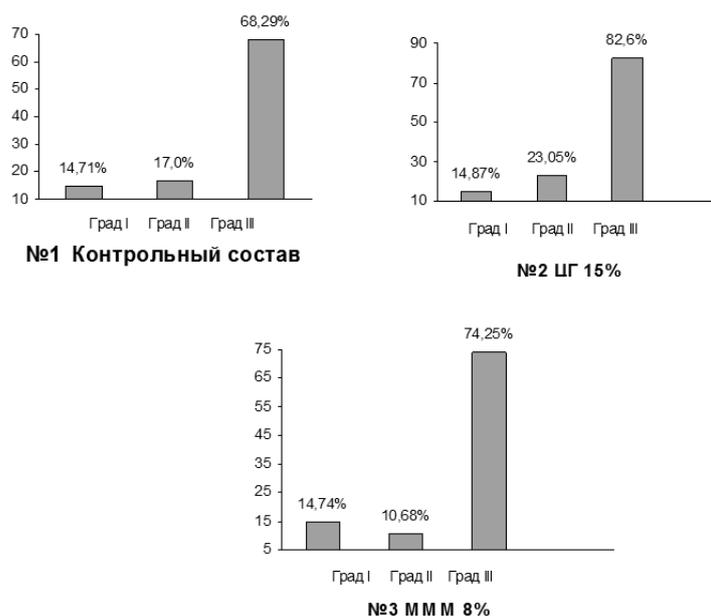


Рис.1 – Распределение пор ШЩБ по градиентам на основе молотого череповецкого грнншлака, модифицированного МММ и ЦГ, в возрасте 28 суток.

С течением времени происходит резкое изменение характера поровой структуры ШЩБ за счет дальнейшей кольтматации пор продуктами новообразований ШЩБ. К 270 суткам пористость образцов составов №1,2,3,4

уменьшилась на 8,62; 8,34;11,7; 12,1% соответственно. Наряду с уменьшением капиллярной пористости, значительно уменьшается средний размер пор всех составов (табл. 3) соответственно 1,59; 1,23;1,92; 2,61. Показатель степени однородности пор возрастает, что характеризует увеличение содержания в структуре шлакощелочного камня пор с минимальным диаметром.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что модификация ШЩВ минеральным маслом, цеолитсодержащей глиной приводит с существенным изменениям поровой структуры ШЩВ, и вместе с тем, физико-механических свойств. Это говорит о возможности повышения долговечности, коррозионной стойкости ШЩВ, твердеющих в агрессивных условиях, за счет улучшенных физико-механических свойств и направленного формирования поровой структуры композиционного материала.

Библиографический список:

1. Петрова Т.М., Взаимосвязь структуры и долговечности шлакощелочных бетонов на основе доменных и сталеплавильных шлаков/ Т.М.Петрова// Вестник гражданских инженеров. 2012. – № 4 (33). с. 167-173.
2. Рахимова Н.Р., Композиционные шлакощелочные вяжущие и бетоны на их основе для транспортного строительства/ Н.Р. Рахимова, Р.З. Рахимов, М.М. Рахимов// Транспортное строительство. 2008. № 1. С. 24-27.
3. Романенко И.И., Роль крупного заполнителя на формирование цементного камня на основе шлакощелочного вяжущего/И.И.Романенко, М.И.Романенко// Молодой ученый.2015. –№7 (87).–с. 200-202.
4. Романенко И.И., Михайлина С.В. и др. Характер поровой структуры шлакощелочного вяжущего //Актуальные проблемы современного строительства. Сб. научных трудов МНТК – Пенза, 2005. – с. 210-212.