

УЛУЧШЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИКАТОРОВ

Гувалов А.А., Аббасова С.И., Гувалов М.А.

*Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет,
Баку, Азербайджанская Республика,
abbas.guvalov@akkord.az*

Комплексные органоминеральные модификаторы являются сегодня неотъемлемой частью цементных систем. Преимущество структуры цементной матрицы с микронаполнителем заключается в том, что в ней создаются благоприятные условия для формирования межчастичных контактов, во многом определяющих прочность материала. В таких структурах уменьшаются внутренние дефекты, снижается концентрация напряжений. При рассмотрении механизмов повышения прочности наполненных цементных систем, особенно при использовании тонкодисперсных наполнителей, особого внимания заслуживают процессы гидратации и минералообразования, обеспечивающие в конечном итоге прочность твердеющих композитов. Бетон является полифункциональным композиционным материалом, матрицей которого служит цементный камень.

В работе проводились исследования характера пор в цементном камне с модификаторами. В качестве модификатора использовали полиарилсульфонсульфонатный суперпластификатор САС-2 и органоминеральная добавка (ОМД-С) на основе вулканического пепла Джейранчельского месторождения и САС-2, а качестве цемента применялся СЕМ I 52,5 Газакского цементного завода. Образцы изготовили на основе теста нормальной плотности. Размеры пор в исследуемых образцах определяли с помощью микроскопа МБС-2 при увеличениях от $\times 10$ до $\times 70$. Характер структуры изучали также с помощью электронного микроскопа. Результаты определения характера размеров пор и макропористости в цементном камне приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Микропористость цементного камня

Модификатор, % от масс. вяжущего	Пористость цементного камня, %			
	общая	дифференциальная		
		гелевая $10\text{Å} < d \leq 50\text{Å}$	Капиллярная $50\text{Å} < d \leq 20\text{ мкм}$	
		субмикропоры $50\text{Å} < d \leq 0,1\text{ мкм}$	микропоры $0,1\text{ мкм} < d \leq 20\text{ мкм}$	
Без модификатора	31,42	9,76	13,12	1,64
15% ОМД	35,78	14,12	17,32	1,27
1,25 % САС-2	35,81	13,43	14,92	1,33

Качество в цементном камне с модификатором ОМД-С обеспечивается улучшением распределения пор по размерам путем дробления макропор, что является причиной сдвига в сторону увеличения количества мелких пор порядка 70% в сравнении с цементным камнем без модификаторов и на 30% - с модификатором САС-2. «Измельчение» пор из крупных в мелкие происходит не только по известной схеме, за счет снижения поверхностной энергии воды и структурирования «аморфизированными» продуктами гидратации вследствие действия САС-2, но и спецификой действия ультрадисперсного трасса на процессы гидратации и структурообразования.

Таблица 2. Размеры пор и степень макропористости в цементном камне с модификаторами

Модификатор	Размеры макропор, мкм			Макропористость, %		
	максимум	минимум	преобладающие	максимум	минимум	преобладающая
Без модификатора	748	62,21	143	11,58	2,86	5,92
15% ОМД-С	383	28,32	37,12	2,63	1,72	1,44
1,5 % САС-2	411	33,28	39,08	2,81	1,96	1,93

Доказательством улучшения качества структуры, ее особенностей и фазового состояния можно считать результаты рентгеноструктурного анализа цементного камня и исследования методом рентгеновского малоуглового рассеивания.

Целенаправленное формирование структурных характеристик цементных композиций позволяет получать высокопрочные материалы с низкой проницаемостью, с требуемой атмосферо-, морозо- и сульфатостойкостью. Характер и особенности структуры цементного камня определяются составом гидратных фаз, размером кристаллов, их свойствами, условиями срастания и распределением пор по размерам и видам. Рентгенофазовые анализы показали, что фазовый состав цементного камня в возрасте 1 и 28 суток как с САС-2, так и без него представлен С-S-H (II) с $d/n = 9,8; 3,07; 2,85; 2,00; 1,83; 1,56$ А; портландитом с $d/n = 4,93; 3,11; 2,63; 1,92; 1,69; 1,49$ А и не- прореагировавшим алитом с $d/n = 3,02; 2,78; 2,74; 2,61$ А.

На рентгенограммах композиций, содержащих ОМД-С, отмечено появление отражений, характерных для гидросиликатов кальция пониженной основности С-S-H (I): $d/n = 12,3; 3,07; 2,80; 1,83$ А.

Результаты количественного фазового анализа цементного камня с добавками (для сравнения без них) приведены в таблице 3.

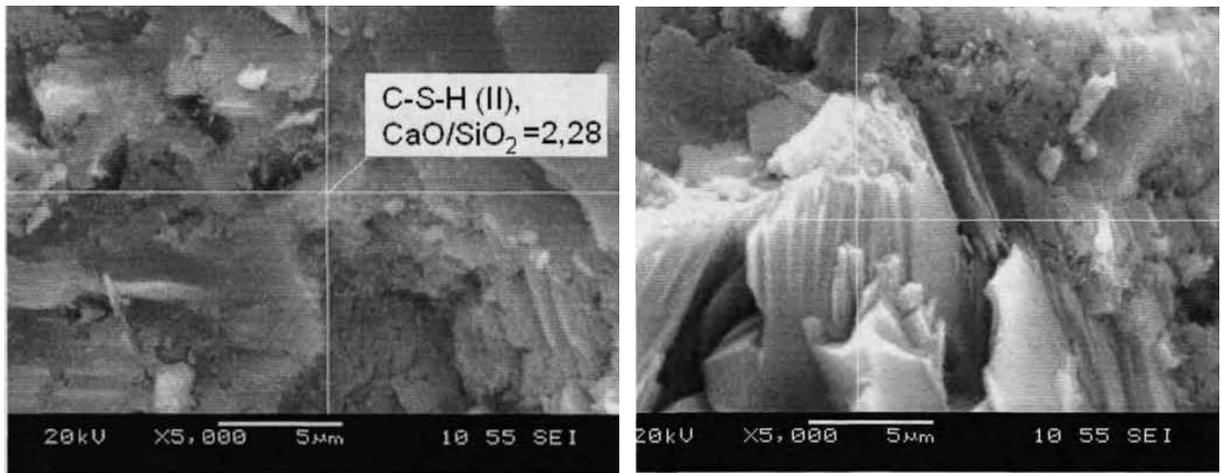
Таблица 3. Рентгенофазовые анализы цементного камня с различными модификаторами

Наименование добавки	Расход добавки, % от массы цемента	Содержание Са(ОН) ₂ , %, в возрасте, сут		Степень гидратации алита в возрасте, сут	
		1	28	1	28
Без добавки	-	8.12	11.22	0.44	0.76
ОМД-С	15	4.96	5.72	0.3	0.60
САС-2	1,5	6.86	9.62	0.38	0.71

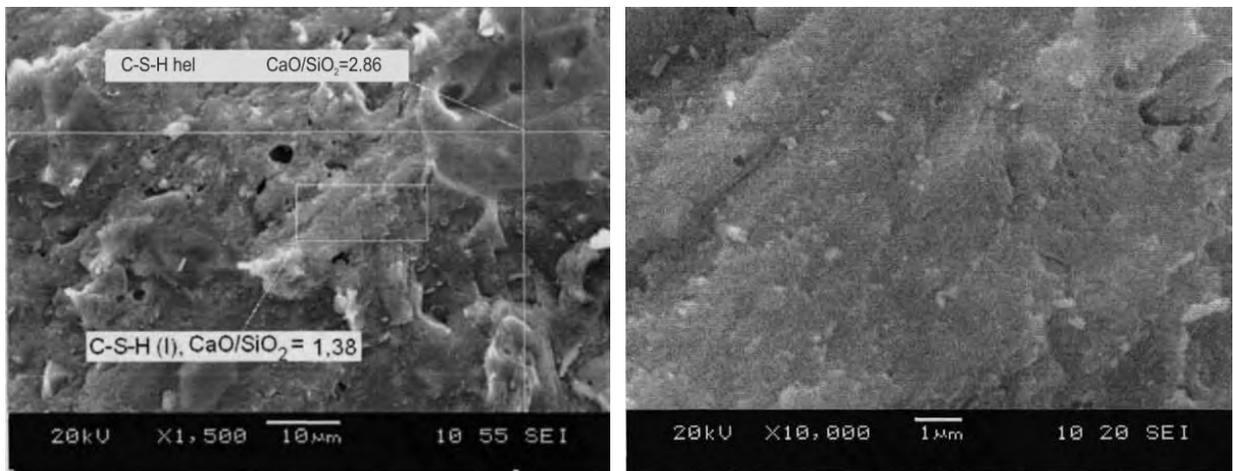
Полученные данные хорошо коррелируют с вышеприведенными результатами: в первые сутки при введении 1,5% САС-2 количество портландита на 44% меньше, чем в цементном камне без добавок. В композициях с вулканическими пеплами также наблюдается тенденция к уменьшению количества Са(ОН)₂ за счет его связывания его в низкоосновные ГСК.

Влияние модификаторов на микроструктуру цементного камня изучалось электро-микроскопическим анализом. В структуре бездобавочного цементного камня наблюдаются гидросиликаты кальция типа С-S-H(II) (рис. 1а) и кристаллы портландита (рис. 1б).

Совместное введение САС-2 и КМД сопровождается образованием плотной структуры, представленной как слабокристаллизованной, так и гелеобразной фазой (С-S-H(II)) разной основности, в котором практически не обнаруживается портландит (рис.2 а,б).



a) *б)*
Рис. 1. Структура бездобавочного цементного камня
a – высокоосновные гидросиликаты; *б* – портландит



a) *б)*
Рис.2. Структура цементного камня с органоминеральными добавками.
a – гель C-S-H; *b* – низкоосновные гидросиликаты

Анализ результатов фазового состава цементного камня показали, что ОМД-С снижает количество портландита $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и позволяет образование низкоосновные гидросиликаты.

Таким образом, в процессе твердение в результате взаимодействия продуктов гидролиза цемента с тонкодисперсными минеральными добавками за счет повышения количества низкоосновных гидросиликатов кальция, улучшается структура цементного камня и повышается прочность и эксплуатационные качество цементных композиций.