

СВОЙСТВА БЕТОНА НА СЕРНОМ ВЯЖУЩЕМ

Лапошниченко Д.А.,

Научный руководитель канд. техн. наук Шевченко В.А.

Сибирский федеральный университет

Переизбыток и все возрастающие объемы мирового производства серы стимулируют и создают предпосылки для поиска новых областей ее использования. Мировое производство технической серы в настоящее время составляет около 68 млн. т. В частности большое скопление серных запасов имеет место в Норильском регионе, где активно ведутся разработки проектов по переработке серы в новые продукты, сбыт которых в большей степени ориентирован на строительную и дорожную отрасли.

Для Норильского региона многотоннажное производство серной кислоты, либо серобетонов не имеет смысла. Главное препятствие – дорогостоящая транспортировка продукции до потребителя ввиду географической удаленности и изолированности территории. Наиболее экономичный способ транспортировки серы из Норильска - это речной транспорт. Поэтому южный регион Красноярского края можно рассматривать в первую очередь как потенциального потребителя серы в плане организации масштабного производства серопродуктов и поиска рынков сбыта.

В связи с этим целью данной работы являлась разработка составов бетона на серном вяжущем и местных сырьевых материалах Красноярского края.

В связи с тем, что затвердевший расплав чистой серы не обладает достаточной прочностью, основой технологии получения качественных и долговечных композиций на основе серного вяжущего является модифицирование серы, заключающееся в преобразовании кристаллической структуры в аморфно-кристаллическую, которая улучшает физико-механические характеристики и химическую стойкость серных композиций.

Различают три способа модификации серного вяжущего: физический (введение структурообразующих наполнителей); температурный (фазовые переходы серы при изменении температуры); химический (введение пластификаторов и стабилизаторов). Каждая из составляющих в зависимости от ее вида и количественного соотношения в составе определяет свойства композиции в целом.

Модификация серных композиций, как правило, усложняет технологию их изготовления и стоимость, поэтому в каждом конкретном случае выбирается наиболее приемлемый вариант.

В наших исследованиях был использован физический метод модификации с помощью дисперсного наполнителя, а серное вяжущее было получено на основе золы-унос Красноярских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2.

Методика расчета составов серных бетонов основана на условии заполнения серным вяжущим межзерновых пустот выбранного наполнителя.

В работе использовали техническую серу с плотностью $2,0 \text{ г/см}^3$ и наполнитель - отсеvy дробления БКУ (насыпная плотность $\rho_{\text{нас.}} = 1,56 \text{ г/см}^3$; истинная плотность $\rho_{\text{ист.}} = 2,62 \text{ г/см}^3$); наполнители – золу-унос Красноярских ТЭЦ-1 ТЭЦ-2 ($\rho_n = 2,82$ и $2,95$ соответственно).

Расход серного вяжущего выражается уравнением:

$$M_{\text{с.в.}} = P_3 \times \alpha \times \rho_{\text{с.в.}}, \text{ где}$$

$M_{\text{с.в.}}$ – масса серного вяжущего на 1 м^3 бетона;

P_3 – пустотность наполнителя, определяется по формуле:

$$P_3 = (\rho_{\text{ист.з}} - \rho_{\text{нас.з}}) / \rho_{\text{ист.з}}$$

α – коэффициент раздвижки зерен заполнителя в бетонной смеси с целью назначения избытка вяжущего для обеспечения ее пластичности и связности, принимается равным от 1,05 до 1,3.

$\rho_{с.в.}$ - плотность серного вяжущего определяется по формуле:

$$\rho_{с.в.} = \rho_{сер.} \times \eta_c + \rho_n \times \eta_n$$

Расчет расхода заполнителей производится по формуле:

$$M_3 = V_3 \times \rho_{ист.з.}$$

V_3 – объем заполнителя, л (дм³), находится по формуле:

$$V_3 = 1000 - V_{с.в.}; \quad V_{с.в.} = M_{с.в.} / \rho_{с.в.}$$

При использовании заполнителя одного вида пользуются представленными формулами, а при наличии заполнителя двух фракций количество щебня и песка рассчитывают по формуле:

$$M_n = V_3 \times g \times \rho_n, \text{ где}$$

g – доля песка в смеси заполнителей, принимается от 0,3 до 0,6;

ρ_n – истинная плотность песка.

Расход щебня определяют по формуле:

$$M_{щ} = M_3 - M_n$$

Методика изготовления образцов из серобетона заключалась в следующем. Первоначально получали серное вяжущие путем нагрева серной композиции до температуры 120 °С. После этого расплавленное вяжущее перемешивали с нагретым до той же температуры заполнителем и заливали в заранее приготовленные формы требуемых размеров: 10x10x10 см для испытаний на определение прочности, водопоглощения, параметров пористости, морозостойкости и 7x7x7 см для определения истираемости.

После твердения полученной смеси и остывания её до комнатной температуры, проводили распалубку полученных образцов и их испытания.

Полученные результаты представлены в табл. 1-3.

Таблица 1

Водопоглощение и параметры пористости серобетонов

№ состава	Вид вяжущего	Вид заполнителя	Водопоглощение, %	Параметры пористости	
				средний размер пор λ	однородность пор по размеру α
1	Сера + зола-унос ТЭЦ 1	Отсевы дробления	0,74	Микропоры, не определяемые методом водопоглощения	
2	Сера + зола-унос ТЭЦ 2	Отсевы дробления	0,33	Микропоры, не определяемые методом водопоглощения	
13	цементное	Отсевы дробления	7,47	1,39	0,6

Таблица 2

Морозостойкость серных бетонов

№ Состав	Вид бетона	Число циклов замораживания-оттаивания	Прочность, МПа образцов		ΔR , %	Марка по морозостойкости
			контрольных	основных		
1	Серный с золой-унос ТЭЦ-1 и отсевами дробления	200	45,2	43,5	3.9	250

2	Серный с золой-унос ТЭЦ-2 и отсевами дробления	200	47,2	45,7	3,1	250
3	Цементный с отсевами дробления	150	22,6	21,5	4,9	150

Результаты показывают, что по плотности, параметрам пористости и водопоглощению серные бетоны значительно превосходят бетоны на цементном вяжущем. Так, водопоглощение снижается почти в 10 -20 раз. а по параметрам пористости серобетоны переходят в разряд сверхплотных, что предопределяет возможность их использования в конструкциях, где требуется высокая плотность и непроницаемость.

Одной из важных характеристик многих бетонов является их истираемость, или способность противостоять действию поверхностных истирающих усилий. В наших исследованиях испытания на истираемость были проведены с целью дальнейших рекомендаций по использованию серобетонов в изделиях для дорожного строительства. Для испытаний были изготовлены образцы-кубы с размером ребра 70 мм.

Результаты испытаний на истираемость в сравнении с цементным бетоном приведены в табл.3.

Таблица 3

Истираемость серных бетонов

№ Состава	Вид бетона	Масса образца, г		Истираемость, г/см ²	
		До испытаний	После испытаний	фактическая	Требуемая ГОСТ для цементных бетонов
1	Серный с золой-унос ТЭЦ-1 и отсевами дробления	996	971	0,39	0,7 – 0,8
2	Серный с золой-унос ТЭЦ-2 и отсевами дробления	806	788	0,31	
3	Цементный с отсевами дробления	774	742	0,65	

По результатам исследования свойств серных бетонов были сделаны следующие выводы:

1. Бетоны на основе серного вяжущего отличаются плотной структурой с низким водопоглощением и малым размером открытых пор, доступных для контакта с водой.
2. Высокая плотность серных бетонов обеспечивает более высокую морозостойкость в сравнении с бетонами на цементном вяжущем.
3. По истираемости серные бетоны превосходят бетоны на цементном вяжущем примерно в два раза, что дает возможность рекомендовать их для дорожных бетонов, работающих в условиях интенсивных истирающих нагрузок, например, для тротуарной плитки, бордюрных камней, наливных полов промзданий.