

УДК 691

## ОТРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ СЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Утепкалиева Аяулым Казбековна – магистрант Евразийского Национального Университета им.Л.Н. Гумилева.  
Научный руководитель - Шашпан Ж. А. д.т.н

Модификацияланған күкірт негізінде немесе модификацияланған қоспалары бар күкірт негізінде серобетон дайындаудың температуралық режимі бір жағынан күкірт балқымасының минималды тұтқырлығын қамтамасыз ететіндей және балқыманың қызып кетуі кезінде түрлендіргіш қоспалардың тозуын болдырмайтындай етіп таңдалды.

Қолданылатын температуралық режимдердің тиімділігін бағалау үшін күкірт бетондары құрылымының негізі болып табылатын күкірт мастикаларының үлгілеріндегі беріктік қасиеттерін анықтаудың тікелей әдісі қолданылды.

Анализ результатов испытаний показал, что при одинаковой температуре 130°C расплава связующего и наполнителя для составов на основе модифицированной серы и на исходной серы с модифицирующей добавкой получаемые мастики имеют наименьший показатель прочности. Это объясняется, по-видимому, тем, что при указанной температуре хемосорбционные силы еще недостаточны для удержания расплава связующего на поверхности наполнителя вследствие незначительного количества жидкой фазы.[3] При температурах наполнителя 145°C и связующего 130°C или наоборот наполнителя 130°C и связующего 145°C количество жидкой фазы увеличивается, что приводит к резкому возрастанию прочности сцепления между ними, достигая максимума при температуре наполнителя и расплава 145°C, обеспечивая тем самым образцам мастик повышенные показатели предела прочности при сжатии. По мере повышения температуры наполнителя и расплава свыше 145°C количество жидкой фазы уменьшается, что в свою очередь приводит к снижению прочности сцепления связующего с наполнителем. Кроме того, повышение температуры нежелательно, потому что это приводит к частичной деструкции модифицирующей добавки [1].

Методика определения временных параметров перемешивания смесей серных мастик на основе модифицированной серы заключалась в проведении процесса сополимеризации

исходной серы с добавкой при перемешивании получаемой композиции в определенном временном интервале. В целях сравнения, по данной методике определялся временной режим и для модифицированной серы. За критерий оптимального временного режима принимался показатель прочности при сжатии образцов в возрасте 7 сут.

Изучение временных параметров перемешивания смесей серных мастик на основе модифицирующей добавки показало, что с возрастанием времени реакции сополимеризации добавки с исходной серой, прочность образцов повышается, достигая максимума при 5 мин, а затем по мере увеличения продолжительности процесса незначительно снижается [2].

Отработка оптимальных параметров приготовления смеси. Первый способ - мелкий и крупный заполнители подогревают до температуры 200-205°C, дозируют в требуемом соотношении и загружают в горячий *смеситель*. Сюда же подают отдозированное вяжущее, которое плавится при перемешивании в течение 2-3 мин. Из готовой смеси формируют изделия. Преимуществом этой технологии является сокращение времени приготовления компонентов за счет переноса операции нагрева из смесителя в сушильный барабан.

Второй способ - компоненты (вяжущее, мелкий и крупные заполнители) перемешивают при нормальной температуре, укладывают в формы и уплотняют прессованием или вибропрессованием. Формы со смесью подогревают в течение 2-3 ч до достижения температуры 130-150°C. При этом свободная сера плавится и обволакивает зерна наполнителя и заполнителя. После охлаждения изделия освобождают от форм.

При выполнении исследований по отработке оптимальных параметров приготовления серобетонной смеси применяли рекомендации по подбору оптимального температурного и временного режима [5]. Анализ результатов испытаний образцов серных бетонов, полученных различными способами приготовления серобетонных смесей, показал, что применение вышеуказанных способов не оказывает существенного влияния на прочностные характеристики серобетона. В целом можно отметить, что наиболее технологичным является первый способ приготовления серобетонных смесей.

При приготовлении серобетонной смеси указанными способами не происходит выделения вредных летучих соединений, так как процесс сополимеризации серы с модифицирующей добавкой производится на последнем сравнительно коротком этапе приготовления серобетонной смеси.

Оптимальные параметры формования и условия твердения. Отрабатывали два основных способа уплотнения и формообразования серобетонной смеси по известной вибротехнологии, одним из которых предусматривалось простое виброуплотнение смеси в формах, а вторым виброуплотнение смеси в формах с пригрузом. По окончании процесса виброуплотнения образцы охлаждались, расформовывались и подвергались испытанию.

Сопоставляя прочностные характеристики образцов серных бетонов, полученных различными способами виброформования из серобетонных смесей, установлено, что оптимальным способом является способ виброуплотнения смеси с пригрузом, обеспечивающим прирост прочности для всех образцов на 10-12% в сравнении с образцами, полученными способом виброуплотнения смеси без пригруза. [7] Однако, применение указанного способа значительно усложняет технологию изготовления серобетона и к тому же требует дополнительных энергозатрат на предварительный нагрев пригрузов.

Поэтому при выборе оптимальных параметров формования серобетонной смеси считаем предпочтительным способ виброуплотнения серобетонной смеси с пригрузом с амплитудой 0,05-0,15 мм и частотой 2800 кол/мин в течение 2-3 мин. Заглаживание поверхности серобетонной смеси в формах после ее виброуплотнения следует производить специально обогреваемой виброрейкой.

Подбор оптимального состава в технологии серной композиции. Правильный выбор состава и количества наполнителя способствует снижению расхода серы, величины усадочных напряжений и повышению прочности и долговечности получаемых изделий. На рисунке 1 приведены результаты испытаний образцов балочек 4x4x16 мм в зависимости от вида и количества наполнителя.

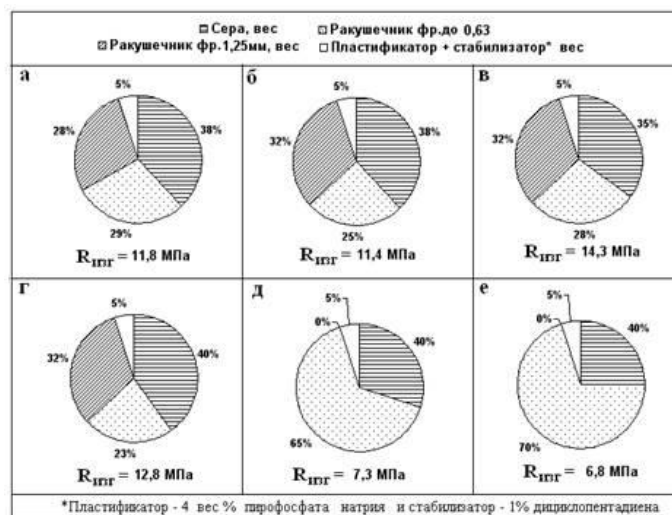


Рисунок 1 - Влияние состава заполнителя на изгибную прочность образцов

Экспериментально установлено, что введение в сырьевую смесь дициклопентадиена в количестве 1 мас.% существенно улучшает удобоукладываемость горячей смеси, что повышает плотность и прочность изделия.

Таким образом, рентгенографическими исследованиями показано что, часть кристаллической серы аморфизуется при совместном помолу серы, ракушечника с добавками модификаторов дициклопентадиена и пирофосфат натрия с образованием сополимера серы и субмикропор [8]. Последнее связано с изменениями структуры на молекулярном уровне (механохимическая полимеризация). Размеры структурных единиц, имеющих место при механическом воздействии на систему сера – ракушечник - модификатор находятся в нанодиапазоне измерений.

Механическое воздействие при совместном помолу серы и ракушечника с добавкой модификаторов приводит к аморфизации серы, образуя свободные радикалы. Они являются активными центрами полимеризации серы и процессы твердения происходят при более низкой температуре (С эвтектической).

О технологии приготовления серобетонной смеси. Приготовление предлагаемых составов серобетонных смесей на основе серы с модифицирующей добавкой осуществляется по горячей асфальтобетонной технологии, включающей следующие основные операции:

- дозирование наполнителя, заполнителей, серы;
- совместный помол серы и наполнителя;
- сушка и разогрев заполнителей;
- подача в обогреваемый смеситель и перемешивание модифицированной серы и заполнителей;
- формование серобетонной смеси;
- расформовка.

Отличительной особенностью приготовления серобетонной смеси по предлагаемой технологии является отсутствие передела получения расплава мастики, состоящей собственно из серы и наполнителя [9].

Облицовочные плитки с гладкой поверхностью предназначаются для внутренней и наружной облицовки стен различного назначения, подвергающихся воздействиям агрессивных сред (газовая или жидкостная), имеют следующие физико-механические свойства:

- прочность на сжатие - 48 МПа;
- прочность на изгиб - 16 МПа;
- водопоглощение - 0,9%;
- плотность - 1700 г/см<sup>3</sup>.

Оптимальный состав однородной удобоукладываемой горячей смеси, обеспечивающий высокие физико-механические свойства серных мелкозернистых бетонов, мас. %: сера - 38; тонкомолотый ракушечник - 29; карбонатный песок крупностью не более 1,25 мм - 28; пирофосфат натрия - 4; дициклопентадиен - 1.

Потеря прочности образцов серных бетонов по мере полного водонасыщения к 60-90 сут замедляется и стабилизируется. Коэффициент стойкости на сжатие и изгиб составляет для серного бетона 0,66 и 0,61.

За величину водонепроницаемости серного бетона принимали максимальное давление, при котором на четырех из шести образцов не просачивается вода.

Оценка водонепроницаемости по маркам не позволяет количественно оценить фильтрационные свойства бетонов, необходимые, в частности, при исследовании коррозионной стойкости, поэтому возникла необходимость определить водонепроницаемость серного бетона по коэффициенту фильтрации.

Определение коэффициента фильтрации бетона и его марки по водонепроницаемости производилось на фильтратометре ФМИ в следующем порядке: после закрепления прибора на образце вращением ручки насоса обеспечивали его самоуплотнение, при этом показания манометра должны постепенно возрастать. Для достижения соответствующего давления перепускной клапан открывали, и вода заполняла напорную камеру. Факт заполнения напорной камеры водой и передачи давления на бетон устанавливали по медленному изменению положения стрелки манометра после остановки вращения ручки насоса.

Результаты испытаний серных бетонов, что они имеют достаточно высокую марку по водонепроницаемости не менее  $W=8$ , близкую по величине водонепроницаемости тяжелых цементных бетонов высоких марок.

Изменение прочности серных бетонов в растворах солей вполне сочетается со снижением прочности этих бетонов при выдерживании в воде.

Анализ данных, полученных при исследовании химической стойкости серных бетонов позволяет заключить, что эти бетоны могут рекомендованы для использования в условиях кислотной и солевой агрессии [8].

Прогнозирование долговечности серных бетонов производилось по результатам испытаний в следующих средах: в воде, 10% растворах NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, грунтовых водах и атмосфере. Для кислой среды прогнозирование не производилось, так как по результатам годовых испытаний образцов была выявлена недостаточная стойкость серных бетонов в этой среде.

Для оценки однородности серного бетона использовали статистические методы, в результате которых получали среднюю прочность, а однородность оценивали по коэффициенту вариации.

Обработка полученных значений прочностных свойств, статистическими методами показала, что серные бетоны разработанных составов, имеют сравнительно невысокую изменчивость прочностных характеристик, а следовательно высокую однородность.

Деформативные свойства композиции при кратковременном нагружении по модулю упругости ( $E_b = 4 \cdot 10^4$  МПа) предельной растяжимости ( $E=60 \cdot 10^{-5}$ ,  $E_{прод}=210 \cdot 10^{-5}$  мм/мм) коэффициенту Пуассона ( $\mu=0,2$ ) материалы близки к высокопрочным цементным бетонам.

Результаты исследований показали, что величина коэффициента линейного температурного расширения композиции в интервале температур (+20°- +60°C) изменяется от 9,3 до  $10,8 \cdot 10^{-6}$  м/град.

Определение коэффициента температурных деформаций серного бетона позволяет сделать вывод о целесообразности использования его в совместной работе с другими материалами, например с такими как цементные бетоны и арматура.

Сопротивление удару составило 1,6-1,7 кг·см/см<sup>3</sup>, истираемость - 0,48-0,49 г/см<sup>2</sup>. Величина деформации серных бетонов от водопоглощения композиции, равна  $1,4-1,5 \cdot 10^{-3}$  мм/мм [7].

При выдерживании в воде прочность снижается за 1 год на 38-42%, причем наиболее интенсивно в начальный период (до 60 сут), а далее носит затухающий характер. При годовом хранении композиций в 10% - ных растворах NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, потеря прочности составила от 20 до 30%.

После воздействия агрессивной среды и высыхания восстанавливается прочность композиции на 85-88%.

Общие технические требования, предъявляемые к конструкциям, работающим в условиях повышенной интенсивности движения (плиты тротуаров на магистральных улицах и т. п., показывают, что для цементно-песчаного бетона допустимая истираемость - 0,7 г/см<sup>2</sup>. Усредненные результаты испытаний серных бетонов на истираемость приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Усредненные показатели испытаний серных бетонов на истираемость

Показатель испытаний	Единица измерения	Наполнитель известковая мука
Уменьшение высоты кубика после испытания	см	0,21
Потеря массы	%	3,4
Истираемость	г/см <sup>2</sup>	0,58-0,59

Анализ результатов исследований позволяет сделать вывод о том, что серные бетоны имеют довольно высокую степень морозостойкости не менее 300 циклов и могут быть использованы в качестве материала для производства наружных конструкций и изделий, в частности в тротуарных плитах.

### Список используемой литературы

1. Даленова Н.А., «О структуре материалов строительного назначения // Вестник АИНГ.-2009.-№ 2(17).-С.298-300.
2. Даленова Н.А., «Плитки на основе серы Тенгизского месторождения // Наука и образование – ведущий фактор стратегии Казахстан-2030: материалы Междунар. научно-практ. конф. – Караганда, 2010. – С.381– 384.
3. Даленова Н.А., «Производства серных плиток с использованием местных сырьевых материалов // Сборник трудов КарГТУ. – Караганда, 2010. – №2. –С.59 – 61.
4. Даленова Н.А., «Прочностных характеристик серного бетона» // Вестник НИИСтромпроекта.- 2009.- № 5-6.- С.111-114.
5. Даленова Н.А., «Ристая структура силикатных камней // Инновационные и наукоемкие технологии в строительной индустрии: материалы Междунар. научно-практ. конф.- Алматы: КазГАСА, 2010.- С. 72-74.
6. Даленова Н.А., «Серных композиционных материалов к воздействиям агрессивных сред // Вестник НИИСтромпроекта.-2010.-№ 1-2(21).-С.135-138.
7. Даленова Н.А., «Химические методы исследования структуры материалов // Вестник АИНГ.-2009.-№ 2(17).-С.295-297.
8. О долговечности серных композиционных материалов // Современные научные достижения – 2010: материалы Междунар. научно-практ. конф. - Прага, 2010.-67-69.
9. Химическая стойкость композиционных материалов на основе попутно добываемой серы // Инновационные и наукоемкие технологии в строительной индустрии: материалы Междунар. научно-практ. конф.- Алматы: КазГАСА, 2010.- С.81-83.
10. Чердабаев А.Ш., Шашпан Ж.А Серные композиционные материалы.- Алматы: АянЭдет, 2005.- 108 с.

11. Шашпан Ж.А. Вяжущие на основе попутной серы Тенгизскогонефтегазоперерабатывающего завода // Вестник НИИСтромпроекта.-2004.- № 4.- С. 82-86.
12. Шашпан Ж.А. Оптимальные составы мелкозернистых серных бетонов // Вестник НИИСтромпроекта.- 2008.- № 3-4 .- С. 38-43
13. Шашпан Ж.А. Серные бетоны из техногенного сырья Западного Казахстана // Вестник НИИСтромпроекта.-2004.- № 4.- С.87-91.
14. Шашпан Ж.А., «Химической стойкости серных композиционных материалов» // Вестник НИИ стромпроекта.- 2009.- № 5-6.- С. 108-110.
15. Шашпан Ж.А., Нурбатуров К.А., Чердабаев А.Ш., Де И.М. Технология материалов специального назначения на основе серы, извлекаемой при очистке нефти и газа Тенгизского месторождения // Вестник НИИСтромпроекта.-2006.- № 6 (11).- С.7-12.