

Исследования средней плотности и пористости серных композиционных материалов на кварцевом наполнителе

И.Ю. Шитова, Н.А. Орлов

*ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза*

Аннотация: параметры структуры строительного материала, в том числе, серного, зависят от большого числа рецептурно-технологических факторов. В настоящей работе представлены экспериментальные зависимости средней плотности и пористости серного композиционного материала от объемной степени наполнения, удельной поверхности наполнителя, концентрации аппрета и времени изотермической выдержки. Установлено, что наиболее плотные серные композиты получены на кварцевом наполнителе с удельной поверхностью 180 м²/кг, обработанном 30%-ти и 50%-ным раствором каучука и подвергшиеся изотермической выдержке в течение 2...3 ч.

Ключевые слова: сера, кварцевый наполнитель, аппрет, наполнитель, объемная степень наполнения, средняя плотность, пористость, дисперсность.

Эксплуатационные свойства композиционных материалов обуславливается качеством их структуры, оценить которую позволяют показатели средней плотности и пористости, зависящие, в свою очередь, от множества рецептурно-технологических факторов.

В настоящей работе проводили исследования зависимостей параметров структуры композитов от удельной поверхности и объемной доли наполнителя, а также массовой доли аппретирующего агента и времени изотермической выдержки. Для изготовления композита в качестве вяжущего использовали серу, наполнителя – кварцевый песок различной дисперсности, аппрета (использованного для дезактивации активной поверхности измельченного кварцевого песка [1, 2]) – растворы различной концентрации синтетического каучука марки Polyoil 110 в органическом растворителе.

Как известно [3–10], увеличение объемной доли дисперсной фазы приводит к закономерному повышению средней плотности и, соответственно, уменьшению пористости материалов на основе серного

вяжущего, что подтверждается данными рис. 2 и рис. 3. Однако представленная на рис. 2 зависимость $\rho_{\text{ср}} = f(v_f)$ имеет нелинейный характер, отличный от теоретического $\rho_{\text{ср}}^{\text{т}} = v_f \rho_f + (1 - v_f) \rho_s$ (где v_f – объёмная степень дисперсной фазы; ρ_f, ρ_s – плотность наполнителя и вяжущего, соответственно), что можно объяснить влиянием пористости в серных композитах (рис. 1):

$$\rho_{\text{ср}}^{\text{п}} = v_f \rho_f + (1 - v_f - v_{\text{п}}) \rho_s,$$

где $v_{\text{п}}$ – пористость.

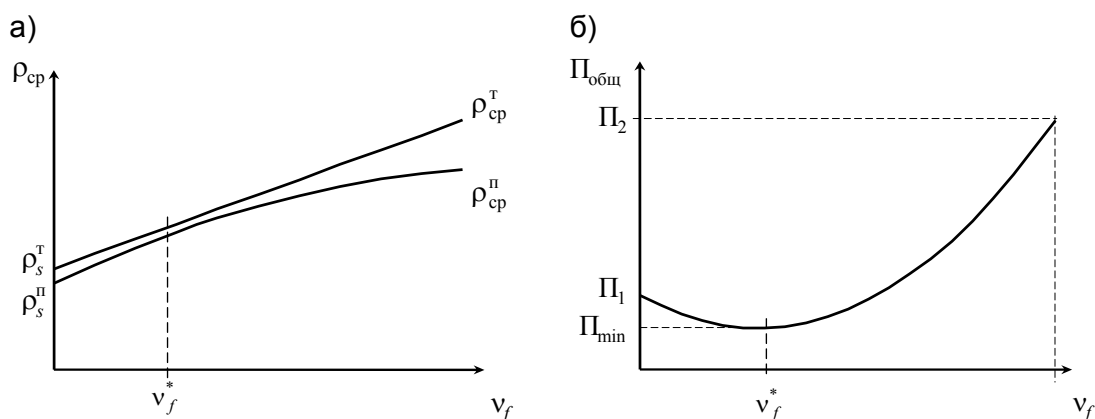


Рис. 1. – Зависимости средней плотности и пористости серных мастик от объёмной степени наполнения

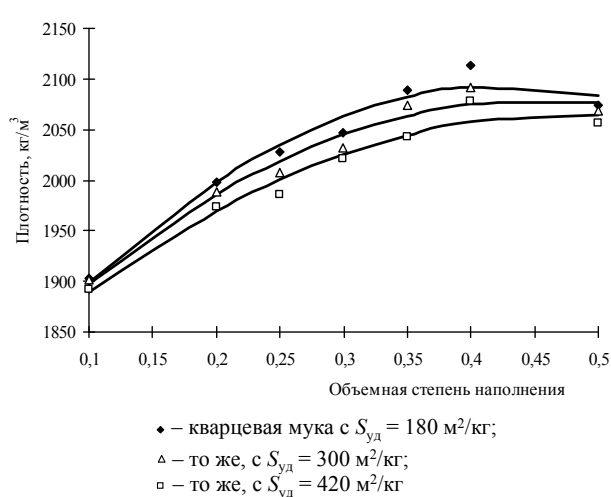


Рис. 2. – Зависимость средней плотности серных мастик от степени наполнения и дисперсности наполнителя

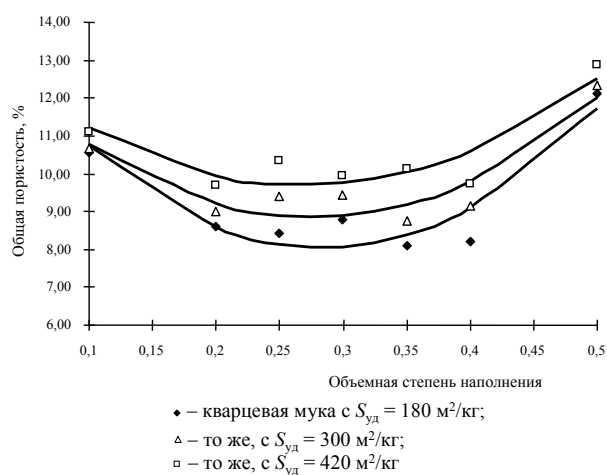


Рис. 3. – Зависимость общей пористости серных мастик от степени наполнения и дисперсности наполнителя

Зависимость общей пористости серных мастик от объемной степени наполнения имеет экстремальный характер, при этом увеличение дисперсности наполнителя ведет к смещению экстремума в область меньших степеней наполнения (рис. 3).

В серных композиционных материалах порообразование обусловлено двумя процессами – физическим и химическим. Сущность физического процесса заключается в уменьшении объёма серы на 14,1% при переходе из жидкого состояния в твёрдое (то есть, при ее кристаллизации). Химический процесс определяется протеканием химических реакций между наполнителем и расплавом серы, в результате которых образуются соответствующие сульфиды и газообразный диоксид серы. Эти два процесса взаимосвязаны между собой и напрямую зависят от вида, количества и дисперсности наполнителя.

Из рис. 3 видно, что при достижении определённой степени наполнения, пористость материала начинает возрастать, что можно объяснить дефицитом вяжущего, который приводит к образованию в композите участков (агрегатов) из несмоченных частиц наполнителя.

Таким образом, при малых степенях наполнения $v_f < v_{f,opt}$ главным фактором порообразования является процесс кристаллизации серы. Постепенное увеличение количества наполнителя приводит к закономерному снижению пористости (нисходящая ветвь $\Pi = f(v_f)$ на рис. 3). Минимальные значения пористости наблюдаются при объёмной доле наполнителя, равной $v_{f,opt}$. При дальнейшем увеличении степени наполнения $v_f > v_{f,opt}$ доминирующими факторами порообразования при температуре изготовления материала являются процессы агрегирования частиц наполнителя и поризация смеси выделяющимся диоксидом серы.

Протекание таких процессов ведет к увеличению пористости серных мастик (восходящая ветвь $\Pi = f(v_f)$ на рис. 3).

Математическая обработка данных рис. 2 и 3 показывает, что зависимости средней плотности и пористости серных мастик от степени наполнения материала описывается следующими функциями:

$$\rho_m = a + bv_f + cv_f^2, \quad (1)$$

$$\Pi = a + bv_f + cv_f^2 \quad (2)$$

где a , b , c – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Значения эмпирических коэффициентов уравнения (1)

Удельная поверхность, м ² /кг	Эмпирические коэффициенты		
	a	b	c
180	1762,12	1541,02	-1794,56
300	1780,71	1311,90	-1438,10
420	1784,24	1169,18	-1217,69

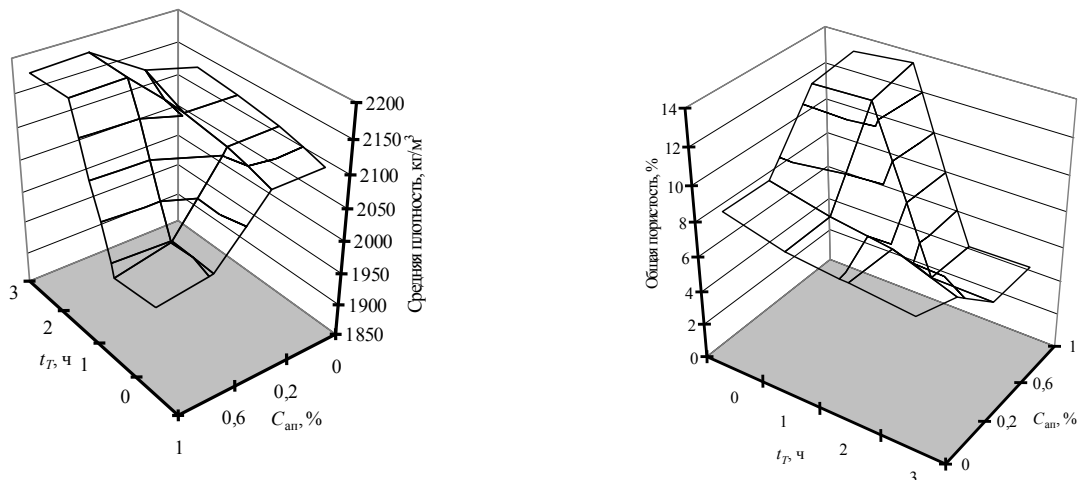
Таблица 2

Значения эмпирических коэффициентов уравнения (2)

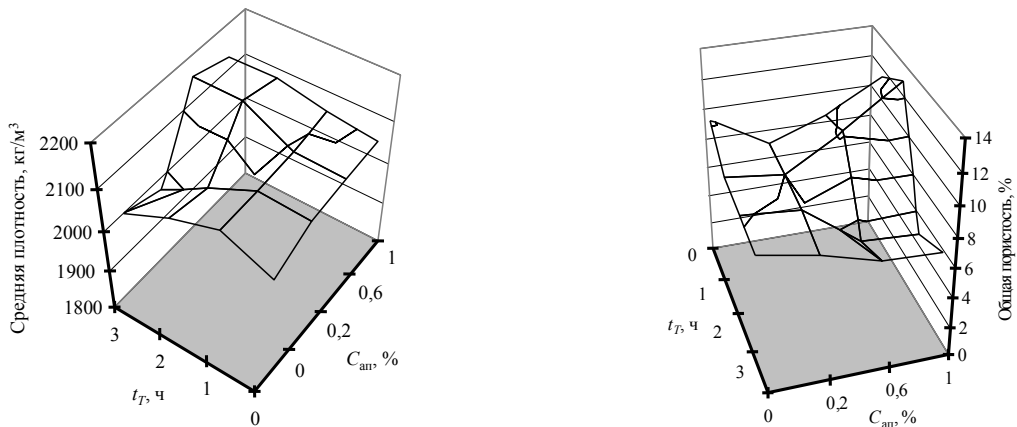
Удельная поверхность, м ² /кг	Эмпирические коэффициенты		
	a	b	c
180	14,44	-44,85	78,78
300	13,64	-34,74	62,91
420	13,51	-28,42	52,93

Значительное влияние на структурные показатели серного композита оказывают также массовая доля аппрета и время изотермической выдержки (рис .4).

а)



б)



в)

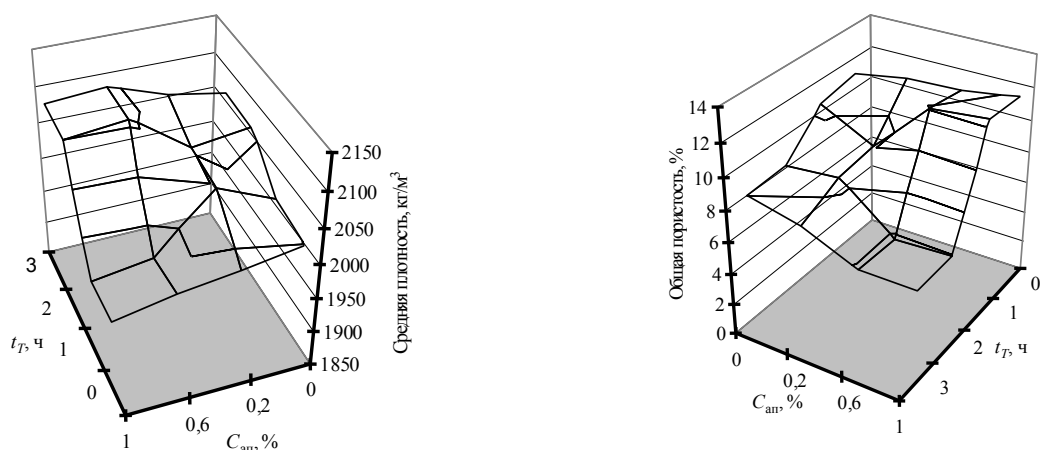


Рис. 4. – Зависимости средней плотности и пористости серных композитов на кварцевом наполнителе с удельной поверхностью 180 (а), 300 (б) и 420 (в) м²/кг от времени изотермической выдержки и массовой доли аппрета

Анализ экспериментальных данных рис. 4 показывает, что увеличение концентрации каучука и времени изотермической выдержки приводит к повышению средней плотности, а, следовательно, уменьшению общей пористости материала. Кроме этого, изотермическая выдержка в течение 1 часа композитов на кварцевом наполнителе, поверхность которого предварительно была обработана высококонцентрированными растворами аппрета, приводит к снижению средней плотности. Объяснить это можно интенсивным выделением газообразных продуктов процесса вулканизации каучука, которые не успевают удаляться из сферы реакции. С увеличением времени изотермической выдержки газообразные продукты реакции диффундируют из смеси, что закономерно приводит к повышению средней плотности.

Таким образом, наиболее плотные серные композиты получены на кварцевом наполнителе с удельной поверхностью $180 \text{ м}^2/\text{кг}$, обработанном 30%-ти и 50%-ным раствором каучука и подвергшиеся изотермической выдержке в течение 2...3 ч.

Литература

1. Шитова И.Ю., Зангиева О.П. Структурообразование в наномодифицированных серных композиционных материалах // Современные проблемы науки и образования, 2015, № 1. URL: science-education.ru/121-17709
2. Шитова И.Ю., Самошина Е.Н., Махомбетова К.Н. Внутренние напряжения в наномодифицированных серных композиционных материалах // Современные проблемы науки и образования, 2015, № 1 (часть 1). URL: science-education.ru/121-17131
3. Eisaburo O., Yukio T., Tatsuya M., Yukihiko H. Effekt of γ -ray Irradiation on superplasticiser and superplasticised concretes. Review 37 Jer. Meet. Cem. Assoc. Jap. Tech. Sess. Tokyo, 1993. pp. 98 – 100.

4. Болтышев С.А., Шитова И.Ю. Методика проектирования состава дисперсно-армированного серного материала // Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4435
5. Королев Е.В., Прошин А.П., Баженов Ю.М., Соколова Ю.А. Радиационно-защитные и коррозионно-стойкие серные строительные материалы. М.: Палеотип, 2006. 272 с.
6. Королев Е.В., Прошин А.П., Баженов Ю.М., Соколова Ю.А. Радиационно-защитные и коррозионно-стойкие серные строительные материалы. М.: Палеотип, 2004. 464 с.
7. Королев Е.В., Прошин А.П., Ерофеев В.Т., Хрулев В.М., Горетый В.В. Строительные материалы на основе серы. Пенза-Саранск: МГУ, 2003. 372 с.
8. Курилова С.Н. Прессованные цементно-минеральные композиты для дорожного строительства // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4245.
9. Makatiou A.S., Megahid R.M. Sekondaty γ -dose distvibutions in light and heavy weight concrete shields. «Int. I. Appl. Radiat and Isotop» 1992. №7. pp. 569 – 573.
10. Яушева Л.С. Серобетоны каркасной структуры: дис... канд. техн. наук: 05.23.05. Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева, 1998. 170 с.

References

1. Shitova I.Ju., Zangieva O.P. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya (Rus), 2015, № 1 URL: science-education.ru/121-17709
 2. Shitova I.Ju., Samoshina E.N., Mahombetova K.N. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya (Rus), 2015, № 1 (chast' 1) URL: science-education.ru/121-17131
 3. Eisaburo O., Yukio T., Tatsuya M., Yukihiko H. Review 37 Jer. Meet. Cem. Assoc. Jap. Tech. Sess. Tokyo. 1993. pp. 98 – 100.
-



4. Boltyshev S.A., Shitova I.Ju. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4435
5. Korolev E.V., Proshin A.P., Bazhenov Ju.M., Sokolova Ju.A. Radiacionno-zashhitnye i korrozionno-stojkie sernye stroitel'nye materialy [Radiation-protective and corrosion-resistant sulfur construction materials]. M.: Paleotip, 2006. 272 p.
6. Korolev E.V., Proshin A.P., Bazhenov Ju.M., Sokolova Ju.A. Radiacionno-zashhitnye i korrozionno-stojkie sernye stroitel'nye materialy [Radiation-protective and corrosion-resistant sulfur construction materials]. M.: Paleotip, 2004. 464 p.
7. Korolev E.V., Proshin A.P., Erofeev V.T., Hrulev V.M., Goretyj V.V. Stroitel'nye materialy na osnove sery [Sulfur-based building materials]. Penza-Saransk: MGU, 2003. 372 p.
8. Kurilova S.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4245.
9. Makatious A.S., Megahid R.M. «Int. I. Appl. Radiat and Isotop» 1992. №7. pp. 569 – 573.
10. Jausheva L.S. Serobetony karkasnoj struktury [Sulphur concrete of frame structure]: dis... kand. tehn. nauk: 05.23.05. Saransk: MGU im. N.P. Ogareva, 1998. 170 p.