

дование повреждений набухающего пакера // Промышленное производство и использование эластомеров. 2018. № 2. С. 35–40.

4. Шишкина Н. Н., Закирова Л. Ю., Самуилов Я. Д. Использование добавок на основе карбамида в резиновых смесях как агентов полифункционального действия // Каучук и резина. 2020. Т. 79. № 4. С. 198–202.

5. Черезова Е. Н., Карасева Ю. С., Аль-Базили Навар Махди Халед, Момзякова К. С. Влияние добавок целлюлозы травянистых растений на комплекс свойств резин серной вулканизации на основе бутадиен-нитрильного каучука // Вестник технологического университета. 2022. Т. 23. № 10. С. 30–33.

6. Накып А. М., Черезова Е. Н., Карасева Ю. С. Получение частично карбоксилированной порошковой целлюлозы из соломы льна и ее влияние на физико-механические свойства и степень набухания резины // Вестник технологического университета. 2021. Т. 24. № 9. С. 49–52.

УДК 677.4

Ву Мань Хунг (ВолгГТУ, г. Волгоград, Российская Федерация);

Фам Ким Дао, канд. хим. наук (ИПВВ, г. Ханой, Вьетнам);

В.Ф. Каблов, д-р техн. наук

(ВПИ (филиал) ВолгГТУ, г. Волжский, Российская Федерация);

А.Н. Гайдадин, канд. техн. наук

(ВолгГТУ, г. Волгоград, Российская Федерация);

В.Г. Кочетков, канд. техн. наук

(ВПИ (филиал) ВолгГТУ, г. Волжский, Российская Федерация)

## **ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СТЕКЛЯННЫХ МИКРОСФЕР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КАУЧУКА**

Эластомерные материалы показывают свою эффективность в широком диапазоне применений благодаря разнообразию свойств и возможностям их регулирования в зависимости от требований области их применения.

Огнетеплозащитные полимерные материалы (ОТЗМ), применяются в изделиях авиациокосмической и морской техники, для строительных конструкций, газонепродолаивающего оборудования, работающих при воздействии пламени и высокотемпературных газовых потоков.

От эффективности ОТЗМ зависит надежность и время эксплуатации указанных ответственных изделий. Поэтому повышение пока-

зателей огнетеплозащиты эластомерных композиций является весьма актуальной задачей. Есть много способов добиться повышения эффективности ОТЗМ, путем использования других эластомеров с лучшими свойствами или изменение свойств материала с помощью функциональных наполнителей. Поэтому поиск различных функциональных наполнителей, изменяющих характеристики выходного материала, является эффективным направлением.

Было проведено множество исследований по применению различных полимеров при изготовлении теплозащитных материалов для удовлетворения различных условий выпускаемой продукции. Среди них можно назвать теплозащитные покрытия на основе эпоксидной смолы, хлорсульфированного полиэтилена, перхлорвинилового смолы, различных каучуков [1–4].

Повышение эффективности теплозащитных материалов может быть достигнуто заменой используемых эластомеров другими эластомерами, более устойчивыми к температурным воздействиям, повышением эффективности поглощения теплопроводности материала введением наполнителей с хорошим теплопоглощением, таких как гидратированные соли, или снижение теплопроводности материала за счет введения функциональных наполнителей с низким тепловыделением.

Таким наполнителем являются полые стеклянные микросферы (МСФ), которые имеют небольшие размеры, малую плотность, низкую теплопроводность, полую структуру, что делает их эффективными при использовании в качестве теплопроводной модификации функционального наполнителя получаемого материала. В настоящей работе проведено исследование свойств нескольких типов стеклянных микросфер от разных производителей (таблица 1).

**Таблица 1 – Характеристики микросфер**

№	Марки	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Разрушающее давление ≥80%, МПа	Размер частиц мкм, 10%/50%/90%
1	Fore Sphere мар. 300	0.25	2.07	19 / 35 / 69
2	Fore Sphere мар. 1500	0.35	10.3	24 / 35 / 60
3	Fore Sphere мар. 3000	0.45	20.6	9 / 23 / 34
4	Fore Sphere мар. 6000	0.55	40.5	9 / 23 / 36
5	Fore Sphere мар. 9000	0.65	61.8	13 / 25 / 39
6	Тверь ПСМ 32	0,32	>11	ср. 58, <113
7	Тверь ПСМ 37	0,40	>15	ср. 58, <113
8	ЗМ™ ПСМ К37	0.37	20.6	40–49
9	ЗМ™ ПСМ К15	0.15	2.07	60–69

Нами были проведены эксперименты по определению теплопроводности вышеуказанных микросфер, результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Температуропроводность микросфер**

Марка	при 25°С, м <sup>2</sup> /с	при 100°С, м <sup>2</sup> /с
FS300	0,113	0,111
FS1500	0,118	0,115
FS3000	0,121	0,119
FS6000	0,143	0,132
FS9000	0,172	0,157
Тверь ПСМ 32	0,119	0,114
Тверь ПСМ 37	0,124	0,121
3М™ ПСМ К15	0,08	0,07
3М™ ПСМ К37	0,117	0,115

Из полученных результатов видно, что стеклянные микросферы обладают очень низкой температуропроводностью, поэтому их можно использовать в качестве функционального наполнителя в материале для модификации теплофизических свойств материала. Применение полых алюмосиликатных микросфер показало их высокую эффективность в огнетеплозащитных материалах в качестве функциональных наполнителей [5–7].

В таблице 3 приведены теплозащитные и теплофизические свойства вулканизатов в зависимости от содержания алюмосиликатных микросфер (МСФ) – от 1 до 10 масс.ч. на 100 масс.ч. каучука.

**Таблица 3 – Теплозащитные и теплофизические свойства вулканизатов в зависимости от содержания алюмосиликатных микросфер (МСФ)**

Свойства вулканизатов	Контр	1МСФ	3 МСФ	5 МСФ	10 МСФ
Содержание МСФ, на 100 масс. ч. каучука	-	1	3	5	10
Время прогрева необогреваемой поверхности образца до 100 С, с	200	270	280	320	330
Потеря массы образца, %	28,78	21,87	21,15	21,38	21,25
Скорость линейного горения, мм/с	24,12	23,01	21,42	20,87	20,08
Теплопроводность, Вт/(м*К)	0,229	0,193	0,194	0,198	0,210

Теплозащитные свойства определялись по времени прогрева пластинки вулканизата под действием пламени до достижения 100 С на необогреваемой поверхности и величины потери массы при испытании.

Кроме того, определялась линейная скорость горения и теплопроводность материала. Как видно из таблицы 3, введение МСФ существенно улучшает огнетеплозащитные свойства и снижает теплопроводность эластомерного материала, тем самым повышая эффективность тепловой защиты материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов В. Ф., Гайдадин А. Н., Ву Мань Хунг, Фам Ким Дао. Проектирование рецептур огне- и теплозащитных материалов с ис-

пользованием добавок, генерирующих выделение воды / В. Ф. Каблов, А. Н. Гайдадин, Ву Мань Хунг, Фам Ким Дао // X Всероссийской конференции «Каучук и Резина - 2021: традиции и новации: Сборник материалов конференции, Москва, 27–28 апреля 2021 года. – Москва: ЦВК, 2021. – С. 98.

2. Ву Мань Хунг, Гайдадин А.Н., Петрюк И.П., Фам Ким Дао, Абзальдинов Х. С. Влияние модификаторов теплопоглощения на характеристики композиционных эластомерных материалов // Промышленное производство и использование эластомеров, 2021, № 1, С. 16–22. DOI: 10.24412/2071-8268-2021-1.

3. Петрюк И. П., Гайдадин А. Н., Москвичев С. М., Литинская Н. Н. Влияние содержания кристаллизационной воды в наполнителе на огнезащитные характеристики эластомерной композиции // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 13. – С. 85–88.

4. Огнетеплозащитные полимерные материалы с функционально-активными компонентами (часть 1): монография / В. Ф. Каблов, Н. А. Кейбал, О. М. Новопольцева; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – 209 с.

5. В. Ф. Каблов, В. Г. Кочетков и др. Эластомерные теплозащитные материалы, содержащие микросферы, модифицированные элементоорганическим модификатором // Каучук и резина. – 2017. – Т. 76, № 4. – С. 244–247.

6. В. Ф. Каблов, В. Г. Кочетков и др. Физико-механические, теплофизические и огнезащитные свойства эластомерных композиций на основе этиленпропиленового каучука, наполненных полыми алюмосиликатными микросферами // Журнал прикладной химии. – 2017. – Т. 90, вып. 2. – С. 236–240.

7. В. Ф. Каблов, В. Г. Кочетков и др. Эластомерные теплозащитные материалы, содержащие алюмосиликатные микросферы // Вестник машиностроения. – 2017. – № 9. – С. 72–73.