

2. Скрипова, П. Н. Гелевое литье керамических материалов / П. Н. Скрипова, Л. Д. Сиротенко // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2011. – № 1. – С. 117–119.

3. Huang, Y. Study of gel-tape-casting process of ceramic materials / Y. Huang, J. Xing, Z. Xie // Materials science & engineering. – 2002. – Vol. 323, iss. 1–2. – P. 336–341.

4. Синтез гидроксиапатита для биоактивных материалов / Н. Е. Торопков [и др.] // Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине: материалы IV Международной научно-практической конференции, 13–15 октября 2016 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – С. 130–134.

5. Колмаков, К. М. Химия поверхностных явлений (коллоидная химия): учеб.-метод. пособие / К. М. Колмаков. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2017. – 322 с.

УДК 678678.675

**С.И. Вольфсон, И.З. Файзуллин, Т.В. Щербакова,
З.М. Бадретдинов, Д.Р. Хафизова**

Казанский национальный исследовательский
технологический университет

РАЗРАБОТКА СТЕКЛОПОЛНЕННЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ КАРБОЦЕПНЫХ КАУЧУКОВ

Одной из главных задач развития полимерных композиционных материалов является улучшение их характеристик. При этом необходимо добиться максимальной производительности, снижения энергозатрат и себестоимости продукции. Для этих целей могут использоваться различные методы, например, добавление в состав специальных наполнителей.

Современное машиностроение широко использует различные эластомерные композиции, в основном это резины, работающие в широком интервале скоростей скольжения, температур и давлений. Для использования резин в антифрикционных целях наиболее важна их высокая износостойкость, характеризующаяся низкой истираемостью и коэффициентом трения.

В этой связи, целью работы явилось исследование влияния полых стеклосфер в составе композиционного материала на основе карбоцепных

каучуков на физико-механические и эксплуатационные свойства, а также уменьшение плотности и, соответственно, веса готового изделия за счет их добавления [1].

Полые стеклосферы широко применяются в качестве наполнителя в составе различных материалов и покрытий. Характерные области их использования – строительная отрасль (звукоизоляционные и композиционные материалы), судо- и авиастроение (облегченные конструктивные материалы), лакокрасочная промышленность (наполнители и добавки), нефтегазовая (буровые растворы и тампонажные цементы). Также стеклосферы используют как самостоятельный материал для хранения различных веществ, например, газов или медикаментов [2]. Размер стеклосфер составляет от 5 до 200 мкм. Насыпная плотность варьируется в пределах 80–700 кг/м³, прочность зависит от способа их получения, толщины стенок и плотности, наибольшая достигается при размере порядка 30–40 мкм [3]. Применение материала обусловлено уникальным сочетанием физических свойств: сферическая форма, маленькая толщина стенок, низкая плотность, хорошие тепло- и звукоизоляционные, а также диэлектрические свойства.

Химическая стойкость полых стеклосфер делает их совместимыми с большинством полимеров [4]. Идеальная сферическая форма стеклосфер улучшает текучесть материалов, обеспечивает лучшее распределение по форме и эффективное заполнение объема частицами, уменьшает усадку [5].

Модифицирование существующих каучуков и резин является современным направлением получения эластомерных композиций с требуемыми свойствами. В качестве эластомерной фазы в работе были использованы каучуки, применяемые для изготовления резинотехнических изделий: изопреновый СКИ-3, бутадиен-метилстирольный СКМС-30АРКМ-15 и бутадиен-нитрильный БНКС-40АМН. В качестве наполнителя использовался технический углерод (ТУ) марки П-324. В качестве модификатора-наполнителя для повышения износоустойчивости, а именно снижения истираемости и коэффициента трения по абразивной и металлической поверхности, были использованы полые стеклосферы марки 3MTM Glass Bubbles iM16K с размером частиц 20 мкм в составе указанных композиций с массовым содержанием 10, 20, 40 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука.

Резиновые смеси получали на смесительном оборудовании фирмы Brabender «Plasti-Corder®Lab-Station» при температуре 70° и скорости вращения роторов 60 об/мин.

Были проведены испытания по определению плотности (ГОСТ 15139-69), твердости (ГОСТ 263-75), прочности при разрыве

(ГОСТ 270-75), эластичности по отскоку (ГОСТ 27110-86) и сопротивления резин истиранию (ГОСТ 426-77).

По данным физико-механических свойств видно (табл.1), что у всех композиций при введении 20 мас.ч стеклосфер наблюдается увеличение относительного удлинения при разрыве и эластичности по отскоку, связанное, по всей видимости, с повышением молекулярной подвижности цепей каучука. При этом прочностные свойства снижаются, что связано с недостаточным взаимодействием наполнителя с каучуком. Увеличение дозировки стеклосфер до 40 мас.ч в резиновых смесях на основе СКИ-3 повышает эластичные свойства композиций. Однако в композициях на основе СКМС-30 и БНКС-40 эти показатели заметно падают с одновременным снижением прочностных свойств вулканизатов.

Использование полых стеклосфер, по сравнению с другими (традиционными) облегчающими добавками, способствует получению композиций с более низкой плотностью (рис.1).

Таблица 1 – Физико-механические характеристики вулканизатов, содержащих стеклосферы

Параметры	Содержание стеклосфер в резиновой смеси, мас.ч. на 100 мас.ч. каучука								
	СКИ-3			СКМС-30			БНКС-40		
	–	20	40	–	20	40	–	20	40
Условное напряжение при 300 % удлинении, МПа	9,7	3,3	0,7	13,1	4,4	0,79	9,2	5,53	2,08
Условная прочность при разрыве, МПа	20,1	11,1	5,7	16,8	6,69	0,88	21,0	11,9	3,5
Относительное удлинение при разрыве, %	535	570	760	370	410	340	510	595	460
Эластичность по отскоку, %	42	50	51	31,3	36,1	33,3	14,1	15,5	7,3
Твердость по Шору А	68,4	63,6	57,5	74,9	72,8	72,1	85,4	84,6	82,3

Уменьшение плотности резиновых смесей связано с содержанием в стеклосферах вакуумных полостей, при учете объема которых конечная плотность композиций уменьшается. Благодаря чему уменьшаются затраты на перевозку и облегчается монтаж готовых изделий.

Важной задачей являлось исследование влияния ввода и дозировки стеклосфер на износостойкость резин, что является одним из важ-

нейших показателей качества при применении их в резинотехнической промышленности (рис. 2). Введение и повышение дозировки стеклосфер в резиновые смеси увеличивает износостойкость композиций на 10 %.

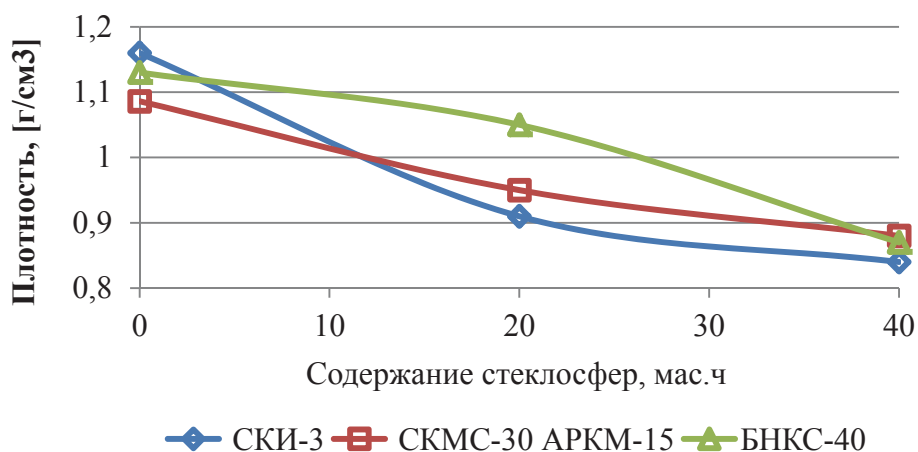


Рис. 1 – Плотность химически связанных цепей сетки стандартных резин, содержащих стеклосферы

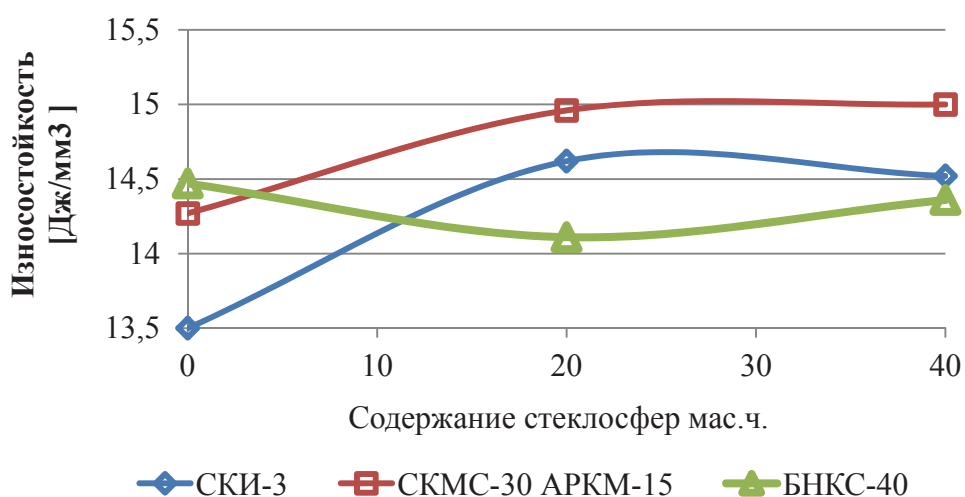


Рис. 2 – Влияние стеклосфер на износостойкость композиций

Анализ экспериментальных данных показал, что оптимальной дозировкой является введение 20 мас.ч полых стеклосфер в состав композиций, повышающих износостойкость, снижающих коэффициент трения, уменьшающих массу материала, при обеспечении требуемого уровня основных физико-механических показателей вулканизатов.

Дальнейшие исследования будут направлены на улучшение совместимости стеклосфер с матрицей каучука для повышения прочностных показателей вулканизатов, путем использования модифицированных различными составами стеклосфер.

Список использованных источников

1. R. Mohtadi, T. Matsunaga, K. Heung, R. Schumacher and G. Wicks, “Hollow Glass Microspheres as Micro Media for Complex Hydrogen Storage Compounds”. Журнал Академии наук SC.
2. L. K. Heung, G. G. Wicks and R. F. Schumacher, “Encapsulation of Palladium in Porous Wall Hollow Glass Microspheres”, Ceramic Transactions, vol. 202, p. 143–148, 2009.
3. Полые стеклосферы [Электронный ресурс] – Электр. текст. дан. – Режим доступа: <https://lassospb.ru/products/16665886>
4. Golubchikova K. E., Fayzullin I. Z., Volfson S. I. Light-diffusing composite material based on polystyrene and hollow glass microspheres // Journal of Thermoplastic Composite Materials. – 2019. – С. 0892705719882982.
5. Fayzullin I. Z. et al. Glass-Filled Wood-Polymer Composites Based on Polypropylene //Key Engineering Materials. – Trans Tech Publications Ltd, 2019. – Vol. 816. – P. 197–201.