

УДК 678.5

И.В. Парахин<sup>1</sup>, А.С. Туманов<sup>1</sup>**ФЕНОЛОКАУЧУКОВЫЙ ПЕНОПЛАСТ ПОВЫШЕННОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ\***

*Показана возможность получения фенолокаучукового пенопласта повышенной пластичности. Изучено изменение свойств и структуры пенопласта в зависимости от выбранного модификатора. Исследована теплостойкость пластичного фенопласта, а также комплекс физико-механических свойств получаемого материала.*

**Ключевые слова:** фенопласт, технология, пластичность, пластификатор.

*This work is devoted to a manufacture of phenolic-rubber foamed plastic with higher plasticity. Changing of properties and structure of foamed plastic depending on the chosen plasticizer is studied. Thermal resistance and complex of physical-mechanical properties of the manufactured phenolic plastic are investigated.*

**Keywords:** phenolic-rubber foamed plastic, technology, plasticity, plasticizer.

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

\* В работе принимали участие Н.Ф. Поросова, А.И. Саматадзе.

**Введение**

Широкое применение в различных отраслях промышленности находят вспененные материалы на основе фенолформальдегидных олигомеров, среди которых особое место занимают пеноматериалы, полученные на основе продуктов совмещения фенольных олигомеров с нитрильным эластомером [1–7].

**Материалы и методы**

Благодаря сочетанию уникального комплекса свойств: низкой плотности, высоких значений теплостойкости, механической и ударной прочности, – такие пеноматериалы успешно применяются в авиационной и космической технике для изготовления теплозащитных и вибро-ударопрочных конструкций [8–16]. Увеличение содержания каучука в композиции фенолокаучукового пенопласта приводит к росту эластичности, однако наряду с этим снижаются теплостойкость и напряжение при сжатии материала (рис. 1), а также увеличивается горючесть.

В связи с этим введение больших количеств каучука в пенопласт нежелательно. Однако на практике часто необходимо получить эластичный материал с высокими показателями теплостойкости и горючести [17–20]. Такими свойствами обладает закрытопористый пенопласт, содержащий 60 мас. ч. каучука (ФК-60) [21]. Единственным существенным недостатком этого материала является малая стойкость к удару – фактически, эластичность. Поэтому в композицию ФК-60 вводят пластификаторы для придания пластичности, улучшения формовочных свойств и эластичности пластмасс. Молекулы пластификатора, не связанные с полимером химически, ослабляют энергию

межмолекулярного взаимодействия и таким образом облегчают скольжение макромолекул относительно друг друга [22]. Введение пластификатора в каучуки снижает опасность подвулканизации, понижает твердость, гистерезисные потери и теплообразование при многократных деформациях резин [23].

Основные требования, предъявляемые к пластификаторам:

- термодинамическая совместимость с полимером;
- низкая летучесть;
- отсутствие запаха;
- химическая инертность;
- устойчивость к экстракции из полимера жидкими средами, например маслами, моющими средствами, растворителями.

Свойства широко распространенных пластификаторов приведены в табл. 1.

**Результат**

В данной работе в качестве пластификаторов использовали наиболее распространенные сложные полиэфиры на основе себаценовой кислоты в различных количествах. Сложноэфирные пластификаторы обладают всеми химическими свойствами сложных эфиров: они медленно гидролизуются под действием влаги с образованием кислоты и спирта (реакция ускоряется основаниями и кислотами); в обычных условиях устойчивы к действию кислорода воздуха, однако при повышенных температурах в них протекают термоокислительные процессы, приводящие к деструкции.

Исследование заключалось в определении требуемого количества сложноэфирного пластификатора (II) для улучшения эластичности и уменьше-

Таблица 1

**Свойства широко распространенных пластификаторов**

Пластификатор	Плотность, г/см <sup>3</sup> (при 26°C)	Вязкость, МПа·с (при 20°C)	Температура, °C	
			вспышки	плавления
Эфиры ароматических кислот и ароматических спиртов				
Диметилфталат	1,190	16,3	146	0÷+2
Диэтилфталат	1,118*	10,0*	125	-3
Дибutilфталат	1,042–1,049	19–23	175	-40
Дионилфталат	0,980	113–123	–	-28÷-35
Диизодecilфталат	0,954	113–123	232	-6
Дидодecilфталат	0,950	297	226	-35
Триоктилтримеллитат	0,987	286	260	-46
Эфиры алифатических кислот и алифатических спиртов				
Диизооктилдипинат	0,922	13–15**	188	-40
Дибutilсебацинат	0,934	7–11	183	-10
Диоктилсебацинат	0,912	18–24	215	-40
Эфиры фосфорной кислоты				
Трикрезилфосфат	1,165	110–120	276	-36
Трифенилфосфат	1,201	8,6	223	+49÷+51
Полиэфиры				
Дибutilовый эфир полипропиленгликоль адипината	1,07–1,1	300–600	200	-45
Дибutilовый эфир полидиэтиленгликоль адипинат себацината	1,08–1,1	450–600	200	–
Дибutilовый эфир полипропиленгликоль адипината	1,07–1,1	300–600	200	-45
Дибutilовый эфир полидиэтиленгликоль адипинат себацината	1,08–1,1	450–600	200	–

\* При 20°C.

\*\* При 25°C.

Таблица 2

**Напряжение при сжатии пенопласта ФК-60 при различном содержании сложноэфирного пластификатора**

Содержание пластификатора, мас. ч. на 100 мас. ч. каучука	5	10	15	25
Напряжение сжатия, МПа	4	5	5	6

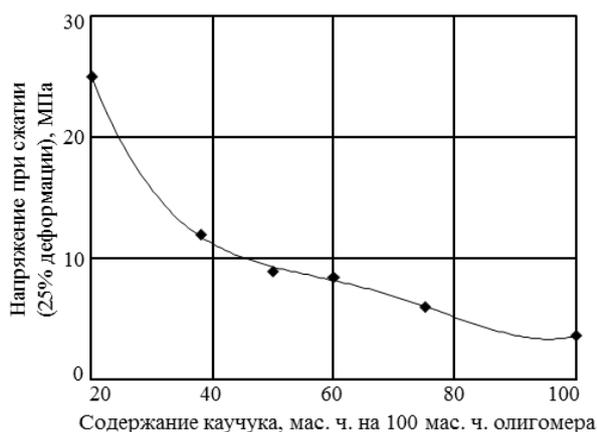


Рис. 1. Зависимость напряжения при сжатии пенопласта от концентрации каучука

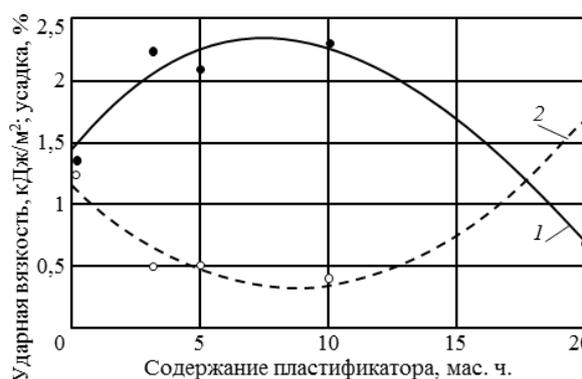


Рис. 2. Зависимость ударной вязкости (1) и усадки (2) от содержания пластификатора на основе полиэфира (режим термообработки: 150°C в течение 5 ч)

ния усадки закрытопористого фенолокаучукового пенопласта (ФК-60). Для этого на вальцах была получена смесь на основе фенольного олигомера новолачного типа, содержащая нитрильный каучук, порофор, гексаметилентетрамин в качестве

отвердителя и сложноэфирный пластификатор в различных количествах. Затем из полученной смеси были изготовлены образцы для определения механических свойств материала (рис. 2).

Из приведенных данных можно заключить, что оптимальным является содержание пластификатора ~5–10 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука, так как при такой концентрации достигаются максимальные значения ударной вязкости пенопласта и минимальные значения усадки. Это хорошо коррелирует с известными сведениями, что количество пластификатора, требуемое для повышения эластичности материала, должно быть небольшим, так как при его высоких концентрациях в композиции существенно снижается комплекс физико-механических свойств полученного материала.

На основании полученных данных выбраны композиции с содержанием пластификатора ~5–10 мас. ч.

и для них измерена величина напряжения при сжатии. Полученные данные приведены в табл. 2.

### Заключение

Таким образом, из приведенных данных можно заключить, что оптимальным для фенолокаучукового пенопласта ФК-60 является содержание сложноэфирного пластификатора ~5–10 мас. ч. Именно при этой концентрации достигаются большие величины эластичности, низкие параметры усадки, физико-механические свойства материала существенно не снижаются.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Попов В.А. Газонаполненные пластмассы на основе феноло-альдегидных смол и их сочетания с высокополимерами //Пластические массы. 1960. №10. С. 20–25.
2. Справочник по пластическим массам: В 2 т. Т.2 /Под ред. В.М. Катаева, В.А. Попова, Б.И. Сажина. 2-е изд., перераб. М.: Химия. 1975. 568 с.
3. Берлин А.А., Шутов Ф.А. Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров. М.: Химия. 1978. 296 с.
4. Александров А.Я., Бородин М.Я., Павлов В.В. Конструкции с наполнителем из пенопластов. М.: Машиностроение. 1972. 396 с.
5. Дворко И.М., Щемелева Л.В. Свойства и применение пенопластов Тилен-А на основе порошковых новолачных фенолформальдегидных композиций //Пластические массы. 1999. №4. С. 20–21.
6. Саматадзе А.И., Парахин И.В., Поросова Н.Ф., Туманов А.С. Получение фенолокаучуковых пенопластов методом «бессерной» вулканизации //Авиационные материалы и технологии. 2013. №3. С. 49–52.
7. Парахин И.В., Туманов А.С. Фенольно-каучуковый пенопласт марки ВРП-4 //Авиационные материалы и технологии. 2014. №1. С. 42–46.
8. Сагомонова В.А., Сытый Ю.В. Основные принципы создания вибропоглощающих материалов авиационного назначения //Труды ВИАМ. 2013. №11. Ст. 03 (viam-works.ru).
9. Композиция для получения пенопласта: пат. 2477734 Рос. Федерация; опубл. 20.03.2013.
10. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов: Учебник для вузов. М.: Стройиздат. 1980. 399 с.
11. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.
12. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.
13. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники //Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
14. Застрогина О.Б., Швец Н.И., Постнов В.И., Серкова Е.А. Фенолформальдегидные связующие для нового поколения материалов интерьера //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 265–272.
15. Сытый Ю.В., Кислякова В.И., Сагомонова В.А., Николаева М.Ф. Новый многослойный уплотнительный материал ВТП-2П //Авиационные материалы и технологии. 2011. №4. С. 32–34.
16. Sunil Jose T., Anoop Anand K., Joseph Rani. On the Mechanical Properties of EPDM/CIIR Blends Cured with Reactive Phenolic Resin //International Journal of Polymeric Materials. 2010. V. 59. №7. P. 488–497.
17. Xie Chan, Jia Zhixin, Jia Demin et al. The Effect of Dy (III) Complex with 2-Mercaptobenzimidazole on the Thermo-Oxidation Aging Behavior of Natural Rubber Vulcanizates //International Journal of Polymeric Materials. 2010. V. 59. №9. P. 663–679.
18. Patel Hasmukh S., Patel Bhavdeep K., Morekar Manish M., Dixit Bharat C. Synthesis, Characterization and Glass Reinforcement of Urea-Formaldehyde-Phenol Resins //International Journal of Polymeric Materials. 2009. V. 58. №11. P. 604–611.
19. Yoganathan R.B., Mammucari R., Foster N.R. Dense Gas Processing of Polymers //Polymer Reviews. 2011. V. 50. №2. P. 144–177.
20. Bing Li, Qingfeng Wu, Nanqiao Zhou, Baoshan Shi. Batch Foam Processing of Polypropylene/Polydimethylsiloxane Blends //International Journal of Polymeric Materials. 2010. V. 60. №1. P. 51–61.
21. Jorge R.M., Lopes L., Benzi M.R. et al. Thiol Addition to Natural Rubber: Effect on the Tensile and Thermal Properties //International Journal of Polymeric Materials. 2010. V. 59. №5. P. 330–341.
22. Seo J.H., Cha S.W., Kim H.B. Diffused Reflection of Microcellular Foamed Polycarbonate //Polym. Plastics Technol. Eng. 2009. V. 48. P. 351–358.
23. Neoh S.B., Azura A.R., Hashim A.S. Comparison of the Different Vulcanization Techniques of Styrene Modified Natural Rubber (SNR) as an Impact Modifier of Natural Rubber-Based High Impact Polystyrene (NRHIPS) //Polym. Plastics Technol. Eng. 2011. V. 49. P. 121–126.