

С. Г. Тихомиров, д-р техн. наук, проф.,
М. А. Кулигина, асп.
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация);
Ж. С. Шашок, д-р техн. наук, проф. (БГТУ, г. Минск);
А. Ю. Люштык, нач. лаб.-гл. химик,
С. Н. Каюшников, канд. техн. наук, нач. инж.-техн. центра
(ОАО «Белшина», г. Бобруйск)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЗИН ПРИ ВВЕДЕНИИ В ИХ РЕЦЕПТУРУ РАДИАЦИОННОГО БУТИЛРЕГЕНЕРАТА

Производство и потребление полимерных материалов неуклонно возрастает в различных областях. Переработка резиновых изделий, вышедших из эксплуатации, их регенерация и таким образом, возвращение в технологический цикл углеводородного сырья является актуальными задачами.

На территории РФ с 2019 года запрещено захоронение многих видов отходов, в их числе отработанных пневматических шин, включающих изделия, армированные текстильным кордом, металлокордом, резиновых комплектующих машин, механизмов, технологического оборудования. В то же время рост количества автотранспорта обусловил увеличение производства и потребления автомобильных шин и резиновых изделий, применяемых при их производстве, поэтому проблема переработки отходов отработанных резиновых изделий приобретает все большее значение [1].

Существующие в настоящее время методы регенерации основаны на использовании сложного оборудования, являются многоступенчатыми, подразумевают использование химических соединений в качестве активаторов регенерации, характеризуются образованием побочных продуктов - сточных вод, летучих соединений и т. д [2–4].

Использование ионизирующего излучения при регенерации отработанных резин на основе насыщенных каучуков позволит решить некоторые из указанных проблем и получить регенерат с прогнозируемыми свойствами за счет варьирования условий обработки материала на его технические свойства [5–6].

В качестве объектов исследования использованы образцы диафрагменной резины, которые были подвергнуты воздействию ускоренных электронов при поглощенной дозе 35 кГр. Дополнительно проведена термомеханообработка полученных облученных по двум режимам:

- 1) на вальцах в течение 30 мин при зазоре 2 мм (шифр образца РБР-1);

2) в резиносмесителе в два стадии при 30%-ой загрузке камеры: I стадия – 35 мин при скорости вращения роторов 45 об/мин, II стадия – 15 мин при 60 об/мин (шифр образца РБР-2).

Использование данных режимов позволяет смоделировать процесс термомеханообработки и дальнейшие свойства бутилового регенерата с использованием оборудования валкового и роторного типа.

На основе полученных бутилрегенератов были изготовлены две резиновые смеси: контрольная и модельная (таблица 1). Модельная смесь предусматривает частичную замену хлорбутилкаучука на радиационный бутилрегенерат. Резиносмещение проводили в две стадии: I стадия – изготовление маточной резиновой смеси с последующей доработкой на вальцах при зазоре 2 мм и вылежкой в течение не менее 4 ч; II стадия – введение вулканизирующей группы. Двухстадийное смешение позволяет избежать негативного явления – подвулканизации, вызванного повышением температуры маточной смеси в камере пластикодера.

Таблица 1 – Рецепты резиновых смесей

Наименование компонентов	Шифры образцов и содержание компонентов, мас.ч.	
	контрольный образец	модельная смесь
Натуральный каучук	10	10
Бутадиен-стирольный каучук	20	20
Хлорбутилкаучук	70	60
Регенерат РБР-1 или РБР-2	–	20
Ингредиенты по рецепту	110	110
Всего:	202	202

Для физико-механических испытаний образцы вулканизовали по режиму 170°C×10 мин. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Установлено, что при введении в рецептуру 20 мас. ч. бутилрегенерата РБР снижение условной прочности при разрыве составило 1 МПа, при этом относительное удлинение вулканизата на основе РБР-1, которое составило 460% было выше контрольного образца (430%).

Проведено исследование влияние термического старения на полученные вулканизаты на основе РБР и контрольного образца. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 9.024-74, режим термического старения: 100°C×72 ч. Снижение прочностных характеристик вулканизатов для контрольной резины составило 20%, для опытных образцов – 22–25%.

Таблица 2 – Физико-механические показатели вулканизатов

Наименование показателей	Шифры образцов		
	контроль- ный образец	РБР-1	РБР-2
Условное напряжение при удлинении на 300%, МПа	4,0	3,6	3,8
Условная прочность при разрыве, МПа	6,6	5,5	5,5
Относительное удлинение при разрыве, %	430	460	416
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	8,5	8,5	9,0

Полученные экспериментальные данные дополнили базу данных, которая формировалась для разработки математических моделей, описывающих кинетику деструкции основных и поперечных связей молекулярной структуры облученных и теромеханообработанных резин, динамику моментов её молекулярно-массового распределения, предназначенных для прогнозирования свойств резин при использовании бутилрегенерата разного качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tikhomirov S. G., Karmanova O. V., Podvalnyi S. L., Khvostov A. A., Karmanov A. V. Investigation of the kinetics of the radiation destruction of elastomers // *Advanced Materials & Technologies Founders*. – № 2. – 2018. – P. 29–42.
2. Karmanova O. V., Tikhomirov S. G., Kayushnikov S. N. Obtaining and using of reclaimed butyl rubber with the use of ionizing radiation // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2019. – Vol. 159. – P. 154–158.
3. Хакимуллин Ю. Н. Структура, свойства и применение радиационных регенератов резин на основе бутилкаучука. – Казань. – 2011. – 188 с.
4. Дроздовский В. Ф. Применение модифицированных и немодифицированных измельченных вулканизатов // *Каучук и резина*. – 1997. – № 2. – С. 48.
5. Дроздовский В. Ф. Переработка и использование невозстанавливаемых изношенных шин. – Москва: ВЕСКОМ. – 2018. – 370 с.
6. Zaharescu T., Cazac C., Jipa S., Setnescu R. Assessment on radiochemical recycling of butyl rubber // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. – 2001. – Vol. 185. – P. 360–364.