

А. С. Казакова, доц., канд. техн. наук;
А. С. Москалев, доц., канд. техн. наук;
О. В. Карманова, зав. кафедрой ТОСиПП, д-р техн. наук
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация);
Ж. С. Шашок, проф., д-р техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МЕХАНООБРАБОТКИ ОБЛУЧЕННЫХ РЕЗИН НА ИХ СВОЙСТВА

Получение регенерата является широко распространенным способом переработки резиновых отходов. Регенерат представляет собой пластичный материал, который можно повторно использовать в резиновых смесях с последующей вулканизацией. Использование регенерата в составе резиновых смесей позволяет экономить каучук и другие ингредиенты, а также снижать себестоимость резиновых изделий. Особую актуальность имеет применение регенерата бутилкаучука ввиду высокой стоимости исходного полимера.

Получение регенерата является сложным физико-химическим процессом. Резины на основе бутилкаучука могут быть подвергнуты регенерации воздействием излучений высоких энергий, причем в этом случае для регенерации обязательно проводить предварительное тщательное измельчение резины [1].

Реализация процесса термомеханодеструкции в целях регенерации резин (особенно на основе насыщенных каучуков, к которым относится бутилкаучук) требует действия высоких температур и высоких скоростей сдвига. Для интенсификации и повышения глубины процессов разрушения межмолекулярных связей деструкцию полимерных материалов целесообразно проводить при воздействии нескольких физико-химических факторов [2].

В рамках данной работы осуществлен двухстадийный процесс получения бутилрегенерата при последовательном воздействии на полимерную матрицу следующих деформирующих факторов: ионизирующего излучения на первой стадии и механического напряжения при одновременном нагреве полимерного материала на второй стадии [3–4]. Разрыв молекулярных связей на данной стадии технологического процесса обусловлен возникновением термофлуктуаций и воздействием сдвиговых напряжений.

В качестве объектов исследования использовали отработанные диафрагмы форматоров-вулканизаторов на основе бутилкаучука. Диафрагму измельчали на дробильных вальцах Др 800 550/550 до получения крошки размерами около 15×15 мм. Далее крошку помещали в картонные короба и обрабатывали ионизирующим излучением при

поглощенных дозах 30–50 кГр на ускорителе электронов «Электроника У-003».

Анализ качества полученного регенерата включал: определение вязкости по Муни, оценку плотности сшивки, определение содержания гель-фракции. Вязкость по Муни образцов (ML 1+4 при 100°C) определяли согласно ГОСТР 54552–2011 на вискозиметре Муни MV 2000. Оценка плотности поперечных связей проводили методом равновесного набухания в толуоле. Содержание геля в образцах бутилрегенерата определяли методом золь-гель анализа [5].

После облучения крошки дальнейшую её обработку осуществляли в резиносмесителе РС-4,5 при 60 об/мин и температуре 65–85°C в течение 15 мин. Оценивали свойства регенерата в зависимости от дозы облучения (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние дозы излучения на свойства бутилрегенерата

Средняя поглощенная доза, кГр	Вязкость ML 1+4 при 100°C	Гель-фракция, %	Плотность сшивки $\times 10^{-5}$, моль/см ³
33	169	90,5	1,11
45	133	90,1	1,0
46*	133	91,1	0,9

Примечание. *Осуществляли двухстадийное облучение: I стадия – 33кГр; II стадия – дополнительное облучение до 46 кГр.

Плотность поперечных связей необлученных диафрагменных резин колеблется от $3,7 \times 10^5$ моль/см³ до $4,0 \times 10^5$ моль/см³ (в зависимости от дозы облучения).

Анализ результатов исследований пласто-эластических свойств регенерата показал, что при увеличении поглощенной дозы наблюдается снижение вязкости регенерата. Плотность поперечных связей бутилрегенерата значительно снижается по сравнению с необлученными диафрагменными резинами, но в зависимости от поглощенной дозы меняется незначительно. Содержание гель-фракции также высоко.

Исходя из высоких значений пласто-эластических свойств (более 100 усл. ед. по Муни) предложено на стадии механообработки регенерата вводить в его состав масло-мягчитель (7% масс.), в качестве которого использовали вазелиновое масло. Результаты изменения свойств регенерата в зависимости от дозы облучения и количества введенного масла-мягчителя представлены в таблице 2.

Согласно полученным данным, при введении мягчителя в бутилрегенерат наблюдается планомерное снижение всех показателей: вязкости по Муни, плотности поперечных связей и содержания геля в образцах. Отмечено более выраженное влияние на показатель вязкости по Муни. Высокое содержание геля в образцах указывает, по

нашему мнению, на необходимость доработки регенерата при более высоких температурах.

Таблица 2 – Влияние дозы излучения на свойства бутилрегенерата при введении масла-мягчителя на стадии механообработки (время обработки 15 минут)

Поглощенная доза, кГр	Вязкость ML 1+4 при 100°C	Гель-фракция, %	Плотность сшивки $\times 10^{-5}$, моль/см ³
33	73	85,5	0,67
45	64	89,2	0,70
46*	67	89,3	0,57

Таким образом, показано, что двухстадийной обработкой диафрагменных резин на основе бутилкаучука можно получать регенерат с удовлетворительными пласто-эластическими свойствами, обеспечивающими его дальнейшее применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев А. Е. Вторичное использование резины / А. Е. Корнев, А. М. Буканов, Н. Я. Овсянников. – М.: ИПЦ МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2002. – 53 с.
2. Дроздовский В. Ф. Получение и применение бутилового, хлоропренового и бутадиеннитрильного регенератов / В. Ф. Дроздовский, В.В. Михайлова, В.Ф. Сазонов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2013. – 94 с.
3. Карманов А. В., Тихомиров Г. С., Зайцев С. А. Разработка технологии получения бутилрегенерата с прогнозируемыми свойствами // Сборник материалов китайско-российского конференции-конкурса инноваций и предпринимательства-2020 (юго-западный регион), Воронеж, 2021. – 108 с.
4. Research into Kinetics of Radiation Destruction of Elastomers / S. G. Tikhomirov, O. V. Karmanova, S. L. Podvalny [et al.] // Advanced Materials and Technologies. – 2018. – № 2. – P. 9–17.
5. Аверко-Антонович, И. Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров / И. Ю. Аверко-Антонович, Р. Т. Бикмуллин. – Казань: КГТУ, 2002. – 604 с.