

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА NBR ЭЛАСТОМЕРОВ

Н.Г. Валько¹⁾, А.В. Касперович²⁾, В.В. Боброва²⁾, Н.С. Рагожкин¹⁾

¹⁾Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
ул. Элизы Ожешко 22, Гродно 230023, Беларусь, n.valko@grsu.by

²⁾Белорусский государственный технологический университет,
ул. Свердлова 13 а, Минск 220006, Беларусь, andkasp@mail.ru

Представлены результаты исследования влияния рентгеновского излучения (0.07 нм) на упруго-прочностные свойства эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука со степенью вулканизации t_{70} . Обнаружено, что облучение резин приводит к увеличению таких показателей как относительное удлинение резин при разрыве и условная прочность при растяжении, что связано с ростом числа поперечных химических сшивок между макромолекулами, определяющими упруго-прочностные характеристики резин.

Установлены нелинейные зависимости упруго-прочностных свойств бутадиен-нитрильного каучука со степенью вулканизации t_{70} от экспозиционной дозы облучения с максимумом при экспозиционной дозе, равной 50 кР, что указывает на деструкцию поперечных сшивок после достижения экстремума, а также на зависимость числа межмолекулярных поперечных связей от длительности облучения.

Ключевые слова: рентгеновское излучение; эластомеры; упруго-прочностные свойств; относительное удлинение; условная прочность при растяжении.

EFFECT OF X-RAY RADIATION ON THE ELASTIC-STRENGTH PROPERTIES OF NBR ELASTOMERS

N.G. Valko¹⁾, Andrew Kasperovich²⁾, V.V. Babrova²⁾, N.S. Ragozhkin¹⁾

¹⁾Yanka Kupala State University of Grodno,
22 Eliza Ozheshko Str., 230023 Grodno, Belarus, n.valko@grsu.by

²⁾Belarusian State Technological University,
13a Sverdlova Str., 220006 Minsk, Belarus, andkasp@mail.ru

The results of a study of the influence of X-ray radiation (0.07 nm) on the elastic-strength properties of elastomers based on nitrile butadiene rubber with a degree of vulcanization t_{70} are presented. It has been found that irradiation of rubber leads to increasing in such indicators as the relative elongation of rubbers and conditional tensile strength, which is associated with an increase in the number of chemical cross-links between macromolecules that determine the elastic-strength characteristics of rubbers.

Nonlinear dependences of the elastic-strength properties of nitrile butadiene rubber with a degree of vulcanization t_{70} on the exposure dose of irradiation with the maximum of exposure dose of 50 kR were established. It indicates the destruction of cross-links after reaching an extremum, as well as the dependence of the number of intermolecular cross-links on the duration of irradiation.

Key words: X-ray radiation; elastomers; elastic-strength properties, elongation; conditional tensile strength.

Введение

Производство и переработка эластомерных материалов в XXI веке остается одной из наиболее интенсивно развивающихся областей науки и промышленности.

В настоящее время активно развиваются технологии модификации эластомеров, основанные на взаимодействии ионизи-

рующего излучения с полимерными материалами [1-3].

Поэтому актуальным является исследование возможности управления эксплуатационными характеристиками эластомеров посредством облучения их ионизирующим излучением.

В работе представлены результаты исследования влияния рентгеновского излучения на относительное удлинение при

разрыве и условную прочность при растяжении резин на основе бутадиен-нитрильного каучука (БНК), которые обладают стойкостью к агрессивным средам, к воде, пластичным смазкам, минеральным маслам, алифатическим углеводородам, хладагентам, животным и растительным жирам и маслами т.п.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись вулканизаты из резиновой смеси типа 7-В-14 на основе БНК со степенью вулканизации t_{70} . Выбор данной степени вулканизации обусловлен тем, что структура поперечных связей вулканизата при t_{70} не до конца сформирована, что определяет дополнительную возможность для сшивки макромолекул при воздействии рентгеновским излучением, но при этом формируется заданная геометрия изделия.

Для облучения эластомерных композиций рентгеновским излучением (0.07 нм) использовалась рентгеновская установка, при напряжении на рентгеновской трубке 55 кВ и токе 15 мА. Мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения $D_{\text{эк}}$ на расстоянии 10 см от окна рентгеновской трубки составляла 100 кР/ч.

Упруго-прочностные свойства вулканизатов определяли с помощью универсальной испытательной машины Kason WDW-5 согласно ГОСТ 270 [4].

Для выявления зависимости упруго-прочностных параметров исследуемых резин от экспозиционной дозы рентгеновского излучения образцы облучались в течение 15, 30, 45 и 60 мин. Соответствующая экспозиционная доза рентгеновского излучения составляла: 25, 50, 75 и 100 кР.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлены результаты исследования относительного удлинения при разрыве и условной прочности при растяжении вулканизатов со степенью вулканизации t_{70} после воздействия на них рентгеновским излучением.

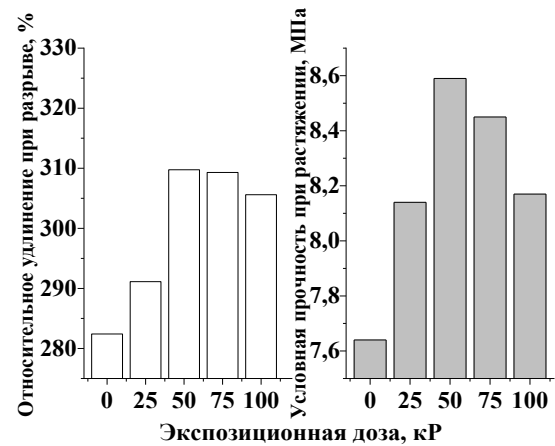


Рис. 1. Относительное удлинение при разрыве и прочность при растяжении от экспозиционной дозы рентгеновского излучения вулканизатов

Видно, что воздействие рентгеновским излучением способствует повышению относительного удлинения при разрыве и условной прочности при растяжении. Так, в частности, относительное удлинение необлученного эластомера равно 282 %, а после воздействия рентгеновским излучением ($D_{\text{эк}}=50$ кР) оно увеличивается до 310 %, что на 10 % превышает значения от контрольного образца резины. Условная прочность при растяжении после облучения с $D_{\text{эк}}=50$ кР также увеличивается на 15 %. Увеличение основных прочностных показателей облученных резин может быть объяснена увеличением в них числа поперечных химических сшивок между макромолекулами, которые определяют высокоэластические свойства и упруго-прочностные характеристики резин.

При исследовании влияния режимов облучения, а именно экспозиционной дозы рентгеновского излучения, действующего на вулканизаты со степенью вулканизации t_{70} , линейных зависимостей упруго-прочностных свойств от $D_{\text{эк}}$ не обнаружено. Установлено, что максимальные значения упруго-прочностных свойств исследуемых резин достигаются при облучении их рентгеновским излучением в интервале экспозиционных доз излучения от 50 кР до 75 кР. При больших дозах облучения эластомеров наблюдается заметное снижение их упруго-прочностных характеристик. Так, в частности, после об-

лучения $D_{\text{экс}}=100$ кР эластомеров относительное удлинение равно 306 %, что выше данного параметра в сравнении с контрольными резинами на 8 %, но ниже по сравнению с облучаемыми с $D_{\text{экс}}=50$ кР на 2 %.

Обнаруженные нелинейные зависимости упруго-прочностных свойств для вулканизатов со степенью сшивания t_{70} от экспозиционной дозы излучения с максимумом при 50 кР указывают на зависимость числа межмолекулярных поперечных связей от длительности облучения и начале деструкции поперечных сшивок после достижения экстремума.

Заключение

Таким образом, анализ представленных результатов исследования влияния рентгеновского излучения (0.07 нм) на упруго-прочностные свойства эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука со степенью вулканизации t_{70} позволяет заключить, что облучение резин с низкой степенью вулканизации приводит к увеличению таких показателей как относительное удлинение при разрыве и условная прочность при растяжении, что связано с ростом числа поперечных химических сшивок между макромолекулами, определяющими упруго-прочностные характеристики резин. Так, в частности, основные прочностные показатели резин с t_{70} после воздействия рентгеновским излучением с $D_{\text{экс}}=50$ кР увеличиваются на 10 %–15 %.

Обнаружены зависимости относительного удлинения резин при разрыве и

условной прочности при растяжении на основе бутадиен-нитрильного каучука со степенью вулканизации t_{70} от экспозиционной дозы облучения. Показано, что данные зависимости имеют нелинейный вид с максимумом при экспозиционной дозе, равной 50 кР. Полученные зависимости указывают на деструкцию поперечных сшивок после достижения экстремума, а также на зависимость числа межмолекулярных поперечных связей от длительности облучения.

Библиографические ссылки

1. Книга В.А., Валько Н.Г., Касперович А.В., Барашко О.Г. Влияние ультрафиолетового и рентгеновского излучения на прочность при разрыве эластомеров. В кн.: Войтов И.В., редактор. IV Международный научно-технический форум по химическим технологиям и нефтегазопереработке. (22-24 ноября 2021 года), г. Минск. Минск: БГТУ; 2021. С. 118-119.
2. Касперович А.В., Боброва В.В., Шевчик А.В., Валько Н.Г. Модификация теплофизических и эксплуатационных свойств эластомерных композиций. В кн.: Мирюк О.А., редактор. Современные инновации в области науки, технологий и интеграции знаний: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Рудненского индустриального института. (16-18 октября 2019 года), г. Рудный. Рудный: Рубцовский инд. ин-т; 2019. С. 115-122.
3. Рагожкин Н.С., Валько Н.Г., Касперович А.В. Влияние рентгеновского излучения на структуру и плотность резин. В кн.: Войтов И.В., редактор. Нефтегазохимия – 2022: материалы V Международ. науч.-техн. форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке. (2-4 ноября 2022 года), г. Минск. Минск: БГТУ; 2022. С. 94-95.
4. Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении: ГОСТ 270-75. Москва: Изд-во стандартов; 1978. 10 с.