



МРНТИ 31.25.15

<https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-146-1-43-55>

Научная статья

Влияния рентгеновского излучения на структуру и упруго-прочностные свойства эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука

Н.Г. Валько^{1*}, А.С. Скаскевич¹, А.В. Касперович²

¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

(E-mail: n.valko@grsu.by^{1*}, askas@grsu.by¹, andkasp@mail.ru²)

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния рентгеновского излучения (100 кР/ч) на степень кристалличности и упруго-прочностные свойства эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука. Объектом исследования являлись эластомеры на основе бутадиен-нитрильного каучука со степенями вулканизации t_{70} , t_{80} и t_{90} , облученные рентгеновским излучением (0,07 нм). Предметом исследования являлись эксплуатационные характеристики. Обнаружено, что облучение резин с экспозиционной дозой до 50 кР приводит к уменьшению степени кристалличности и, соответственно, 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. Рентгеновское облучение резин с экспозиционными дозами в интервале от 50 кР до 100кР приводит к увеличению степени кристалличности и соответственно, к ухудшению упруго-прочностных свойств резины. Таким образом, установлены нелинейные зависимости упруго-прочностных свойств бутадиен-нитрильного каучука со степенями вулканизации t_{70} , t_{80} и t_{90} , от экспозиционной дозы облучения с максимумом при экспозиционной дозе, равной 50 кР, что указывает на деструкцию поперечных сшивок, а также на зависимость числа межмолекулярных поперечных связей от длительности облучения.

Ключевые слова: рентгеновское излучение, экспозиционная доза, коэффициент трения, плотность, степень вулканизации, упруго-прочностные свойства.

Введение

Одним из приоритетных направлений научно-технического прогресса является развитие и поиск новых технологий обработки полимерных композиционных материалов с целью придания им требуемых эксплуатационных характеристик и уникальных свойств. В настоящее время активно развиваются радиационно-химические технологии, основанные на действии ионизирующего излучения как средства воздействия на материалы, дополняющие уже давно известные и применяемые методы модификации (температура, давление, электрический ток и магнитное поле, ультразвук и т.д.). В этом направлении решаются задачи, связанные с радиационной вулканизацией полимеров, в том числе каучуков, эластомеров, различных лакокрасочных материалов [1, 2].

В работе представлены результаты исследования влияния рентгеновского излучения на структуру и упруго-прочностные свойства 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. Стоит отметить, что существенным недостатком данных БНК-эластомеров является низкий уровень озоностойкости и морозостойкости [3]. Кроме того, в процессе эксплуатации резины подвергаются целому ряду воздействий, приводящих к деструктивным процессам, негативно влияющих на их свойства, и, как следствие, к их старению и соответствующему охрупчиванию. В связи с вышеизложенным актуальным является исследование возможности управления эксплуатационными свойствами полимерных композитных материалов путем их модифицирования ионизирующим излучением различной природы. При этом одним из основных является вопрос о механизме взаимодействия ионизирующего излучения с полимерными цепочками, приводящее к изменению эксплуатационных характеристик.

Методика эксперимента

Объектами исследования являлись вулканизаты из резиновой смеси типа 7-В-14 на основе БНК со степенью вулканизации t_{70} , t_{80} и t_{90} . Выбор данных степеней вулканизации обусловлен тем, что структура поперечных связей вулканизатора 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. Структура же поперечных связей вулканизатора при t_{90} является уже сформированной, что позволяет провести сравнительный анализ степени модификации рентгеновским излучением.

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 $R_{\text{эк}}$ на расстоянии 10 см от окна рентгеновской трубки составляла 100 кР/ч.

Экспозиционная доза рентгеновского излучения варьировалась посредством регулирования времени облучения. В таблице 1 приведены значения экспозиционной дозы рентгеновского излучения и соответствующее им время облучения.

Экспозиционная доза рентгеновского излучения и соответствующее им время облучения

Время облучения, мин	Экспозиционная доза рентгеновского излучения $D_{\text{экс}}$, кР
20	33
30	50
40	67
50	83
60	100

Для оценки влияния ионизирующего излучения на тонкую структуру эластомеров методом рентгеноструктурного анализа были проведены экспериментальные исследования степени кристалличности. Исследования проводились на дифрактометре общего назначения ДРОН 3М в $\text{CuK}\alpha$ излучении. Упруго-прочностные свойства эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука исследовались на испытательной машине Kason WDW-1 согласно ГОСТ 270-7 [4-5]. Исследование динамики изменения упруго-прочностных характеристик БНК-эластомеров после облучения производилось ежедневно в течение 2 месяцев.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлены результаты расчета степени кристалличности БНК-эластомеров, облученных рентгеновским излучением. Экспозиционная доза составляла 30 и 50 кР.

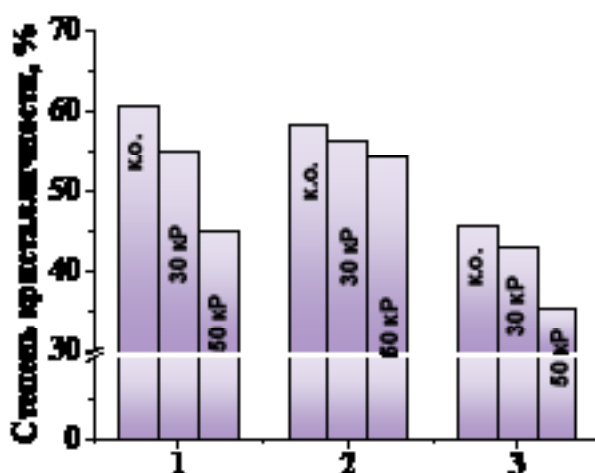


Рисунок 1 – Степень кристалличности БНК-эластомеров, облученных рентгеновским излучением с различной $D_{\text{экс}}$:
1 – t_{70} ; 2 – t_{80} ; 3 – t_{90} .

Из рисунка 1 видно, что степень кристалличности у БНК-эластомеров после облучения рентгеновским излучением при экспозиционных дозах, не превышающих 50 кР, уменьшается. Так, в частности, степень кристалличности контрольного (необлученного образца) со степенью вулканизации t_{70} равна 60,7 %, а облученного с экспозиционной дозой рентгеновского излучения 50 кР равна 44,9 %. Видно, что степень кристалличности эластомеров уменьшается с увеличением степени вулканизации – степень кристалличности эластомеров со степенью вулканизации t_{70} равна 60,7 %, а со степенью вулканизации t_{90} равна 45,5 % [6].

При облучении БНК-эластомеров с $50 \text{ кР} < D_{\text{экс}} \leq 100 \text{ кР}$ степень кристалличности для всех исследуемых образцов увеличивается. При этом максимальный эффект от рентгеновского облучения наблюдается для эластомеров со степенью вулканизации 70 кР.

На рисунке 2 видно, что увеличение Дэкс рентгеновского излучения в интервале $50 \text{ кР} < D_{\text{экс}} \leq 100 \text{ кР}$ приводит к увеличению степени кристалличности БНК-эластомеров. Так, степень кристалличности БНК-эластомера со степенью вулканизации t_{70} , облученного рентгеновским излучением Дэкс, равной 67 кР, составляет 46%, при облучении с $D_{\text{экс}}$, равной 75 кР, степень кристалличности возрастает до 56 %, а при Дэкс=100 кР – до 64 %, что практически составляет степень кристалличности контрольного образца.

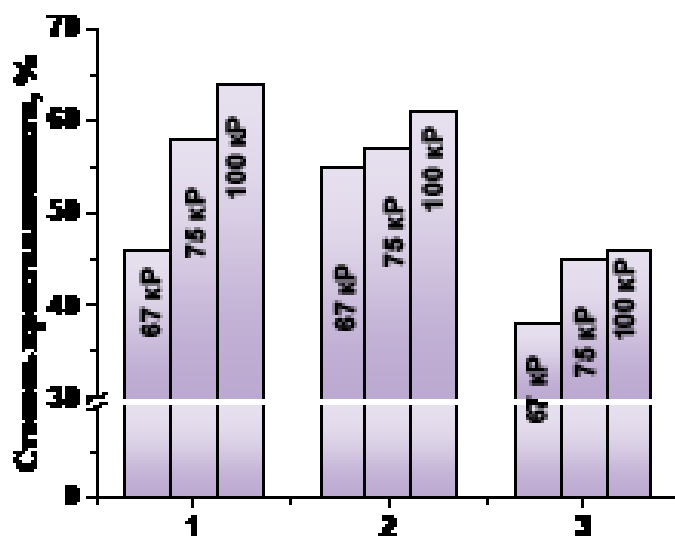


Рисунок 2 – Степень кристалличности БНК-эластомеров, облученных рентгеновским излучением с различной $D_{\text{экс}}$:
1 – t_{70} ; 2 – t_{80} ; 3 – t_{90} .

Увеличение степени кристалличности БНК-эластомеров при облучении рентгеновским излучением $50 \text{ кР} < D_{\text{экс}} \leq 100 \text{ кР}$ свидетельствует о снижении плотности и уменьшении упруго-прочностных свойств.

В таблице 2 представлены результаты исследования влияния рентгеновского излучения на плотность БНК-эластомеров.

Плотность эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука, облученных рентгеновским излучением с $50 \text{ кР} < D_{\text{экс}} \leq 100 \text{ кР}$

Степень вулканизации	$D_{\text{экс}}$, кР		
	67	75	100
	Плотность, г/см ³		
t_{70}	1,215	1,214	1,205
t_{80}	1,247	1,220	1,210
t_{90}	1,268	1,255	1,245

Из таблицы 2 видно, что плотность эластомеров после облучения рентгеновским излучением с $D_{\text{экс}}$ в интервале от 50 до 100 кР заметно снижается. Так, в частности, плотность эластомеров со степенью вулканизации t_{80} облученных $D_{\text{экс}}$ 67 кР/ч равна 1,247 г/см³, а с $D_{\text{экс}} = 100$ кР равна 1,205 г/см³. Полученные результаты коррелируют с результатами исследования влияния рентгеновского излучения на степень кристалличности и указывают на уменьшение эластичности БНК-эластомеров после облучения рентгеновским излучением с экспозиционной дозой выше, чем 50 кР [7].

На рисунке 3 представлены результаты исследования относительного удлинения при разрыве и условной прочности при растяжении вулканизатов со степенью вулканизации t_{70} после воздействия на них рентгеновским излучением.

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 ($D_{\text{экс}} = 50$ кР) оно увеличивается до 310%, что на 10% превышает значения от контрольного образца резины. Условная прочность при растяжении после облучения с $D_{\text{экс}} = 50$ кР также увеличивается на 15%. Увеличение основных прочностных показателей облученных БНК-эластомеров может быть объяснено 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 $D_{\text{экс}}$ 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 облучения $D_{\text{экс}} = 100$ 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%.

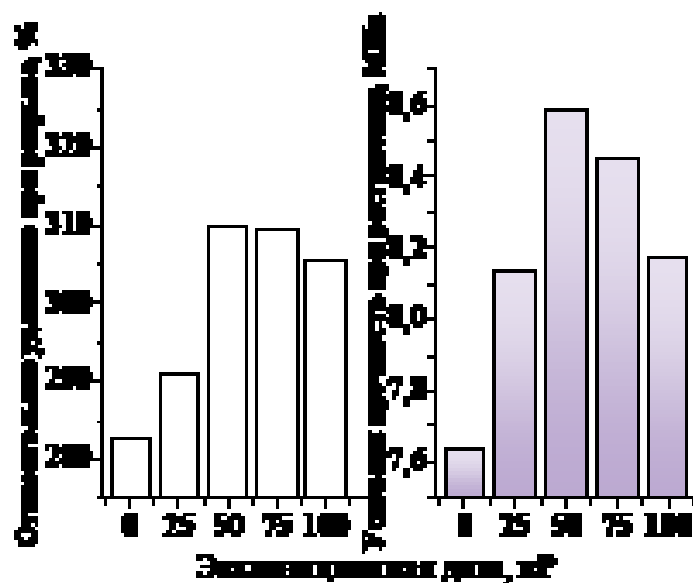


Рисунок 3

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

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 швов при облучении рентгеновским излучением с $D_{\text{экс}}=50$ кР

В таблице 3 представлены результаты исследования упруго-прочностных свойства эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука со степенью вулканизации t_{80} и t_{90} , облученных рентгеновским излучением с экспозиционными дозами в интервале от 0 до 100 кР.

Из таблицы 3 видны зависимости и закономерности изменения условной прочности при растяжении и относительного удлинения у БНК эластомеров со степенью вулканизации t_{80} и t_{90} аналогичные зависимостям, представленным на рисунке 3. Таким образом, установлены нелинейные зависимости упруго-прочностных свойств БНК каучука со степенями вулканизации t_{70} , t_{80} и t_{90} от экспозиционной дозы облучения с максимумом при экспозиционной дозе, равной 50 кР. Полученные зависимости указывают на деструкцию поперечных швов у БНК-эластомеров под облучением с $D_{\text{экс}}=50$ кР, а также на зависимость числа межмолекулярных поперечных связей облучаемых БНК-эластомеров от длительности облучения [7].

В таблице 4 представлены результаты исследования упруго-прочностных характеристик эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука через два месяца после облучения.

Видно, что условная прочность и относительное удлинение при разрыве контрольных эластомеров на основе БНК-эластомеров через два месяца остается практически на прежнем уровне. Так, для БНК-эластомеров со степенью вулканизации t_{70} условная прочность при растяжении через два месяца нахождения в помещении при температуре 24 оС составляет 7,85 МПа, а относительное удлинение при разрыве – 286 %.

Таблица 3

Результаты исследования влияния рентгеновского излучения на упруго-прочностные свойства при растяжении эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука со степенью вулканизации t_{80} и t_{90}

Характеристики	Мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения, кР/ч				
	к.о.	25	50	75	100
БНК-эластомеры со степенью вулканизации t_{80}					
Условная прочность при растяжении, МПа	8,21	8,42	8,61	8,52	7,15
Относительное удлинение при разрыве, %	288	294	311	293	252
БНК-эластомеры со степенью вулканизации t_{90}					
Условная прочность при растяжении, МПа	7,95	8,0	8,48	6,99	6,79
Относительное удлинение при разрыве, %	271	279	301	246	232

Обнаружено, что значения упруго-прочностных характеристик облученных образцов уменьшаются с течением времени. Так, для БНК-эластомеров со степенью вулканизации t_{80} , облученных $D_{\text{экс}}=25$ кР, условная прочность при растяжении через два месяца уменьшилась на 10%, а относительное удлинение при разрыве уменьшилось на 26%, для БНК-эластомеров со степенью вулканизации t_{90} , облученных $D_{\text{экс}}=25$ кР, условная прочность при растяжении через два месяца уменьшилась на 3%, а относительное удлинение при разрыве уменьшилось на 7%.

Анализ данных, полученных при исследовании БНК-эластомеров, облученных с различной экспозиционной дозой рентгеновского излучения, показал, что с увеличением экспозиционной дозы рентгеновского облучения скорость снижения упруго-прочностных показателей уменьшается. Так, для БНК-эластомеров со степенью вулканизации t_{80} , облученных с $D_{\text{экс}}=100$ кР, условная прочность при растяжении через два месяца уменьшилась на 17%, а относительное удлинение при разрыве уменьшилось на 60%; для БНК-эластомеров со степенью вулканизации t_{90} , облученных $D_{\text{экс}}=100$ кР, условная прочность при растяжении через два месяца уменьшилась на 9%, а относительное удлинение при разрыве уменьшилось на 9%.

Таблица 4

Упруго-прочностные свойства эластомеров со степенями вулканизации t_{70} , t_{80} , t_{90} через два месяца после облучения

Характеристики	Мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения, кР/ч				
	к.о.	25	50	75	100
БНК-эластомеры со степенью вулканизации t_{70}					
Условная прочность при растяжении, МПа	7,85	5,76	6,64	7,04	5,01
Относительное удлинение при разрыве, %	286	177	223	204	190
БНК-эластомеры со степенью вулканизации t_{80}					
Условная прочность при растяжении, МПа	8,32	7,75	7,66	8,79	7,12
Относительное удлинение при разрыве, %	284	206	240	212	180
БНК-эластомеры со степенью вулканизации t_{90}					
Условная прочность при растяжении, МПа	7,88	7,77	8,18	7,17	6,37
Относительное удлинение при разрыве, %	269	261	263	228	212

Заключение

Анализ представленных результатов исследования влияния рентгеновского излучения (100 кР/ч) на степень кристалличности и упруго-прочностные свойства эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука со степенями вулканизации t_{70} , t_{80} и t_{90} позволяет заключить, что рентгеновское облучение резин с $D_{\text{экс}} < 50$ кР приводит к уменьшению их степени кристалличности и к соответствующему увеличению таких показателей, как относительное удлинение при разрыве и условная прочность при растяжении, что связано с ростом числа поперечных химических швов 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 %. При облучении БНК эластомеров рентгеновским излучением с $50 \text{ кР} < D_{\text{экс}} \leq 100 \text{ кР}$ обнаружено увеличение степени кристалличности и снижение упруго-прочностных свойств, что связано с деструкцией поперечных швов вследствие облучения с предельной дозой рентгеновского излучения. Полученные нелинейные зависимости степени кристалличности и упруго-прочностных свойств БНК эластомеров указывают на зависимость числа межмолекулярных поперечных связей от дозы облучения.

Исследована динамика процессов старения эластомеров, облученных рентгеновским излучением, на примере измерения упруго-прочностных свойств БНК-эластомеров в течение 2-х месяцев. Обнаружено, что значения упруго-прочностных характеристик облученных образцов уменьшаются с течением времени. В частности, для БНК-эластомеров со степенью вулканизации t_{80} , облученных $D_{\text{экс}}=25$ кР, условная прочность при растяжении через два месяца уменьшилась на 10%, а относительное удлинение при разрыве уменьшилось на 26 %

Конфликт интересов: нет конфликта интересов.

Вклад авторов: Валько Н.Г. – 70%, Касперович А.В. – 20%, Скаскевич А.А. – 10%

Список литературы

1. Касперович А.В. Модификация теплофизических и эксплуатационных свойств эластомерных композиций / А.В. Касперович, В.В. Боброва, А.В. Шевчик, Н.Г. Валько // Современные инновации в области науки, технологий и интеграции знаний: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Рудненского индустриального института, Рудный, 16-18 октября 2019 г. / Рубцовский инд. ин-т; редкол.: О.А. Мирюк [и др.]. – Рудный, 2019. – С. 115–122.
2. Valko, N. Modification of the structure of paint coatings by UV-radiation / N. Valko, A. Hloba, A. Kasperovich // New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation (NEET): 11th International Conference, Zakopane, 25-28 June, 2019: abstract. / Lublin University of Technology; ed.: P. Zukowski [et al.]. – Zakopane, 2019. – P. 13.
3. Касперович А.В. Модификация вулканизатов на основе каучуков специального назначения с использованием ионизирующих излучений / А.В. Касперович, В.Н. Фарафонов, А.В. Шевчик, В.В. Боброва, О.Г. Барашко, Н.Г. Валько, Я. Крмела // Нефтехимия – 2020: материалы III международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 30 ноября, 2020 г. / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол.: И.В. Войтов [и др.]. – Минск, 2020. – С. 159–161.
4. ISO 8295-1986. International standard. Plastics – film and sheeting – Determination of the coefficients of friction. – Swedish standards institution, 1996. – 6 p.
5. ГОСТ 270-75. Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 10 с.
6. Валько Н.Г. Исследование влияния рентгеновского излучения на степень кристалличности эластомеров / Н.Г. Валько, Д.Д. Ван дер Вел, В.А. Книга, А.В. Касперович // Нефтехимия – 2020: материалы III международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке. Минск, 30 ноября, 2020 г. / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол.: И.В. Войтов [и др.]. – Минск, 2020. – С. 162–164.
7. Рагожкин Н.С. Влияние рентгеновского излучения на структуру и плотность резин / Н.С. Рагожкин, Н.Г. Валько, А.В. Касперович, В.В. Боброва // Нефтегазохимия – 2022: материалы V междунар. науч.-техн. форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 2–4 ноября 2022 г. / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол.: И.В. Войтов [и др.]. – Минск, 2022. – С. 94–95.

8. Рагожкин Н.С. Влияние длительности облучения ионизирующим излучением на коэффициент трения эластомеров общего назначения / Н.С. Рагожкин // Физика конденсированного состояния: материалы XXX международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 7-8 апреля 2022 г. / ГрГУ им. Янки Купалы; редкол.: Г.А. Гачко (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2022. – С. 78–79.

9. Рагожкин Н.С. Влияние длительности облучения УФ-излучения на коэффициент трения эластомеров общего назначения / Н.С. Рагожкин, Н.Г. Валько, А.В. Касперович // Материалы LX отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2021 год. Воронеж. 2022. – С. 163.

Н.Г. Валько*¹, А.С. Скаскевич¹, А.В. Касперович²

¹Янка Купала атындағы Гродно мемлекеттік университеті, Гродно, Беларусь

²Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті, Минск, Беларусь

Рентген сәулелерінің бутадиен каучугі негізіндегі эластомерлердің серпімділік-беріктілік қасиеті мен құрылымына әсері

Андатпа. Мақалада рентген сәулеленуінің (100 кР/сағ) нитрил-бутадиенді каучук негізіндегі эластомерлердің кристалдылық дәрежесіне және серпімділік-беріктік қасиетіне әсерін зерттеу нәтижелері берілген.

Зерттеу объектісіне рентгендік сәулеленумен (0,07 нм) сәулеленген t_{70} , t_{80} және t_{90} вулканизация дәрежесі бар нитрил бутадиенді каучук негізіндегі эластомерлер алынды. Зерттеу пәні операциялық сипаттамалар.

50 кР-ге дейінгі экспозициялық дозасы бар резеңкелерді сәулелендіру кристалдылық дәрежесінің төмендеуіне және сәйкесінше резеңкенің үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзаруы және шартты созылу беріктігі сияқты көрсеткіштердің жоғарылауына әкелетіні анықталды. Бұл каучуктың серпімділік-беріктік сипатын анықтайтын макромолекулалар арасындағы айқаспалы байланыстар санының артуына да байланысты. 50 кР-ден 100 кР-ге дейінгі диапазондағы экспозициялық дозалары бар резеңкенің рентгендік сәулеленуі кристалдық дәрежесінің жоғарылауына және сәйкесінше каучуктың серпімділік-беріктік қасиеттерінің төмендеуіне әкеледі. Осылайша, t_{70} , t_{80} және t_{90} вулканизация дәрежесі бар нитрил бутадиенді резеңкенің серпімділік-беріктік қасиеттерінің 50 кР максималды әсер ету дозасында сәулеленудің әсер ету дозасына сызықтық емес тәуелділіктер анықталды. Бұл кросс-беріктіктің бұзылуын көрсетеді. сондай-ақ буындар, молекулааралық көлденең байланыстар санының сәулелену ұзақтығына тәуелді.

Түйін сөздер: Рентген сәулеленуі, әсер ету дозасы, үйкеліс коэффициенті, тығыздығы, вулканизация дәрежесі, серпімділік-беріктік қасиеттер.

N.G. Valko*¹, A.S. Skaskevich¹, A.V. Kasperovich²

¹*Grodno State University named after Yanka Kupala, Grodno, Belarus*

²*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus*

Influence of x-ray radiation on the structure and elastic-strength properties of elastomers based on nitrile rubber butadiene rubber

Abstract. The results of a study investigating the effect of X-ray radiation (100 kR/h) on the degree of crystallinity and elastic-strength properties of elastomers based on nitrile-butadiene rubber are presented. The study focused on elastomers based on nitrile butadiene rubber with degrees of vulcanization t70, t80 and t90, irradiated with X-ray radiation (0.07 nm). The subject of the study was operational characteristics. It was found that irradiation of rubbers with an exposure dose of up to 50 kR leads to a decrease in the degree of crystallinity and, accordingly, to an increase in such indicators as the relative elongation of rubber at break and conditional tensile strength, which is associated with an increase in the number of cross-links between macromolecules that determine the elastic-strength characteristics of rubber. X-ray irradiation of rubber with exposure doses in the range from 50 kR to 100 kR leads to an increase in the degree of crystallinity and, accordingly, to a deterioration in the elastic-strength properties of rubber. Thus, nonlinear dependences of the elastic-strength properties of nitrile butadiene rubber with degrees of vulcanization t70, t80 and t90 on the exposure dose of radiation with a maximum at an exposure dose of 50 kR have been established, which indicates the destruction of cross-links, as well as the dependence of the number of intermolecular cross-links connections from the duration of irradiation.

Keywords: X-ray radiation, exposure dose, friction coefficient, density, degree of vulcanization, elastic-strength properties.

References

1. Kasperovich A.V. Modification of thermophysical and operational properties of elastomer compositions [Modifikacija teplofizicheskikh i jekspluatacionnyh svojstv elastomernyh kompozicij] Modern innovations in the field of science, technology and knowledge integration: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 60th anniversary of the Rudny Industrial Institute, Rudny, October 16-18, 2019; ed. board: O.A. Miryuk (ch. Ed.) [et al.]. Rudny, 2019, pp. 115–122.
2. Valko N. Modification of the structure of paint coatings by UV-radiation. New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation (NEET): 11th International Conference, Zakopane, 25-28 June, 2019; ed.: P. Zukowski [et al.]. Zakopane, 2019, p. 13.
3. Kasperovich A.V. Modification of vulcanizates based on special purpose rubbers using ionizing radiation. [Modifikacija vulkanizatov na osnove kauchukov special'nogo naznachenija s ispol'zovaniem ionizirujushhijh izluchenij]. Petrochemistry - 2020: materials of the III International Scientific and Technical Forum on Chemical Technologies and Oil and Gas Processing, Minsk, November 30, 2020; ed. board: I.V. Voitov (ch. Ed.) [et al.]. Minsk, 2020, pp. 159–161.

4. ISO 8295-1986. International standard. Plastics – film and sheeting – Determination of the coefficients of friction. Swedish standards institution, 1996, 6 p.

5. GOST 270-75. Rubber. Method for determining elastic-strength properties in tension. [Rezina. Metod opredeleniya uprugoprochnostnykh svojstv pri rastyazhenii]. Moscow, 1978, 10 p.

6. Valko N.G. Study of the influence of X-ray radiation on the degree of crystallinity of elastomers. [Isledovanie vlijanija rentgenovskogo izluchenija na stepen' kristallichnostij elastomerov]. Petrochemistry - 2020: materials of the III International Scientific and Technical Forum on Chemical Technologies and Oil and Gas Processing, Minsk, November 30, 2020; ed. board: I.V. Voitov (ch. Ed.) [et al.]. Minsk, 2020, pp. 162–164.

7. Ragozhkin N.S. Influence of X-ray radiation on the structure and density of rubber [Vlijanie rentgenovskogo izluchenija na strukturu i plotnost' rezin]. Oil and gas chemistry - 2022: materials of the V Intern. sci.-tech. forum on chemical technologies and oil and gas processing, Minsk, November 2-4, 2022; ed. board: I.V. Voitov (ch. Ed.) [et al.]. Minsk, 2022, pp. 94–95.

8. Ragozhkin N.S. Influence of the duration of exposure to ionizing radiation on the coefficient of friction of general-purpose elastomers [Vlijanie dlitel'nosti obluchenija ionizirujushhim izlucheniem na koeficient trenijaj elastomerov obshhego naznachenija]. Condensed Matter Physics: Proceedings of the 30th International Scientific and Practical Conference of Postgraduates, Undergraduates and Students, Grodno, April 7-8, 2022; ed. board: G.A. Gachko (ch. Ed.) [et al.]. Grodno, 2022, pp. 78–79.

9. Ragozhkin N.S. Influence of the duration of UV irradiation on the coefficient of friction of general purpose elastomers [Vlijanie dlitel'nosti obluchenija UF-izluchenija na koeficient trenijaj elastomerov obshhego naznachenija]. Proceedings of the LX reporting scientific conference of teachers and researchers of VSUIT for 2021, Voronezh, 2022, p. 163.

Сведения об авторах:

Валько Наталья Георгиевна, к.т.н., доцент, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, ул. БЛК, 5, Гродно, Беларусь, <https://orcid.org/0009-0009-5269-0043>

Касперович Андрей Викторович, к.т.н., доцент, Белорусский государственный технологический университет, Свердлова, 13а, Минск, Беларусь, <https://orcid.org/0000-0003-4403-6235>

Скаскевич Александр Александрович, к.т.н., доцент, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, ул. Курчатова, 1а, Гродно, Беларусь <https://orcid.org/0000-0002-0737-9741>

Valko Natalya Georgievna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Physics, Faculty of Physics and Technology, Grodno State University named after Yanka Kupala, st. BLK 5, Grodno, Belarus <https://orcid.org/0009-0009-5269-0043>

Kasperovich Andrey Viktorovich – Head of the Department of Polymer Composite Materials, Associate Professor, Ph.D. Belarusian State Technological University, Sverdlova 13a, room. 216-2, Minsk, Belarus <https://orcid.org/0000-0003-4403-6235>

Skaskevich Alexander Aleksandrovich – Head of the Department of Materials Science and Resource-Saving Technologies, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Grodno State University. Yanka Kupala, st. Kurchatova, 1a, office. 701a, Grodno, Belarus <https://orcid.org/0000-0002-0737-9741>



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).