

Выводы. Установлено, что формирование адгезионного подслоя ионным пучком из C_3H_8 с энергией – 3-5 кэВ способствует увеличению адгезионной прочности напыляемого покрытия, толщина переходного слоя при этом может составлять до 15-20 нм. Последующий синтез при энергии пучка до 0,6 кэВ позволяет повысить твердость покрытия до 20 ГПа.

Авторы выражают благодарность В.А. Володину, С.Ю.Чепкасову, М.Н. Хомякову за помощь при работе на диагностической аппаратуре. Работа выполнена при поддержке Проекта НГУ: Стратегические академические единицы (САЕ) «Нелинейная фотоника и квантовые технологии 2016 – 2017».

Список литературы

1. Akit K., Ahish V., Niranjana Reddy K., et al. Synthesis of high hardness IR optical coating using diamond-like carbon by PECVD at room temperature // *Diamond & Related Materials*. – 2017. – Vol. 78 – P. 39–43.
2. Nusupov K. Kh., Beisenkhanov N. B., Valitova I. V., et al. Structural Studies of Thin Silicon Layers Repeatedly Implanted by Carbon Ions // *Physics of the Solid State*. – 2005. – Vol. 48. – No. 7. – P. 1255–1267.
3. Murmu P. P., Markwitz A., Sushke K., Futter J. A novel radial anode layer ion source for inner wall pipe coating and materials modification – Hydrogenated diamond-like carbon coatings from butane gas // *Review of Scientific Instruments*. – 2014. – Vol. 85. – P. 085118.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРА В ГАЛОГЕНМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛАСТОМЕРАХ НА ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИН И РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

К.В. СУХАРЕВА^{1,2}, И.А. МИХАЙЛОВ^{1,2}, Ю.О. АНДРИАСЯН², А.А. ПОПОВ^{1,2}

¹ РЭУ им. Г.В. Плеханова

² Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН

E-mail: aspirantras@mail.ru

Освоение и внедрение новых технологий в различных отраслях промышленного производства связано с потребностью в эластомерных материалах, обладающих сложным комплексом специфических свойств, обеспечивающих их работоспособность в экстремальных условиях. Серийно выпускаемые в настоящее время синтетические полимеры (эластомеры) не в состоянии полностью удовлетворить все возрастающие потребности различных отраслей промышленности в новых материалах.

С учётом вышеизложенного, актуальной задачей является расширение диапазона свойств серийно выпускаемых каучуков посредством их хлорирования по технологии механохимической галоидной модификации [1,2]. Из литературы известно, что посредством галоидной модификации каучуков удается получать резины с повышенной прочностью, масло-, бензостойкостью, негорючестью, адгезией, стойкостью к воздействию агрессивных сред и различных микроорганизмов для использования в резинотехнических изделиях с повышенными требованиями к долговечности.

Целью данной работы является изучение влияния содержания галогена (хлора) в галогенмодифицированных эластомерах на физико-механические свойства резин и резиновых смесей.

Секция 2. Функциональные материалы и покрытия

В качестве объектов исследования были взяты: бутадиен-стирольный каучук марок СКС-30РП и СКМС – 30РП, бутилкаучук БК-1675н и этиленпропиленовый каучук СКЭПТ-Э60, в качестве галоидсодержащего модификатора использовали предельный хлорсодержащий углеводород общей формулы $C_{30}H_{38}Cl_{24}$ (содержание Cl~70%). На основании данных каучуков с помощью метода твердофазной механохимической галоидной модификации были получены модификаты с общим содержанием хлора 8 и 12% масс.

Исследование физико-механических характеристик заключалось в определении прочностных свойств резин при растяжении, эластичность и твердость образцов. Прочностные характеристики определяются согласно ГОСТ 270-75 на разрывной машине, эластичность измеряется методом определения эластичности по упругому отскоку (ГОСТ 6950-73), измерение твердости проводят с помощью твердомера по методу Шора (ГОСТ 263-75). В ходе эксперимента были определены следующие параметры для исследуемых образцов: напряжение при удлинении 200% (M_{200} , МПа), напряжение при удлинении 300% (M_{300} , МПа), напряжение при удлинении 500% (M_{500} , МПа), прочность (σ_B , МПа), относительное удлинение, при котором происходит разрыв (отн.удл. %) и остаточное удлинение, оставшееся после разрыва в течение 1 мин (ост. удл. %), твердость по Шору (тв. по Шору, усл.ед), Эластичность (эл-ть по отскоку, усл.ед). Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические характеристики каучуков с повышенным содержанием хлора.

| Шифр резиновой смеси | Сод. хлора, %масс | Физико-механические характеристики | | | | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| | | M_{200} МПа | M_{300} МПа | M_{500} МПа | σ_B МПа | Отн. Удл. % | Ост. Удл. % | Тв. по Шору | Эл-ть по отскоку |
| СКС – 30РП | 0 | 0,49 | 1,22 | 4,36 | 10,63 | 720 | 14 | 43 | 37 |
| ХСКС 5 | 2,6 | 1,8 | 2,7 | 9,0 | 13,9 | 720 | 14 | 43 | 37 |
| ХСКС 10 | 5,0 | 1,8 | 4,4 | 11,0 | 11,9 | 525 | 6 | 52 | 29 |
| ХСКС 15 | 7,5 | 0,9 | 2,3 | 6,6 | 11,4 | 680 | 14 | 58 | 23 |
| СКМС – 30РП | 0 | 2,5 | 5,2 | - | 8,8 | 350 | 6 | 60 | 32 |
| ХСКМС 5 | 1,8 | 1,3 | 3,54 | 9,9 | 11,7 | 550 | 10 | 54 | 31 |
| ХСКМС 10 | 3,5 | 1,28 | 2,91 | 7,9 | 12,2 | 600 | 12 | 58 | 26 |
| ХСКМС 15 | 5,4 | 1,4 | 4,0 | 10,3 | 13,2 | 580 | 11 | 57 | 25 |
| БК | 0 | 2,7 | 5,4 | 13,7 | 16,3 | 565 | 28 | 62 | 14 |
| ХБК 5 | 2,7 | 1,7 | 4,0 | 10,4 | 15,1 | 590 | 40 | 66 | 17 |
| ХБК 10 | 5,2 | 2,1 | 4,0 | 10,2 | 14,3 | 650 | 47 | 77 | 12 |
| ХБК 15 | 7,5 | 1,3 | 2,6 | 6,25 | 13,5 | 740 | 53 | 76 | 13 |
| СКЭПТ-Э60 | 0 | 7,9 | 15,1 | - | 16,4 | 330 | 4 | 72 | 32 |
| ХСКЭПТ-Э60 5 | 2,1 | 6,1 | 11,2 | - | 17,2 | 475 | 24 | 81 | 27 |
| ХСКЭПТ -Э60 10 | 4,0 | 9,5 | - | - | 10,3 | 225 | 8 | 82 | 25 |
| ХСКЭПТ -Э60 15 | 5,5 | 8,1 | - | - | 8,05 | 200 | 10 | 80 | 25 |

Анализируя данные по физико-механическим испытаниям видно, что для всех каучуков кроме СКЭПТ-Э60, наблюдается увеличение твердости, уменьшение эластичности. Для СКС снижаются прочностные свойства, по-видимому, из-за увеличения жесткости полимерной цепи при повышении содержания хлора. У СКМС – 30РП прочность

меняется незначительно. Для СКЭПТ-Э60 твердость и эластичность не изменяются, но падает прочность, что может быть связано с повышением нерегулярности структуры.

Список литературы

1. Mikhaylov I.A., Sukhareva K.V., Andriasyan Yu.O., Popov A.A., Vorontsov N.V. Mechanochemical modification of natural rubber // AIP Conference Proceeding, 2016. – V. 1783, № 020153. – P. 1-4
2. Sukhareva K.V., Mikhailov I.A., Andriasyan Yu.O., Popov A.A. Thermomechanochemische Modifikation des Butylkautschuks in Anwesenheit von chlorhaltigen Reagenzien// Gummi. Fasern. Kunststoffe. – 2016. - №6. - P. 374-376.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ФТОРМОДИФИКАЦИИ РЕЗИН

К.В. СУХАРЕВА^{1,2}, И.А. МИХАЙЛОВ^{1,2}, Ю.О. АНДРИАСЯН², А.А. ПОПОВ^{1,2}

¹ РЭУ им. Г.В. Плеханова

² Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН

E-mail: aspirantras@mail.ru

Модификация полимеров является активно развивающимся направлением для получения галогенсодержащих полимеров. Таким способом можно получать эластомерные материалы, имеющие новые специфические свойства. Среди разнообразных способов модификации полимеров особенно перспективной в практическом аспекте является модификация их поверхности [1]. Предлагаемый новый метод поверхностной механохимической фтормодификации является одним из течений научного направления механохимической галоидной модификации эластомеров [2]. Отличается данный метод от используемых в настоящее время тем, что с целью уменьшения стадийности процесс проводят в одну стадию обработкой вулканизата эластомерного материала раствором фтормодификатора.

В рамках исследования была проведена поверхностная модификация образцов резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков (БНК) с помощью фтормодификатора и было установлено, что в зависимости от продолжительности модификации варьируются такие показатели резин как стойкость к термоокислению, стойкость к воздействию агрессивных сред и физико-механические показатели.

Исследование влияния процесса термоокисления на модифицированные фтором образцы резины на основе БНК проводилось на манометрической установке (в соответствии с ГОСТ ISO 188 – 2013) при температуре $t = 150^{\circ}\text{C}$ и давлении кислорода $\text{PO}_2 = 300$ мм рт ст. В результате были получены кинетические кривые (рис. 1) для образцов с разным временем модификации (1 сутки, 3 суток, 6 суток и исходный образец БНК без модификации).

Исходя из данных, представленных на рисунке 1, видно, что после фторирования образцов резин на основе БНК в течение 6 суток показатель поглощения кислорода уменьшился на 45% по сравнению с исходным не фторированным образцом резины на основе БНК.