

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТОПЛИВА И ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ CHEMICAL TECHNOLOGY OF FUEL AND HIGH-ENERGY SUBSTANCES

Научная статья

УДК 543.575:543.579:678.073

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-55-64

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНЫЙ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТ – ПОЛИСТИРОЛ

Мингазова Венера Каямтиновна, Сергеев Роман Петрович,
Никитина Наталья Николаевна, Баранова Наталья Викторовна

Казанский национальный исследовательский технологический университет

*для корреспонденции: venera-m@inbox.ru



Информация о статье

Поступила:

18 октября 2023 г.

Одобрена после

рецензирования:

20 ноября 2023 г.

Принята к публикации:

22 ноября 2023 г.

Опубликована:

05 декабря 2023 г.

Ключевые слова:

бутадиен-стирольный
термоэластопласт,
полистирол,
дифференциальная
сканирующая калориметрия,
термомеханический анализ

Аннотация.

Актуальность работы. Термопластичные эластомеры – полимерные материалы, обладающие уникальными свойствами. В условиях эксплуатации термоэластопласты способны, подобно эластомерам, к большим обратимым деформациям, а при повышенных температурах текут подобно термопластам. Вопрос сохранения комплекса упруго-прочностных свойств на высоком уровне в процессе синтеза термоэластопластов, хранения, переработки в изделия и дальнейшей их эксплуатации, а также увеличения ресурса работоспособности за счет уменьшения негативного действия температур, окисляющих факторов, механических нагрузок на полимерную матрицу всегда находится в приоритете.

Среди различных типов термоэластопластов (ТЭП), производимых в промышленном масштабе, блок-сополимеры занимают большое место. Блочные сополимеры имеют двухфазную структуру, поскольку макромолекулы состоят из различных по химическому строению и свойствам блоков, термодинамически несовместимых между собой. Такие ТЭП содержат большую долю мягких блоков, определяющих гибкую эластомерную природу сополимера, и незначительную часть жестких блоков, которые играют роль узлов физической сетки и наполнителя. Свойства блочных ТЭП зависят как от химической природы и молекулярной массы блоков, так и от соотношения, последовательности расположения и размеров жестких и мягких блоков. Вариация жесткой и мягкой составляющих реализует широкие возможности такой системы. Практическое же применение нашли бутадиен-стирольные, полиэфирные, полиуретановые и полиамидные блок-сополимеры. Стирольные блок-сополимеры общего назначения являются наиболее дешевыми и нашли наиболее широкое применение в различных отраслях промышленности.

Цель работы: оценка упруго-эластических свойств системы дивинил-стирольный термоэластопласт–полистирол в низкотемпературной области.

Методы исследования: термомеханический анализ,

дифференциально-сканирующая калориметрия.

Результаты: проведен термический анализ композиций на основе дивинил-стирольного термоэластопласта и полистирола. Получена температурная зависимость механических свойств композиций с различным содержанием полистирола.

Для цитирования: Мингазова В.К., Сергеев Р.П., Никитина Н.Н., Баранова Н.В. Изучение термомеханических свойств системы бутадиен-стирольный термоэластопласт – полистирол // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 5 (159). С. 55-64. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-55-64, EDN: ZWIZYG

Большинство применяемых в промышленности эластомеров представляют собой гомополимеры различной структуры, статистические и чередующиеся сополимеры. Особый интерес представляют блок-сополимеры, макромолекулы которых состоят из различных по химическому строению и свойствам термодинамически не совместимых блоков. Блок-сополимеры характеризуются наличием нескольких температур стеклования, соответствующих температурам стеклования индивидуальных полимеров, составляющих блоки [1, 2].

Наибольший интерес представляют трехблочные полимеры типа А-Б-А, где концевые блоки (А) термопластичны, а средний блок (Б) эластичный, за что они и получили название термоэластопласты (ТЭП). При определенном соотношении компонентов и при температурах ниже температуры стеклования (T_g) полимера, образующего блок (А), ТЭП подобны вулканизатам – обладают достаточно высокой прочностью, эластичностью и низким остаточным удлинением, а при температуре выше температуры стеклования блоков (А) блоксополимер переходит в вязкотекучее состояние и приобретает способность к формованию различными методами.

Повышенная текучесть блок-сополимеров типа А-Б-А, легкая формуемость, высокая прочность при нормальной температуре без химического структурирования и обратимость перехода из вязко-текучего состояния в стеклообразное состояние объединяет их с термопластами. Высокая эластичность и способность к большим обратимым деформациям под действием небольших нагрузок аналогичны свойствам резин и определяют области применения блок-сополимеров, традиционные для резин.

Среди ТЭП наиболее изученными и наиболее применяемыми являются изопрен-стирольные (ИСТ) и бутадиен-стирольные (ДСТ) трехблочные блоксополимеры. Полибутадиеновый и полиизопреновый блоки имеют ММ до 100 тыс., при содержании в цепях, соответственно, около 40-45% цис- и транс-1,4-полибутадиена, 10% 1,2 звеньев ($T_g = -90 \div -100^\circ\text{C}$) и около 70-80% цис-1,4-полиизопрена, 15-25% транс-1,4-полиизопрена и 3-5% 3,4-звеньев ($T_g = -60 \div -70^\circ\text{C}$). Поливинилароматические блоки имеют ММ до 20 тыс.; атактически построенные блоки полистирола и поли- α -метилстирола обладают температурами стеклования соответственно до 100°C и от 117 до 170°C . Жесткие блоки при обычных температурах эксплуатации образуют домены размером 10-40 нм, которые одновременно являются в ТЭП и частичками усиливающего наполнителя и многофункциональными узлами физической пространственной сетки, схожей по структуре и функциям с вулканизационной сеткой. При этом ввиду малой полидисперсности полидиеновых блоков подобная сетка в ТЭП имеет очень высокую регулярность, что обеспечивает термоэластопластам свойства наполненных вулканизатов. Однако при повышении температуры поливинилароматические домены размягчаются и при $50-60^\circ\text{C}$ ТЭП резко теряют прочность, а при температурах выше T_g жестких блоков проявляют типично каучукоподобные свойства [3-8].

Термоэластопласт ДСТ с достаточно высокими прочностными свойствами получается при содержании стирола от 20 до 60%, при котором возможно образование непрерывной фазы эластичного полимера. При большем содержании стирола образуется непрерывная фаза термопластичного полимера, и блок-сополимер приобретает свойства пластмасс. При содержании стирола свыше 40% существенно увеличивается остаточное удлинение полимеров.

Введение наполнителей вызывает снижение прочностных свойств ТЭП, причем чем выше степень дисперсности, тем сильнее выражена эта зависимость. Тем не менее, при введении

неактивных наполнителей до 100 мас.ч. на 100 мас.ч. полимера прочностные свойства сохраняются достаточно высокими.

Изделия из ДСТ-30, как и из других ТЭП, в нормальных условиях эксплуатируются, как правило, в эластичном состоянии. Температурный интервал работоспособности ТЭП определяется температурами стеклования эластичного и термопластичного блоков. На температуру стеклования оказывают влияние различные факторы: это строение и структурные особенности полимера, наличие и природа наполнителей, механические и тепловые воздействия на полимер в процессе переработки и др., поэтому определение этого параметра имеет важное значение при практическом применении блок-сополимеров.

Идентификация процесса стеклования не представляет особых трудностей, поскольку влечет изменение многих свойств полимеров, таких, например, как вязкость, теплоемкость, диэлектрические свойства, линейный размер, коэффициент объемного расширения, физико-механические характеристики; меняется характер зависимости теплопроводности от температуры и др.

Среди многих методов определения температуры стеклования наибольшее применение нашли методы термического анализа, поскольку они являются достаточно простыми, а современные приборы позволяют определять характерные температуры с высокой точностью [9-11].

Дивинилстирольный термоэластопласт нашел применение в качестве горюче-связующего материала для изготовления термостойких зарядов, представляющих собой гетерогенную систему смесового типа и предназначенных для прострелочно-взрывных работ в нефтегазовых скважинах [12-15]. Проведенными ранее работами показано, что введение в ДСТ-30 полистирола придает данной смеси механические свойства вулканизированных каучуков, при этом позволяет исключить длительную и опасную операцию отверждения энергонасыщенных композиций и повышает жесткость готового изделия. Разработки термостойких составов на основе смеси ДСТ-30 с ПС проводились в основном в направлении ингибирования термоокислительной деструкции ДСТ-30 и повышения термической стойкости составов.

В данной работе были изучены эластичные свойства дивинилстирольного термоэластопласта, наполненного полистиролом в низкотемпературной области, и дана оценка возможности применения этой смеси для разработки композиций, пригодных для эксплуатации в условиях низких температур.

В работе использовался дивинилстирольный термоэластопласт ОАО «Воронежсинтезкаучук» марки ДСТ Р 30-00 (SBS, ДСТ-30), имеющий следующие характеристики: массовая доля связанного стирола $30 \pm 1,5\%$; условная прочность при растяжении $\geq 8,0$ МПа; условное напряжение при удлинении $300\% \geq 2,0$ МПа; относительное удлинение при разрыве $\geq 550\%$; показатель текучести расплава, 190°C и $5 \text{ кгс} < 1 \text{ г/10 мин}$; кинематическая вязкость $5,23\%$ раствора в толуоле при 25°C $25 \pm 10 \text{ сСт}$; массовая доля летучих веществ $\leq 0,8\%$. Применение полистирола (ПС) в качестве наполнителя можно рассматривать как один из вариантов модификации ДСТ-30, поскольку морфология ДСТ-30 обеспечивает оптимальное взаимодействие между двумя фазами.

Полистирол вводили в количестве от 10 до 50% масс. по отношению к ДСТ-30. Композиции получали путем растворения ТЭП и ПС в общем для них растворителе и отлива пленок с последующим удалением растворителя при нормальных условиях. Полученные пленки термостатировали с целью удаления остатков растворителя и минимизации влияния механической предыстории на физические процессы при температуре $77 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 30 минут в термошкафу.

Методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термомеханического анализа (ТМА) определяли температуру стеклования композиций.

Вязкоупругие свойства композиций изучали с помощью анализатора TMA1 METTLER TOLEDO в режиме термомеханического анализа с динамической нагрузкой на образец (ДНТМА). Испытания проводили в атмосфере воздуха в температурном интервале от -110 до 120°C при скорости нагревания 5°C/мин , динамическая нагрузка в интервале $0,01-0,05 \text{ Н}$ по закону квадратной волны с периодичностью 12 с, частота динамической нагрузки $< 1 \text{ Гц}$.

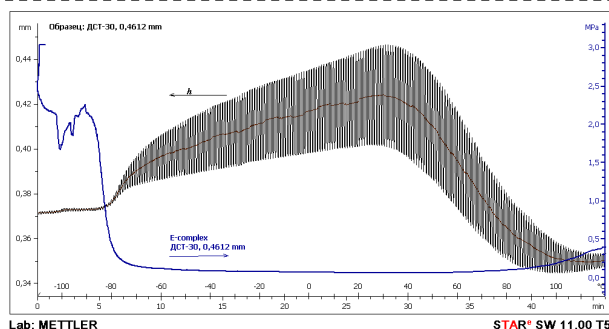
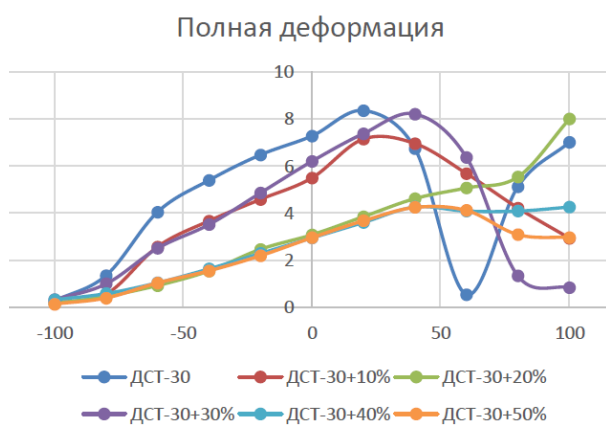


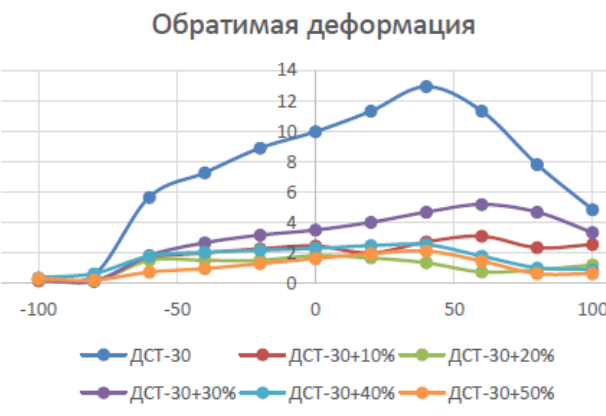
Рис. 1. ДНТМА-термограмма DST-30

Fig. 1. DNTMA-thermogram DST-30



a)

a)



б)

b)

Рис. 2. Зависимость полной (а) и обратимой (б) деформации образцов DST-30 с различным содержанием полистирола

Fig. 1. Dependence of total (a) and reversible (b) deformation of DST-30 samples with different polystyrene contents

Для определения температуры структурного стеклования был проведен также анализ с помощью прибора DSC823 METTLER TOLEDO в среде воздуха; температурный диапазон измерений $-70 \div 200^{\circ}\text{C}$, скорость нагрева $6^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

На полученной термограмме исходного DST-30 наблюдаются три участка состояния образца (Рис. 1). При температуре -100°C DST-30 находится в твердом, застеклованном состоянии. В области температур -85°C DST-30 переходит из стеклообразного в высокоэластическое состояние, о чем можно судить по увеличению угла наклона кривой и

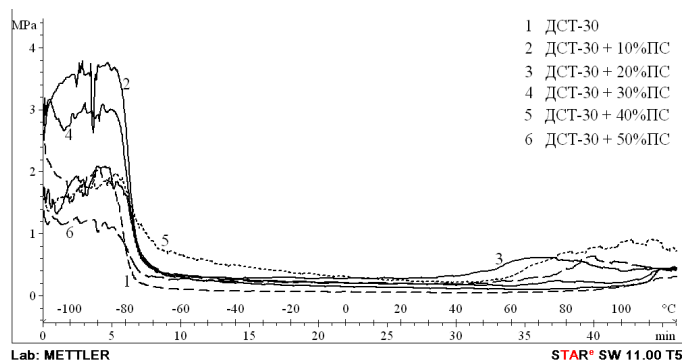


Рис. 3. Модуль упругости E' образцов ДСТ-30 с различным содержанием полистирола
Fig. 1. Elastic modulus E' of DST-30 samples with different polystyrene contents

изменению среднего коэффициента линейного расширения (КЛР). Так, в диапазоне температур $-100 \div -90^\circ\text{C}$ КЛР составляет $80 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; в интервале $-85 \div -70^\circ\text{C}$ КЛР возрастает до значения $3236 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Увеличение амплитуды колебаний толщины образца под действием циклической нагрузки при температуре выше -70°C свидетельствует о высокоэластической деформации, сохраняющейся до 90°C .

При температуре выше 40°C наблюдается развитие необратимой деформации, а при температуре выше 90°C полистирольный блок переходит из стеклообразного в текучее состояние и ДСТ-30 утрачивает эластичные свойства.

Присутствие полистирола от 10 до 50% в пленках ДСТ-30 не оказывает влияние на температуру стеклования бутадиенового блока. В образцах, содержащих 10, 20 и 30 % полистирола, эластические свойства сохраняются в интервале температур от -80 до $\sim 90^\circ\text{C}$. Введение 40 и 50% ПС в ДСТ-30 приводит к потере эластичных свойств при температуре выше 60°C , что говорит о структурных изменениях композиций.

Особенности деформационного поведения рассматриваемых композиций наглядно отображают кривые зависимости полной и обратимой относительной деформации от температуры (Рис. 2).

Исходный образец ДСТ-30 в большей степени подвержен деформации в сравнении с другими образцами. Введение 20, 40 и 50% ПС в большей степени снижает деформационные свойства ДСТ-30, в особенности образец, содержащий 20% ПС, у которого полная и обратимая деформации имеют наименьшие значения в рассматриваемом температурном диапазоне.

Методом ТМА определен модуль упругости и угол механических потерь, которые характеризуют соответственно упругие и демпфирующие свойства материала. На Рис. 3 представлены термограммы модуля упругости (E'), а в Таблице 1 сведены значения E' и тангенс угла механических потерь ($\text{tg}\delta$) для образцов ДСТ-30 с различным содержанием дополнительно введенного полистирола при температурах $\pm 50^\circ\text{C}$ и 25°C и температура стеклования (T_g), определенная по температурной зависимости тангенса угла механических потерь $\text{tg}(\delta(T))$.

Проведенный ДНТМА показал, что введение полистирола в состав ДСТ-30 во всех случаях приводит к увеличению модуля упругости на порядок в диапазоне температур $\pm 50^\circ\text{C}$, что свидетельствует об упрочняющем действии полистирола.

Введение в ДСТ-30 10 и 30% ПС (обр. 2 и 4) снижает значение модуля упругости при повышении температуры от комнатной до 50°C и увеличивает E' при охлаждении до -50°C . Введение 40 и 50% ПС (обр. 5, 6) увеличивает значение E' при нагревании от комнатной температуры до 50°C и значительно увеличивает E' при охлаждении до -50°C .

У обр. 3, содержащего 20% ПС, наблюдается иной характер изменения E' в диапазоне $\pm 50^\circ\text{C}$: понижении температуры до -50°C модуль упругости уменьшается не более, чем на 3 %; при нагреве от комнатной до $+50^\circ\text{C}$ наблюдается увеличение значения E' , причем в наибольшей степени (на 54%). Кроме того, дополнительное введение 20% ПС в ДСТ-30 также в большей степени увеличивает показатель E' – с 0,005 МПа для ДСТ-30 до 0,33 МПа в нормальных условиях.

Тангенс угла механических потерь ДСТ-30 и ПС имеет очень низкие значения, что характерно для высокомолекулярных соединений. Введение полистирола от 10 до 40%

значительно увеличивает значение $\text{tg}\delta$ во всем рассматриваемом температурном диапазоне, а при 50% содержании ПС в ДСТ-30 значение $\text{tg}\delta$ приближается к значению исходного ДСТ-30.

Анализируя ДМА кривые, надо отметить, что как в исходном ДСТ-30, так и в образцах, содержащих различное количество ПС, переход бутадиенового блока из стеклообразного состояния в высокоэластическое определяется однозначно и протекает в постоянном температурном интервале, в то время как температуру «расстекловывания» полистирольного блока определить достаточно затруднительно, поскольку этот переход имеет размытый характер и не исключено совмещение с процессом размягчения образцов.

Методом ДСК была определена температура стеклования полистирольного блока для всех исследованных образцов (Рис. 4).

Таблица 1. Результаты ТМА испытания

Table 1. TMA test results

| Образец | E' , МПа | | | $\text{tg}\delta$ | | | T_c , °C |
|------------------|-----------------|-------|-------|-------------------|--------|--------|------------|
| | температура, °C | | | температура, °C | | | |
| | -50 | +25 | +50 | -50 | +25 | +50 | |
| 1 ДСТ-30 | 0,083 | 0,051 | 0,048 | 0,0096 | 0,0069 | 0,0087 | -77 |
| 2 ДСТ-30 +10% ПС | 0,27 | 0,19 | 0,17 | 0,1145 | 0,1136 | 0,1139 | -77 |
| 3 ДСТ-30 +20% ПС | 0,32 | 0,33 | 0,51 | 0,1192 | 0,1175 | 0,1175 | -76 |
| 4 ДСТ-30 +30% ПС | 0,22 | 0,12 | 0,11 | 0,1157 | 0,1148 | 0,1148 | -76 |
| 5 ДСТ-30 +40% ПС | 0,50 | 0,24 | 0,27 | 0,1139 | 0,1134 | 0,1134 | -77 |
| 6 ДСТ-30 +50% ПС | 0,25 | 0,20 | 0,24 | 0,0061 | 0,0061 | 0,0064 | -77 |
| ПС | 0,62 | 0,51 | 0,34 | 0,0035 | 0,0052 | 0,0044 | +95 |

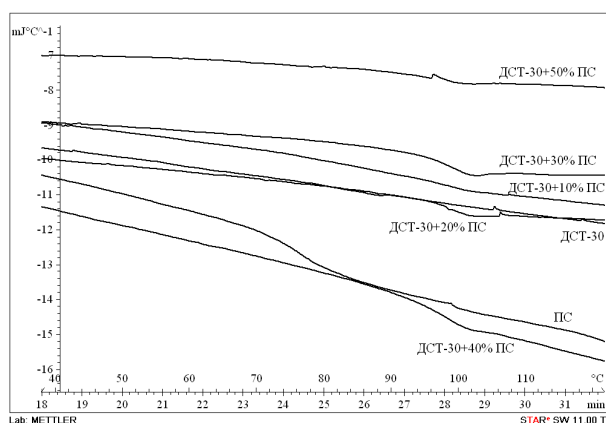


Рис. 4. ДСК-термограмма образцов ДСТ-30

Fig. 1. DSC thermogram of DST-30 samples

Процесс перехода полимера из стеклообразного в высокоэластическое состояние протекает в определенном температурном интервале, поэтому за температуру стеклования принимали точку перегиба на кривой зависимости скорости изменения теплового потока от температуры.

Для образца ДСТ-30 T_g полистирольного блока равна 86,17°C (Таблица 2). Добавление в ДСТ-30 полистирола в количестве от 10% до 30% приводит к увеличению температурного интервала стеклования и смещению точки T_g до температуры 99,57°C. При дальнейшем увеличении содержания полистирола происходит незначительное снижение температуры стеклования на фоне небольшого увеличения температурного интервала данного процесса.

Наименьшее введение в ДСТ-30 ПС привело к значительному увеличению T_c (с 86,2°C до 96,5°C). Увеличение в системе ДСТ-30–ПС содержания полистирола не оказало дальнейшего изменения T_c рассматриваемых образцов.

Проведенные исследования показали, что система ДСТ-30 с полистиролом не проявляет какого-либо аномального поведения при температурах от -50 до +50°C, что предполагает сохранение ее высокоэластичности в данном температурном интервале. При введении в ДСТ-30 20% полистирола наблюдается его наибольшее упрочняющее действие.

Введение в ДСТ-30 полистирола способствует расширению области высокоэластического состояния ТЭП в области положительных температур.

Полученные результаты позволяют рассматривать дивинилстирольный термоэластопласт как полимерную основу для разработки морозостойких (-50°C), эластичных композиционных материалов, жесткостные свойства которых можно регулировать путем введения полистирола в качестве наполнителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салихов В. А., Краснов О. С. Геолого-экономическая оценка ценных цветных и редких металлов в углях Кузбасса / В. А. Салихов, О. С. Краснов // Записки Горного института. 2008. Т. 179. С. 42–47.
2. Салихов В. А. [и др.] Перспективы комплексной переработки отходов углей // Кокс и химия, 2023. № 1. С. 51–59. DOI: 10.52351/00232815_2023_01_51.
3. Черкасова Е. В. [и др.] Выделение концентратов редких и редкоземельных элементов из золошлаковых отходов Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 2. С. 35–39. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-5-35-39.
4. Иванков С. И. [и др.] Систематизация методов переработки отходов горно-металлургического комплекса // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2020. – № 6. – С. 2–93. DOI: 10.36535/0869-1002-2020-06-1.
5. Троицкий А. В. [и др.] Перспективы привлечения техногенных отходов неметаллического сырья в процесс их переработки и утилизации // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2021. № 2. С. 40–58. DOI: 10.36535/0869-1002-2021-02-2.
6. Новиков Н. И., Салихов В. А. Обоснование факторов для стимулирования извлечения ценных цветных и редких металлов из золошлаковых отходов углей, накапливаемых на энергетических предприятиях Кемеровской области // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2014. № 4. С. 74–86.
7. Черкасова Т. Г. [и др.] Анализ отходов угледобычи, углепереработки и углеобогащения месторождений Кузнецкого угольного бассейна // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 6. С. 59–64. DOI: 10.26730/1999-4125-2022-6-59-66.
8. Черкасова Т. Г. [и др.] Определение промышленно значимых кондиций редких элементов в золошлаковых отходах Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 5. С. 37–44. (DOI: 10.26730/1999-4125-2021-5-37-44)
9. Максимова А. М. Извлечение редких и редкоземельных металлов из техногенных объектов как путь к рациональному освоению недр [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2016. Том 8. №5. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/24EVN516.pdf> – [20.08.2023].
10. Pan J. [et al.] Study on Solvent Extraction of Rare Earth Elements from Leaching Solution of Coal Fly Ash by P204 [Электронный ресурс] // Minerals. 2022. Vol. 12. № 12. P. 1547. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/365895339_Study_on_Solvent_Extraction_of_Rare_Earth_Elements_from_Leaching_Solution_of_Coal_Fly_Ash_by_P204. DOI: 10.3390/min12121547.
11. Peiravi M. [et al.] Chemical extraction of rare earth elements from coal ash // Minerals & Metallurgical Processing. 2017. Vol. 34. № 4. P. 170–177. DOI: 10.19150/mmmp.7856.
12. Dodbiba G., Fujita T. Trends in Extraction of Rare Earth Elements from Coal Ashes: A Review [Электронный ресурс] // Recycling, 2023. Vol. 8. № 1. P. 17. Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2313-4321/8/1/17> [20.08.2023] DOI: 10.3390/recycling8010017.
13. Череповицын А. Е., Соловьева В. М. Концептуальные подходы к формированию промышленной политики развития отрасли редкоземельных металлов // Известия УГТУ. 2022. Вып. 2 (66). С. 122–134. DOI: 10.21440/2307-2091-2022-2-122-134.
14. Блошенко Т. А., Дамбаева Р. Д. Глубокая переработка угля в России: экономические проблемы и перспективы развития // Финансовая жизнь, 2021. № 3. С. 12–15.
15. Харионовский А. А. [и др.] Проблемы использования отходов угледобычи // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 10(1). С. 45–55. (DOI: 10.25018/0236_1493_2021_101_0_45)

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Мингазова Венера Каямтиновна, кандидат технических наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технологический университет, (420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул.К.Маркса, 68), e-mail: venera-m@inbox.ru

Сергеев Роман Петрович, магистр, Казанский национальный исследовательский технологический университет, (420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул.К.Маркса, 68), e-mail: roma200035@gmail.com

Никитина Наталья Николаевна, кандидат химических наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технологический университет, (420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул.К.Маркса, 68), e-mail: nikitinann@mail.ru

Баранова Наталья Викторовна, доктор химических наук, профессор, Казанский национальный исследовательский технологический университет, (420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул.К.Маркса, 68), e-mail: baranova-htvms@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Мингазова В. К. – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, выводы, написание текста.

Сергеев Р. П. – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Никитина Н. Н. – научный менеджмент, концептуализация исследования, написание текста.

Баранова Н. В. – научный менеджмент.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

STUDY OF THERMOMECHANICAL PROPERTIES OF THE BUTADIENE-STYRENE THERMOPLASTIC ELASTOMER - POLYSTYRENE SYSTEM

Venera K. Mingazova, Roman P. Sergeev,
Natalya N. Nikitina, Natalia V. Baranova

Kazan National Research Technological University

*for correspondence: venera-m@inbox.ru



Article info

Received:

18 October 2023

Accepted for publication:

20 November 2023

Accepted:

22 November 2023

Published:

05 December 2023

Keywords: butadiene-styrene thermoplastic elastomer, polystyrene, differential scanning calorimetry,

Abstract.

Relevance of the paper. Thermoplastic elastomers are polymer materials with unique properties. Under operating conditions thermoplastic elastomers are capable, like elastomers, of large reversible deformations, and at higher temperatures they flow like thermoplastics. The issue of maintaining a complex of elastic-strength properties at a high level during synthesis, storage, processing and operation, as well as increasing the service life by reducing the negative effects of temperatures, oxidizing factors, and mechanical loads on the polymer matrix is always a priority.

Among the various types of thermoplastic elastomers (TPEs) produced on an industrial scale, block copolymers are very important. Block copolymers have a two-phase structure, since macromolecules consist of blocks with different chemical structures and properties that are thermodynamically incompatible with each other. Such TPEs contain a large proportion of soft blocks, which determine the flexible elastomeric nature of the copolymer, and a small part of hard blocks, which play the role of physical network nodes and filler. The properties of block TPEs depend both on the chemical nature and molecular weight of the blocks, and on the ratio, sequence of arrangement and sizes of hard and soft blocks. The variation of hard and soft

thermomechanical analysis

components realizes the wide capabilities of such a system. Butadiene-styrene, polyester, polyurethane and polyamide block copolymers have found practical application. General-purpose styrene block copolymers are the cheapest and are widely used in various industries.

Purpose of the research: *evaluation of elastic-elastic properties of divinylstyrene thermoplastic elastomer-polystyrene system in the low-temperature area.*

Research methods: *thermomechanical analysis, differential scanning calorimetry.*

Results: *Thermal analysis of compositions based on butadiene-styrene thermoplastic elastomer and polystyrene was carried out. Temperature dependence of mechanical properties of compositions with different polystyrene content was obtained.*

For citation: Mingazova V.K., Sergeev R.P., Nikitina N.N., Baranova N.V. Study of thermomechanical properties of the butadiene-styrene thermoplastic elastomer - polystyrene system. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 5(159):55-64. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-55-64, EDN: ZWIZYG

REFERENCES

1. Termoplasty : pod red. Moiseeva V.V. [Thermoplastics : ed. Moiseeva V.V.] M.: Himija; 1985. 184 p.
2. Kholden D., Kholden D., Krikhel'dorf Kh. R., Kuirk R. P. Termoelastoplasty: per. s angl. 3-go izdaniya pod red. Smirnova B.L. [Thermoplastic elastomers: trans. from English 3rd edition, ed. Smirnova B.L.] SPb.: Professiya; 2011. 720 p.
3. Vol'fon, S. I. Dinamicheski vulkanizirovannye termojelastoplasty: Poluchenie, pererabotka, svoystva [Dynamically vulcanized thermoplastic elastomers : Obtaining, processing, properties]. M.: Nauka; 2004. 173 p.
4. Vol'fon S.I. [Khimiya i biznes], 2001; 1:30–40.
5. Volkov V.I., Musin I.N., Kimel'blat V.I., Vol'fon S.I. [Kompozitsionnye materialy v aviatsii i narodnom khozyaystve. Kazan'], 2000. Pp. 35-40.
6. Khakimullin Yu.N. Termoelastoplasticheskiye materialy na osnove blok-sopolimerov: uchebnoe posobie [Thermoplastic elastomer materials based on block copolymers: a tutorial]. Kazan': KNITU; 2017. 84 p.
7. Khimicheskaya modifikatsiya diensoderzhashchikh bloksopolimerov. Kovshov Yu.S., Moiseev V.V., Zharkikh T.P., Malyugina A.L. M. [Chemical modification of diene-containing block copolymers]. TsNIITeneftkhim, 1982. 64 p.
8. Svoystva i primeneniye termoelastoplastov : materialy I Vsesoyuznogo sove-shchaniya (Kazan', 30 sentyabrya 1971 g.) : red. kol.: Shatalov V.P., Rozinoer Ya.M., Grigorieva L.A.] Properties and application of thermoplastic elastomers: materials of the 1st All-Union Conference (Kazan, September 30, 1971) : ed. number: Shatalov V.P., Rozinoer Ya.M., Grigorieva L.A.] Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo un-ta; 1975. 208 p.
9. Sintez, svoystva i primeneniye izopren-stirol'nykh i butadien-stirol'nykh termoelastoplastov : sost.: Yudin V.P., Shatalov V.P., Nesterova S.I. [Synthesis, properties and application of isoprene-styrene and butadiene-styrene thermoplastic elastomers : comp.: Yudin V.P., Shatalov V.P., Nesterova S.I.]. M., 1975. 63 p.
10. Lipatov Yu.S. Fiziko-khimicheskiye osnovy napolneniya polimerov [Physico-chemical basis of polymer filling]. M.: Khimiya; 1991. 264 p.
11. Lipatov Yu.S. Mezhfaznyye yavleniya v polimerakh [Interfacial phenomena in polymers]. Kiev: Nauk. Dumka; 1980. 260 p.
12. Shipina O.T., Mingazova V.K., Petrov V.A., Kostochko A.V. Termicheskiy analiz v izuchenii polimerov: uchebnoe posobie. [Thermal analysis in the study of polymers: a textbook]. M., Kazan. nats. issled. tekhnol. un-t. Kazan': Izd-vo vo KNITU; 2014. 100 p.
13. Patent 2184719 Rossiyskaya Federatsiya, MPK C06D 5/06(2006.01), C06B 29/00(2006.01). Sostav dlya termostoykogo blochnogo zaryada i sposob ego izgotovleniya : № 2000116200/02 [Composition for heat-resistant block charge and method of its manufacture № 2000116200/02] : zayavl. 2000.06.19 : opubl. 2002.07.10 ; Kostochko A. V., Fomicheva L. K., Filippov Yu. M., Agnieva N.Yu., Kostochko A.A., Izotova I.N., Gumerov A.V.; zayavitel' KGTU, pp.7.
14. Patent № 2281932 Rossiyskaya Federatsiya, MPK C06B 29/00(2006.01), C06D 5/06(2006.01). Sostav termostoykogo blochnogo zaryada : № 2005106538/02 [Composition of heat-resistant block charge № 2005106538/02] : zayavl. 2005.02.28 : opubl. 2006.08.20 / Kostochko A.V., Filippov Yu.M., Gayday V.V., Fomicheva L. K., Agnieva N.Yu., Mingazova V.K. ; zayavitel' KGTU, pp. 5.
15. Mingazova V.K., Fomicheva L.K., Kostochko A.V. [Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta]. 2013; 16(23):70–72.

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Venera K. Mingazova, candidate of technical sciences, docent, Kazan National Research Technological University, (420015, Russian Federation, Republic of Tatarstan, Kazan, 68 Karl Marx street), e-mail: venera-m@inbox.ru

Roman P. Sergeev, master, Kazan National Research Technological University, (420015, Russian Federation, Republic of Tatarstan, Kazan, 68 Karl Marx street), e-mail: roma200035@gmail.com

Natalya N. Nikitina, candidate of chemical sciences, docent, Kazan National Research Technological University, (420015, Russian Federation, Republic of Tatarstan, Kazan, 68 Karl Marx street), e-mail: nikiti-nann@mail.ru

Natalia V. Baranova, doctor of chemical sciences, professor, Kazan National Research Technological University, (420015, Russian Federation, Republic of Tatarstan, Kazan, 68 Karl Marx street), e-mail: baranova-htvms@mail.ru

Contribution of the authors:

Mingazova V. K. – formulation of a research task, conceptualization of research, conclusions, writing a text.

Sergeev R. P. – review of relevant literature, data collection and analysis, conclusions, writing of the text.

Nikitina N. N. – scientific management, research conceptualization, text writing.

Baranova N. V. – scientific management.

All authors have read and approved the final version of the manuscript

All authors have read and approved the final manuscript.

