

С практической точки зрения наиболее интересными являются не сами значения расстояний множества точек на поверхности исследуемых образцов, а значения разности этих расстояний относительно исходного положения множества этих точек при различных значениях поданного актюирующего напряжения.

Представление данных в виде графиков сечений или цветовых палитр не влияет на информативность, а только позволяет исследователю почувствовать прошедшие изменения при воздействии электромеханической актюирующей системы на приповерхностную область конструкционного ПКМ.

Таким образом, при исследовании специфических свойств конструкционных ПКМ необходимо использование дополнительного специального оборудования, такого как спектрометр для определения характеристик волоконно-оптических брэгговских решеток и лазерно-триангуляционной измерительной системы. В зависимости от расположения электромеханической актюирующей системы в составе конструкционного ПКМ необходимо использовать различные методы исследования или, возможно, их комбинацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уорден К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. М.: Техносфера. 2006. 223 с.
2. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики. М.: Техносфера. 2006. 628 с.
3. Удд Э. Волоконно-оптические датчики. М.: Техносфера. 2008. 518 с.

УДК 678.7

*Г.Н. Петрова, Т.В. Румянцева,
Д.Н. Перфилова, Э.Я. Бейдер, В.И. Грязнов*

ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТЫ – НОВЫЙ КЛАСС ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассматриваются эксплуатационные свойства разработанных во ФГУП «ВИАМ» двух марок термоэластопластов, полностью отвечающих требованиям АП-25 по горючести:

- ВТЭП 1-Л – с повышенной атмосферостойкостью;
- ВТЭП 2-Л – с улучшенными электроизоляционными характеристиками.

Разработанные материалы перерабатываются в изделия литьем под давлением и рекомендуются для частичной замены резин.

Ключевые слова: термоэластопласт, резина, уплотнения, динамическая вулканизация, атмосферостойкость, электроизоляционные свойства, ударостойкость, пожаробезопасность, переработка литьем под давлением и экструзией.

В настоящее время широко используются и активно исследуют многокомпонентные полимерные смеси и сплавы, при создании которых имеется потенциальная возможность сочетания требуемых качеств каждого компонента смеси в конечном продукте [1, 2].

В последние годы в ряду многокомпонентных полимерных систем наибольшее развитие получили материалы, относящиеся к классу смесевых термопластичных эластомеров – термоэластопласты (ТЭП). Термоэластопласты находят применение в тех же областях, где и традиционная резина: для изготовления уплотнений агрегатов пневмо-, гидро- и топливных систем, оболочек электрических кабелей, вибропоглощающих и других деталей. Однако по сравнению с традиционными резинами ТЭП имеют более низ-

кую плотность (на 20–30%), обладают высокой озоно- и атмосферостойкостью, морозостойкостью, устойчивы к набуханию в агрессивных средах, могут компаундироваться с различными наполнителями без снижения основных механических характеристик, имеют широкую цветовую гамму. Получение подобных материалов дает возможность сочетать два важных качества, присущих каждому из компонентов: сохранение эластичных (резиноподобных) свойств получаемого материала и возможность переработки его как термопластичного полимера [3, 4].

Термоэластопласты – это новый класс полимерных материалов, обладающих деформационными свойствами резин, прочностью и технологичностью термопластов.

Преимуществами ТЭП по сравнению с традиционными резинами являются:

- исключение стадии вулканизации;
- переработка в изделия способами, характерными для термопластов – литьем под давлением, экструзией, вакуум-формованием, пневмоформованием и т. д.;
- возможность многократной переработки без ухудшения свойств изделия;
- отсутствие отходов;
- регулирование свойств варьированием соотношения компонентов [5].

В России в настоящее время организованы производства по получению только двух типов ТЭП: дивинилстирольных (серийное) и полиуретановых (мелкосерийное). Однако необходимо отметить, что все перечисленные выше термоэластопласты являются сгорающими материалами и не отвечают требованиям АП-25 по пожаробезопасности.

Во ФГУП «ВИАМ» разработаны две марки самозатухающих ТЭП и освоено их опытное производство:

- литьевой уплотнительный атмосферостойкий материал ВТЭП 1-Л;
- термоэластопласт уплотнительный ударостойкий электроизоляционный марки ВТЭП 2-Л.

Литьевой уплотнительный атмосферостойкий материал ВТЭП 1-Л предназначен для герметизации дверей и люков, к которым предъявляются повышенные требования по атмосферостойкости, пожаробезопасности, технологичности и окраске.

Композиция ВТЭП 1-Л имеет низкую плотность (1117 кг/м³), высокое для термоэластопластов значение прочности при разрыве (20,4 МПа), относительное удлинение при разрыве составляет 645% (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные свойства литьевого материала ВТЭП 1-Л и его аналогов

Свойства	Уровень свойств материалов			Квоты преимущества материала ВТЭП 1-Л перед	
	ВТЭП 1-Л (ВИАМ)	ИРП-1078 (Россия)	«Ритефлекс 425» (Германия)	резиной ИРП-1078	термопластом «Ритефлекс 425»
Плотность, кг/м ³	1117	1370	1004	На 23%	–
Прочность при разрыве, МПа	20,4	11,0	10,0	В 1,85 раза	В 2 раза
Относительное удлинение при разрыве, %	645	130–150	>550	В 4,7 раза	На 15%
Продолжительность остаточного горения, с	7–8	>15	>15	Соответствие нормам АП-25	Соответствие нормам АП-25
Горючесть, категория	Самозатухающий	Медленно-сгорающий	Сгорающий		
Продолжительность изготовления деталей, мин	1–3	30	1–3	по горючести В 10–30 раз	по горючести –
Интервал рабочих температур, °С	-60÷+80	-40÷+100	-60÷+80	На 20°С	–
Документация на материал	ТУ1-595-9-1041–2008	ТУ38005166–98	Импортный материал	–	–

Материал обладает повышенной износо- и атмосферостойкостью, полностью отвечает требованиям АП-25 по горючести. Физико-механические свойства композиции в исходном состоянии и после воздействия различных факторов показаны на рис. 1 и 2.

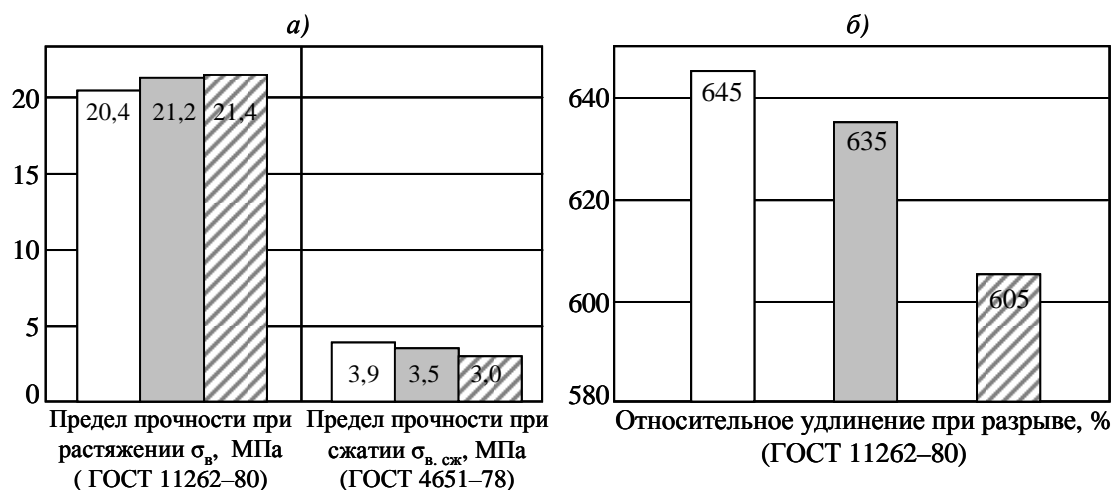


Рис. 1. Зависимость прочностных (а) и деформационных свойств (б) литьевого уплотнительного материала ВТЭП 1-Л от старения при 60°C, 2000 ч (■) и 80°C, 500 ч (▨): □ – без старения (исходное состояние)

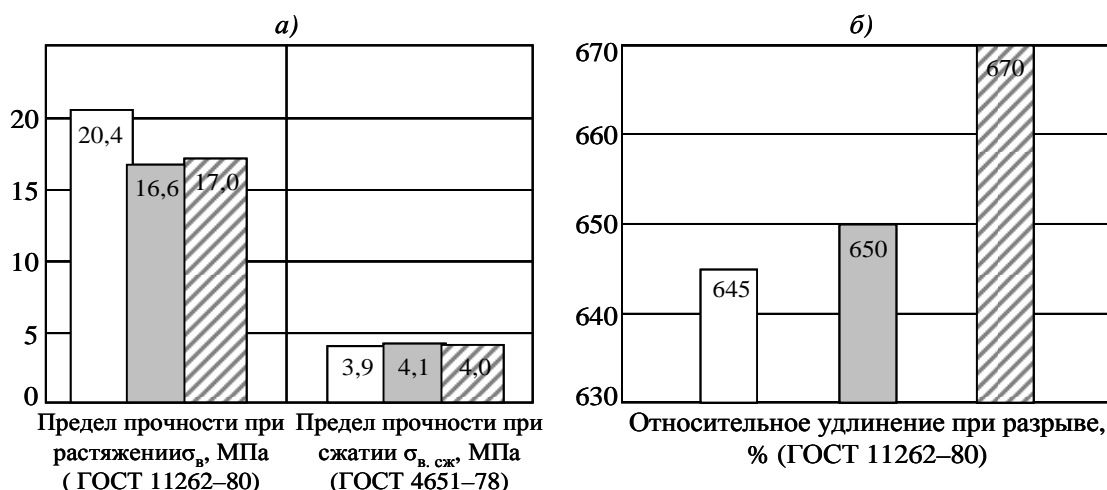


Рис. 2. Влияние влаги и микологической среды на прочностные (а) и деформационные (б) свойства литьевого уплотнительного материала ВТЭП 1-Л:

□ – в исходном состоянии; ■ – при влажности $\phi=98$; ▨ – то же + микологическая

Установлено, что разработанный уплотнительный материал ВТЭП 1-Л стоек к воздействию масел, топлив, влаги и грибов, имеет балл грибостойкости 1–2.

В отличие от резин материал может окрашиваться в любые цвета суперконцентрами пигментов на основе полипропилена.

Хорошая текучесть материала позволяет перерабатывать его высокопроизводительными методами литья под давлением и экструзией.

Квотами преимущества разработанного материала перед материалом аналогичного назначения – резиной ИРП-1078 – являются: пониженная плотность, повышенные значения прочности и относительного удлинения при разрыве, полное соответствие

нормам АП-25 по горючести, меньшее время переработки в изделия и более низкая область отрицательных рабочих температур.

Зарубежным аналогом литевого уплотнительного материала с повышенной атмосферостойкостью марки ВТЭП 1-Л является термоэластопласт марки «Ритефлекс 425» фирмы «Ticona» (Германия).

По сравнению с зарубежным аналогом разработанный материал имеет более высокую прочность при разрыве (в 2 раза), на 15% выше значение относительного удлинения при разрыве.

Термоэластопласт уплотнительный ударостойкий электроизоляционный марки ВТЭП 2-Л рекомендуется для изготовления способами литья под давлением и экструзией уплотнений, оболочек проводов и др. изделий с повышенными безопасными и электроизоляционными свойствами.

Свойства композиции ВТЭП 2-Л в сравнении с ее аналогами приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительные свойства термоэластопласта марки ВТЭП 2-Л и его аналогов

Свойства	Уровень свойств материалов			Квоты преимущества материала ВТЭП 2-Л перед	
	ВТЭП 2-Л (ВИАМ)	ИРП-1078 (Россия)	«Ритефлекс 425» (Германия)	резиной ИРП-1078	термопластом «Ритефлекс 425»
Плотность, кг/м ³	1100	1370	1004	На 24,5%	–
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ² (образцы без надреза)	Нет разрушения	–	Нет разрушения	–	–
Относительное удлинение при разрыве, %	375–395	130–150	>550	В 2,6–3,0 раза	–
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	>1,3·10 ¹⁴	–	3,0·10 ⁸	–	В 4,3·10 ⁵ раз
Горючесть, категория	Самозатухающий	Медленно-сгорающий	Сгорающий	Соответствие нормам АП-25	Соответствие нормам АП-25
Продолжительность остаточного горения, с	3–4	>30	>30	В >10 раз	В >10 раз
Водопоглощение, %	0,05 (за 1 сут) 0,42 (за 3 мес)	–	0,6 (за 1 сут)	–	В 12 раз
Продолжительность изготовления детали, мин	1–3	30–60	1–3	В 20–30 раз	–
Способы переработки	Литье под давлением	Вальцевание, формование	Литье под давлением	–	–
Интервал рабочих температур, °С	-60÷+100	-40÷+100	-60÷+80	На 20°С	На 20°С
Документация на материал	ТУ1-595-9-1092–2009	ТУ38005166–98	Импортный материал	–	–

Материал отвечает требованиям АП-25 по горючести, обладает повышенными электроизоляционными свойствами, стоек к гидролизу, воздействию микроорганизмов (грибов и плесени), авиационных топлив и масел, имеет высокую текучесть расплава.

На рис. 3 показано влияние влаги и микологической среды на прочностные и деформационные свойства ВТЭП 2-Л.

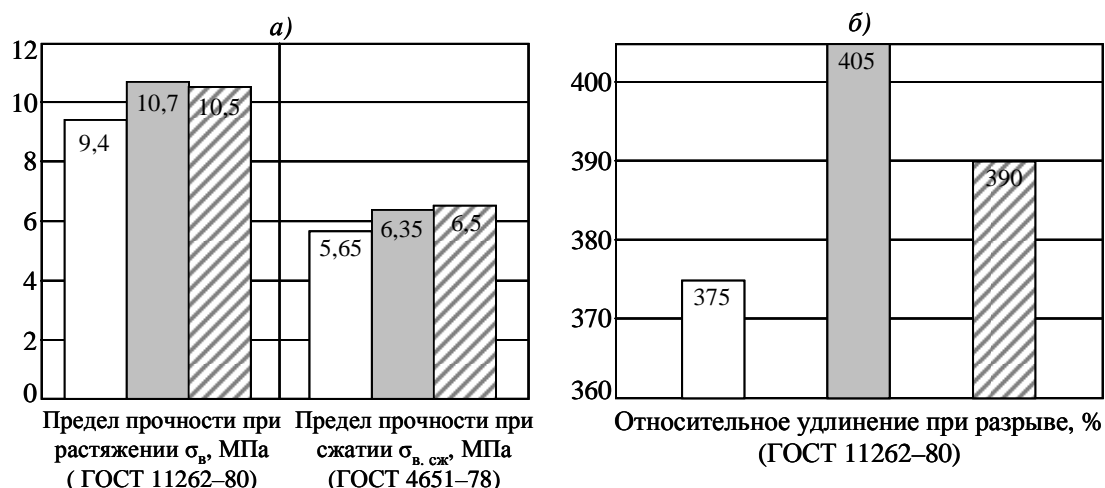


Рис. 3. Влияние влаги и микологической среды на прочностные (а) и деформационные (б) свойства термоэластопласта уплотнительного ударостойкого электроизоляционного марки ВТЭП 2-Л:

□ – в исходном состоянии; ■ – при влажности $\phi=98$; ▨ – то же + микологическая

По сравнению с резиной ИРП-1078 разработанный материал имеет пониженную плотность (на 24,5%), повышенное относительное удлинение при разрыве (в 2,6–3,0 раза), пониженное время остаточного горения (более, чем в 10 раз), повышенную грибостойкость (на 1–2 балла), меньшее время изготовления детали (в 20–30 раз), более низкую область отрицательных рабочих температур (на 20°C).

Термоэластопласт марки «Ритефлекс» (Германия) уступает ВТЭП 2-Л по водопоглощению, электроизоляционным свойствам, горючести и рабочей температуре.

Рабочие температуры материала ВТЭП 2-Л находятся в интервале от -60 до +100°C.

Разработанная композиция относится к динамическим термоэластопластам (ДТЭП), которые являются наиболее перспективными материалами, представляющими собой ТЭП на основе полиолефинов, полученные способом динамической вулканизации. Указанный способ заключается в высокоскоростном смешении эластомеров с термопластами с одновременной вулканизацией эластомерной фазы, при котором происходит наиболее тщательное перемешивание компонентов и исключается возможность «сшивки» компонентов на ранних стадиях.

Основными достоинствами и преимуществами технологии получения ДТЭП по сравнению с традиционной технологией получения резин являются:

- исключение длительной энергоемкой стадии вулканизации;
- безотходное и экологически чистое производство благодаря возможности многократной переработки без ухудшения эксплуатационных свойств;
- возможность получать материалы с широким спектром свойств: от эластичных до ударопрочных;
- меньший расход материала для получения изделий (в среднем на 30%);
- широкий температурный интервал работоспособности (от -60 до +150°C);
- термосвариваемость;

– возможность переработки высокопроизводительными методами: инъекционное формование, экструзия, формование с раздувом, которые характерны для переработки пластмасс;

– существенно меньшая стоимость готового изделия [6].

В настоящее время во ФГУП «ВИАМ» ведутся исследования по созданию фторсодержащих термоэластопластов – материалов с повышенными пожаробезопасными свойствами, стойкостью к авиационным топливам и маслам, а также морозостойкостью до -60°C [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Пол Д., Бакнелл К. Полимерные смеси. СПб.: НОТ. 2009. Т. 2. Функциональные свойства. С. 539–575.
2. Мэнсон Дж., Сперлинг Л. Полимерные смеси и композиты. М.: Химия. 1979. С. 25.
3. Термоэластопласты /Под ред. В.В. Моисеева. М.: Химия. 1985. С. 37–75.
4. Ношей А., Мак-Грат Дж. Блок-сополимеры. М.: Мир. 1980. С. 20–58.
5. Мартин Дж.М., Смит У.К. Производство и применение резинотехнических изделий. СПб.: Профессия. 2006. С. 407, 411.
6. Вольфсон С.И. Динамически вулканизированные термоэластопласты: Получение. Переработка. Свойства. М.: Наука. 2004. С. 9–11.
7. Нудельман З.Н. Фторкаучуки: Основы. Переработка. Применение. М.: ООО «ПИФ РИАС». 2007. С. 205–210, 250–260, 309–313.

УДК 620.1

В.А. Ефимов, В.Н. Кириллов, О.А. Добрянская, Е.В. Николаев, А.К. Шведкова

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены отдельные методические вопросы проведения натуральных климатических испытаний полимерных композиционных материалов. На примере стеклопластика СТ-2227М проведено натурное климатическое старение в условиях открытой атмосферной площадки и под навесом. Исследования проводились согласно ГОСТ 9.708 на климатической станции, расположенной в зоне умеренного климата с промышленной атмосферой (г. Москва). Определялись механические свойства, макро- и микроструктура материала при его четырехлетней экспозиции. Показано, что с целью изучения определения возможности протекания необратимых процессов в полимерной матрице композиционного материала вследствие воздействия климатических факторов при натурной экспозиции необходимо определять величину влагонасыщения снятого с экспозиции образца, а также прочность насыщенного влагой и высушенного образца исследуемого материала.

Ключевые слова: натурные климатические испытания, полимерные композиционные материалы, стеклопластики, влагосодержание, диффузия влаги, микроструктура, прочность.

В связи с непрерывно увеличивающейся долей использования полимерных композиционных материалов (ПКМ) в изделиях авиационной техники перед разработчика-