

при формировании действительных агентов вулканизации и распределением оксида цинка с разным размером частиц в полимерной матрице, что требует проведения дополнительных исследований и корректировке дозировок активатора вулканизации в сторону их снижения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шершнев В. А. Развитие представлений о роли активаторов серной вулканизации углеводородных эластомеров. Часть 1 // Каучук и резина. – 2012. – № 1. – С. 31–36.

2. Карманова О. В. Калмыков В.В. Особенности формирования структуры вулканизатов // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2006. – Т. 8. – № 2. – С. 112-116.

3. Карманова О. В., Тихомиров С. Г., Голякевич А. А. Применение новых активаторов вулканизации в производстве резинотехнических изделий / Материалы XXVI научно-практической конференции «Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технологии» М.: ООО НИИШП», 2021. – С. 107–108.

4. Карманова О.В., Тихомиров С.Г., Попова Л.В., Фатнева А.Ю. Исследование свойств резин в присутствии композиционного активатора вулканизации // Каучук и резина. – 2020. – Т. 79. – № 1. – С. 28–31.

УДК 677.494.6:678.82

**Прокопчук Н.Р., Ленартович Л.А.,  
Вишневская Т.А., Асташкевич Е.В.**

(Белорусский государственный технологический университет)

**Можейко Ю.М.**

(ОАО «Могилевхимволокно»)

#### **УСТОЙЧИВОСТЬ К ГОРЕНИЮ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА**

Текстильные материалы на основе волокон ПЭТФ широко применяются во всех отраслях промышленности, сельском хозяйстве и быту. Связано это с уникальными свойствами полиэфирных волокон: помимо высоких технических характеристик (однородность по толщине, высокая прочность, химическая стойкость, устойчивость к многократным деформациям, истиранию), они характеризуются хорошими воздухопроницаемостью, гигиеничностью и гипоаллергенностью. Почти единственный недостаток изделий из полиэфирных волокон – их высокая горючесть [1]. Достаточно эффективными методами огнезащиты синтетических волоконобразующих полимеров являются: внесение замедлителей горения в

расплав полимера, модификация химического состава моносвязей и поверхностная обработка волокон на стадии их получения [2]. Вместе с тем введение замедлителей горения в реакционную смесь на стадии получения полимера или в его расплав приводит к падению физико-механических и волокнообразующих свойств полимерного материала, а поверхностная пропитка замедлителями горения неустойчива к водным обработкам из-за химической инертности полиэфирного материала и бездефектности поверхности его волокон. Поэтому, актуальной является проблема создания волоконной продукции пониженной горючести в сочетании с высокими физико-механическими показателями.

Цель работы – модифицировать полиэтилентерефталат на стадии его синтеза в лабораторных условиях наночастицами диоксида титана ( $\text{TiO}_2$ ); сформировать мононити и их термовытянуть методами, приближенными к промышленной технологии производства полиэфирных нитей на ОАО «Могилевхимволокно»; изучить их стойкость к горению.

Определение стойкости к горению образцов ПЭТФ проводили по ГОСТ 28157-2018 «Пластмассы. Методы определения стойкости к горению» (метод Б). Образцы для испытаний получали из мононитей прессованием при  $270^\circ\text{C}$  в бруски размером  $125 \times 10 \times 2$  мм. Бруски закреплялись вертикально. Пламя газовой горелки подносили к центру свободного конца образца на 10 с. Затем горелку относили от образца и регистрировали время горения образца  $t_1$ . Когда горение образца прекращалось, пламя подносили к образцу повторно. Через 10 с горелку снова относили от образца и регистрировали время горения  $t_2$ . Вычисляли суммарное время горения 5 брусков каждого образца  $t_{с.г.}$ . Под образцом на расстоянии 300 мм от конца помещали слой ваты размером около  $50 \times 50$  мм и толщиной 6 мм. На него падали капли расплава полимера.

Полученные результаты при различном содержании наночастиц диоксида титана представлены в таблице 1. Из таблицы видно, что наблюдается существенное замедление горения ПЭТФ нитей с увеличением в них содержания наночастиц  $\text{TiO}_2$ .

**Таблица 1 – Характеристика горения образцов ПЭТФ**

Композиция	$t_{с.г.}$ , с	Наличие и характер капель, воспламенение ваты
Стандарт ПЭТФ	21	Горящие капли. Вата воспламеняется. Образец под воздействием пламени начинал интенсивно плавиться и литься в виде капель низкой вязкости, за счет этого иногда происходило тушение пламени, т.е. сами горящие капли тушили пламя. Вязкость очень низкая. Возгорание образца происходило сразу же после внесения в пламя и продолжалось и после извлечения образца из пламени.

### Окончание таблицы 1

Композиция	$t_{с.г.}$ , с	Наличие и характер капель, воспламенение ваты
ПЭТФ 0,005% $TiO_2$	13,5	Горящие капли. Вата воспламеняется. Во время горения очень сильно вытягивается в виде волокна, капает отдельными небольшими каплями. Вязкость капель увеличивается, полимер меньше течет. Самостоятельно горит после извлечения из пламени.
ПЭТФ 0,01% $TiO_2$	9	Горящие капли. Вата воспламеняется. Во время горения капает отдельными небольшими каплями, вытягивается в виде волокна. Недолго горит после извлечения из пламени 1-2 с
ПЭТФ 0,015% $TiO_2$	1	Горящие капли. Вата воспламеняется. Вытягивается в виде волокон. После извлечения из пламени не горят, за исключением одного образца -1 с.

Суммарное время горения  $t_{с.г.}$  серии из пяти образцов после двукратного приложения пламени по ГОСТ 28157-2018 (метод Б) и извлечения их из пламени газовой горелки снижалось с 22 с до 1 с. Несмотря на то, что все исследованные образцы по стойкости к горению относятся к категории ПВ-2\* (вата, находящаяся под образцами на расстоянии 300 мм воспламенялась горящими падающими каплями расплава полимера), установленное замедление горения имеет не только научное, но и важное практическое значение. После извлечения образцов из пламени горелки (10 с горения) образец, содержащий 0,015% наночастиц  $TiO_2$ , самостоятельно не горит, после повторного внесения в пламя на 10 с и вынесения из него горение не поддерживает, что соответствует категории ПВ-0.

Требованиям категории ПВ-0 отвечает также суммарное время горения  $t_{с.г.}$  модифицированных образцов, которое значительно меньше 50 с.

С увеличением содержания наночастиц в ПЭТФ поведение расплава в гравитационном поле принципиально изменяется: если капли расплава немодифицированного ПЭТФ большие и падают с большой скоростью, то по мере увеличения концентрации наночастиц  $TiO_2$  скорость падения капель замедляется, и они вытягиваются в волокна. Это свидетельствует об усилении межмолекулярных взаимодействий в расплавах ПЭТФ наночастицами  $TiO_2$  за счет взаимодействия активной поверхности наночастиц с полярными группами  $-COOH$  и  $-OH$  полимера. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о замедлении горения ПЭТФ в присутствии сверхмалых количеств  $TiO_2$ .

Исследования выполняются в рамках задания 4.28 ГПНИ «материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма «Многofункциональные и композиционные материалы».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рева, О.В. Закрепление антипиренов на поверхности полиэфирных волокон / О.В. Рева, А.Н. Назарович, В.В. Богданова // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 107–116.
2. Carosio, F. Influence of surface activation by plasma and nanoparticle adsorption on the morphology, thermal stability and combustion behavior of PET fabrics / F. Carosio, J. Alongi, A. Frache // European Polymer Journal. – 2011. – vol. 47, Issue 5. – P. 893–902. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2011.01.009.

УДК 678.04

**Вишне夫斯基 К.В., Войтов И.В.**

(Белорусский государственный технологический университет)

**Каюшников С.Н., Люштык А.Ю.**

(ОАО «Белшина»)

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ШИН – СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА**

С целью обеспечения выполнения и повышения результативности научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, научного сопровождения инновационных проектов, опытно-промышленной апробации и внедрения в производство результатов научной и научно-технической деятельности учреждением образования «Белорусский государственный технологический университет» совместно с ОАО «Белшина» и концерном «Белнефтехим» в 2014 году была создана отраслевая лаборатория шинной промышленности.

Основными задачами деятельности отраслевой лаборатории являются:

– выполнение научно-исследовательских работ и разработок в целях реализации производственных интересов концерна «Белнефтехим» и подведомственного ему предприятия ОАО «Белшина»;

– комплексное решение технико-экономических задач на действующих производствах ОАО «Белшина» путем совершенствования систем конструирования шин и формующих инструментов и технологии переработки эластомеров, исследования влияния рецептурных и конструктивных факторов на технологические параметры выпуска полуфабрикатов и готовой продукции;