

НАНООКСИДЫ МЕТАЛЛОВ – МОДИФИКАТОРЫ ПЭТ

*Прокопчук Н.Р.¹, д.т.н., член-корр. НАН Б, проф.,
Ленартович Л.А.¹, к.т.н., доц., Можейко Ю.А.², гл. технолог,
Вишневская Т.А.¹, стажер, м.н.с., Касперович О.М.¹, к.т.н., доц.*

¹Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

²ОАО «Могилевхимволокно», г. Могилев, Республика Беларусь

Реферат. Цель работы – модифицировать полиэтилентерефталат (ПЭТ) на стадии его синтеза в лабораторных условиях наночастицами диоксида титана (TiO_2); сформовать мононити и осуществить термовытяжку методами, приближенными к промышленной технологии производства полиэфирных нитей на ОАО «Могилевхимволокно»; изучить их стойкость к горению модифицированного ПЭТ.

Ключевые слова: полиэтилентерефталат, наночастицы, диоксид титана, оксид цинка, устойчивость к горению, ПЭТ-нити.

В данной работе предпринята попытка изучить влияние наночастиц оксидов металлов на свойства ПЭТ-композиций. В литературе [1] имеются сведения о снижении горючести полипропилена наночастицами TiO_2 , введенными в полимер в количестве 5 % масс. При этом предполагается, что наночастицы подавляют процессы дымообразования за счет образования коксового остатка, влияют на формирование защитной пленки, изолирующей полимер от пламени и кислорода воздуха. В работе [2] показано, что шерстяные и шелковые ткани, обработанные суспензией TiO_2 с концентрацией от 0,5 до 10 г/л в сочетании с обычными антипиренами, проявляют замедление горения. Согласно [2], частицы TiO_2 способствуют формированию физического теплоизоляционного барьера, уменьшающего передачу тепла и кислорода между пламенем и волокнами, и тем самым снижающего скорость горения. Однако для получения волокон, сочетающих в себе высокие механические и огнезащитные свойства, необходимо, чтобы сверхмалые количества наночастиц TiO_2 были распределены во всем их объеме максимально равномерно. Это возможно достичь, вводя наночастицы TiO_2 на стадии синтеза полимера, что и осуществлено в данной работе.

Наночастицы оксидов металлов вводили в полимер на лабораторной установке центральной исследовательской лаборатории ОАО «Могилевхимволокно». Наночастицы вводили в реакционную среду дробными порциями в количествах до 0,02 мас.%. Определение стойкости к горению образцов ПЭТ проводили согласно ГОСТу 28157 «Пластмассы. Методы определения стойкости к горению» (метод Б). Механические испытания образцов мононитей проводили на тензомере «Т 2020» (Alpha Technologies, США). Суммарное время горения $t_{с.з.}$ серии из пяти образцов с TiO_2 после двукратного приложения пламени по ГОСТу 28157, метод Б и извлечения их из пламени газовой горелки снизилось с 22 с до 1 с. Несмотря на то, что все исследованные образцы по стойкости к горению относятся к категории ПВ-2 в соответствии с приложением А «Категории стойкости к горению вертикально закрепленных образцов» (метод Б, ГОСТ 28157), т. е. вата, находящаяся под образцами на расстоянии 300 мм воспламеняется горящими падающими каплями расплава полимера, установленное замедление горения имеет не только научное, но и важное практическое значение. После извлечения образцов из пламени горелки после 10 с горения образец ПЭТ, содержащий 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 $t_{с.з.}$ модифицированных образцов, которое значительно меньше 50 с.

Таблица 1 – Характеристика горения ПЭТ-образцов

Композиция	$t_{с.з.}$, с	Наличие и характер капель, воспламенение ваты
Немодифицированный ПЭТ	21	Горящие капли. Вата воспламеняется
ПЭТ 0,005% TiO_2	13,5	Горящие капли. Вата воспламеняется
ПЭТ 0,010% TiO_2	9	Горящие капли. Вата воспламеняется
ПЭТ 0,015% TiO_2	1	Горящие капли. Вата воспламеняется

В результате физико-механических испытаний установлено упрочнение ПЭТ мононитей наночастицами ZnO и TiO_2 (рисунок 1).

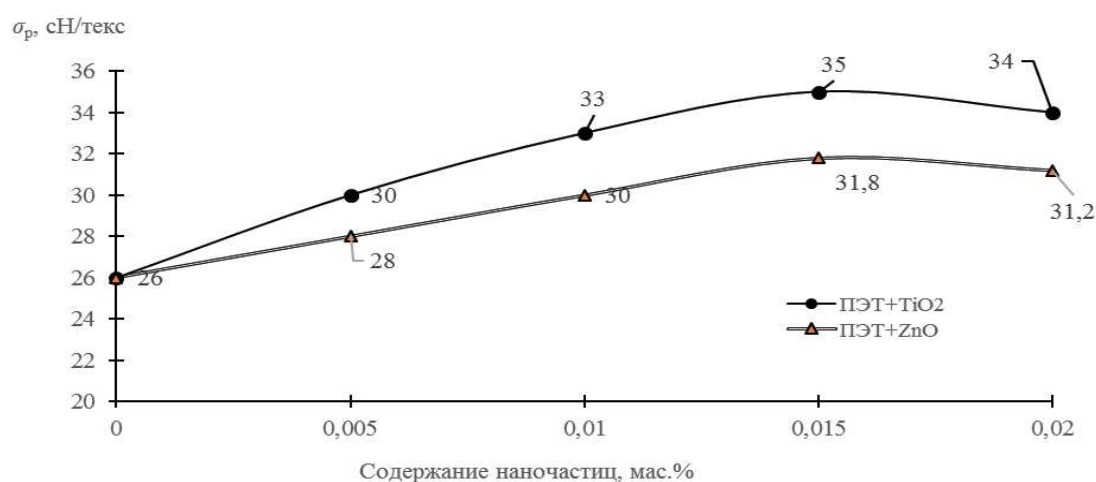


Рисунок 1 – Изменение прочности при разрыве (σ_p) в зависимости от концентрации и типа наноксидов металла

Эффект упрочнения мононитей максимален при концентрации 0,015 мас. % как для композиций с TiO_2 , так и содержащих ZnO. При этом наблюдается увеличение прочности для TiO_2 на 35 % и для ZnO на 22 %. Это существенное упрочнение, имеющее практическое значение. Модуль упругости возрастает на 36 % для композиций, содержащих TiO_2 , и на 21 % – для ZnO. При этом относительное удлинение при разрыве при наномодификации не изменилось и составило 28–30 %, что объясняется одинаковой кратностью термовытяжки всех мононитей.

Таким образом, установлено комплексное положительное влияние наночастиц TiO_2 и ZnO на свойства ПЭТ: замедление горения и упрочнение мононитей. Одновременное замедление горения и упрочнение ПЭТ наночастицами TiO_2 и ZnO, введенными в сверхмалых количествах до 0,02 мас.%, практически важно, т.к. позволяет улучшить важнейшие эксплуатационные свойства ПЭТ-нитей без существенного увеличения их стоимости.

Список использованных источников

1. Серцова, А. А. Наночастицы соединений металлов–замедлители горения для полимерных композиционных материалов / А. А. Серцова, Е. В. Юртов // Получение и модифицирование синтетических волокон и нитей для инновационных материалов, композитов и изделий: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 2–5 сентября 2015 г. / Ивановский гос. химико-технол. университет. – Иваново, 2015. – С. 25.
2. Rashid, M. M. Recent advances in TiO_2 -functionalized textile surfaces / M. M. Rashid, B. Simonci, B. Tomcsic // Surfaces and Interfaces. – 2020. – Vol. 22. – P. 100890. doi:10.1016/j.surfin.2020.100890.