

УДК 678.675

Буря А. И., Томина А.-М. В., Козорез В. С.

Днепродзержинский государственный технический университет. Украина, г. Каменское

ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНА ОКСАЛОН НА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ОРГАНОПЛАСТИКОВ

Исследовано влияние содержания волокна оксалон на термостойкость органопластиков на основе ароматического полиамида фенилон С-1. Испытания показали, что при содержании волокна 10 масс.% термостойкость исходного полимера сдвигается в область более высоких температур. Исследовано влияние граничного слоя «полимер – волокно» на термостойкость органопластиков. Анализ результатов исследований, указывает, что использование термостойкого волокна оксалон, в качестве армирующего наполнителя является перспективным путем повышения термостойкости.

Ключевые слова: фенилон; оксалон; органопластики; волокно; граница.

Введение

В настоящее время имеются технико-экономические предпосылки для широкого применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в промышленности. На основе анализа мирового и отечественного опыта, установлено что традиционные экстенсивные пути снижения материалоемкости машин исчерпали себя, кардинальный поворот обеспечивает широкое применение, причем для машиностроения это не только замена материала, но и переход на новые прогрессивные технологии [1].

Области применения ПКМ многочисленны, благодаря высокой химической стойкости и механической прочности многие композиционные материалы успешно применяются в машиностроении и аппаратостроении вместо дорогостоящих и дефи-

цитных материалов (баббит, бронза и др.), что улучшает эксплуатационные характеристики многих машин и аппаратов [2].

Объекты и методы исследования

В качестве матрицы использовали ароматический полиамид фенилон С-1 (ТУ 6-05-221-101-71) – тонкодисперсный порошок розового цвета с насыпной плотностью 0,2–0,3 г/см³, который предназначен для изготовления изделий методом прямого прессования. Свойства фенилона приведены в табл. 1.

Фенилон С-1 по теплостойкости и комплексу физико-механических характеристик значительно превосходит большинство известных пластмасс. Способен длительное время выдерживать значительные нагрузки, обладает хорошими антифрик-

Таблица 1

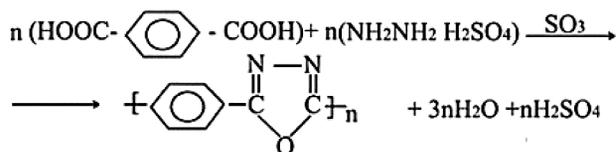
Свойства ароматического полиамида фенилон С-1 [3, 4]

Показатель	Значение
Плотность, кг/м ³ , не более	1350
Ударная вязкость, кДж/м ² , не менее	20
Предел текучести при сжатии, МПа, не менее	220
Твердость, МПа, не менее	180
Температура размягчения по Вика, К, не ниже	543
Усадка после прессования, %, не более	0,6

ционными свойствами и высокой износостойкостью, в 15–25 раз превышающей износостойкость бронзы и 2–3 раза – баббита. Это свойство в сочетании с высокой термостойкостью обусловило применение фенилона С-1 для изготовления подшипников, эксплуатируемых в жестких условиях, например, в прокатных станах [5].

В качестве наполнителя использовалось полиоксадиазольное волокно оксалон. Выбор наполнителя определялся с одной стороны, его прочностными и антифрикционными свойствами табл. 2, а с другой – химическим сродством к полимерной матрице. Для получения полиоксадиазольных волокон в качестве мономеров используют фталевые кислоты и гидразинсульфат, а в качестве растворителя – серную кислоту и олеум, доступные и дешевые продукты массового производства.

Синтез полимера проводится в одну стадию (процесс поликонденсации) на обычном оборудовании для производства химических волокон и протекает практически без выбросов вредных веществ в атмосферу, по реакции:



Главным преимуществом оксалона по сравнению с другими термостойкими волокнами, является доступность и дешевизна исходного сырья, а также простота способов синтеза полимера и формирования волокна, высокая стойкость к действию повышенных температур, огнестойкость, химстойкость, хорошие электроизоляционные свойства.

Приготовление композиций на основе фенилона С-1 содержащих 5–20% дискретного (3 мм) волокна оксалон, осуществлялось методом сухого смешивания в аппарате с вращающимся электромагнитным полем (0,12 Тл) с помощью ферромагнитных частиц, впоследствии извлекаемых методом магнитной сепарации.

Перед формированием полиамид фенилон С-1 необходимо тщательно высушить. Переработка в изделия невысушенного фенилона ухудшает его прочностные показатели, приводит к образованию поверхностных дефектов (раковин, пузырей и др.). Сушка заготовок производилась в термошкафу SPT-200 в течении 2–3 часов при 473–523 К. Таблетка из термошкафа сразу же загружалась в пресс-форму, нагретую до 523 К. После загрузки в пресс-форму материал нагревали до 598 К и выдерживали без давления 10 минут, после чего давали выдержку в 5 минут при давлении 50 МПа и той же температуре. Далее изделие охлаждали при постоянном давлении до температуры 543 К и проводили распрессовку.

Исследование структуры разработанных композитов осуществляли на микроскопе «Биолам М». Плотность образцов определяли аддитивным и гидростатическим методом согласно ГОСТ 15139-69. Исследование микротвердости полученных органопластиков проводили при помощи прибора ПМТ-3М. Изучение термостойкости фенилона С-1 и органопластиков на его основе проводили методом ТГ с использованием дериватографа Q-1500 D системы Паулик–Паулик–Эрдей венгерской фирмы МОМ в интервале температур 298–1273 К со скоростью подъема температуры – 283 К/мин, масса образца составляла 200 мг.

Таблица 2

Основные свойства полиоксадиазольного волокна оксалон [6]

Показатель	Значение
Плотность, кг/м ³	1430–1440
Прочность при растяжении, сН/текс (МН/м ²)	50–70 (7,0–9,8)
Относительное удлинение, %	4–8
Модуль упругости при 1% удлинении, ГПа	30–50
Снижение прочности при повышенной температуре, % при 573 К при 673 К	44–50 70–80
Стойкость к истиранию, число циклов	30000–40000
Температура стеклования, К	593–563

Термостойкость исследуемых материалов

Материал	T_0 , К	T_{10} , К	T_{20} , К	T_{30} , К
Фенилон С-1	303	688	743	823
С-1+5 масс.% оксалона	313	698	753	833
С-1+10 масс.% оксалона	323	783	913	1093
С-1+15 масс.% оксалона	318	713	798	898
С-1+20 масс.% оксалона	323	733	813	923
Волокно оксалон	358	853	987	1127

Изложение основного материала исследований

Одной из важных характеристик полимерных материалов, работающих в экстремальных условиях, является термостойкость, основным методом определения которой является термогравиметрический анализ.

Как видно из рис. 1 контуры всех кривых «потеря массы – температура» аналогичны, то есть разложение ОП протекает подобно чистому полимеру. На первом этапе для всех исследуемых материалов в температурном диапазоне 348–373 К наблюдается уменьшение массы на 2–4% за счет удаление влаги.

Интересно отметить, что исходный полимер теряет 10% массы (T_{10}) при 688 К, в то время как для ОП этот показатель сдвигается на 10–95 градусов в сторону более высоких температур табл. 3. Это можно объяснить уменьшением подвижности молекулярных цепей полимера при армировании, что приводит к повышению его термоокислительной устойчивости.

Интенсивная деструкция как исходного полимера, так и органопластиков на его основе, сопро-

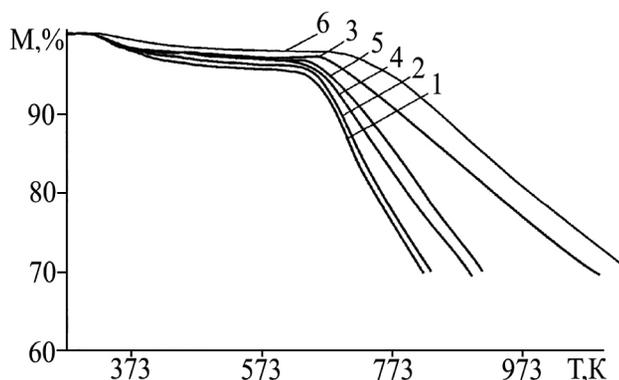


Рис. 1. Кривые ТГА фенилона С-1 (1) и ОП содержащих: 5 (2); 10 (3), 15 (4), 20 (5) масс.% волокна оксалон (6)

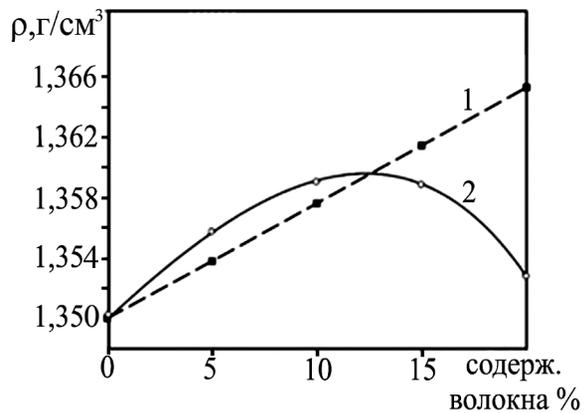


Рис. 2. Аддитивная (1) и гидростатическая плотность (2) исходного полимера, и органопластиков на его основе

вождаемая значительной потерей массы, начинается после 643 К. Судя из данных термогравиметрического анализа, термостойкость ОП увеличивается, проходя через максимум при содержании волокна оксалон 10 масс.% (табл. 3), после чего идет снижение, объясняемое тем, что разрыхление на границе «полимер–волокно (наполнитель)» (рис. 2) начинает превалировать над упорядочением макромолекул связующего [7].

Подтверждением сказанного служит тот факт, что экспериментальная (гидростатическая) плотность ОП содержащих 15–20 масс.% волокна, меньше расчетной (аддитивной), что объясняется снижением плотности упаковки макромолекул на границе раздела «полимер–волокно» [5].

По мере увеличения содержания волокна все труднее становится осуществить равномерное распределение полимера по его поверхности (рис. 3). В ходе формирования поверхностного слоя упаковка макромолекул в нем становится более рыхлой: в силу затруднения протекания релаксационных процессов при формировании органопластиков, содержащих 15–20 масс.% волокна [5].

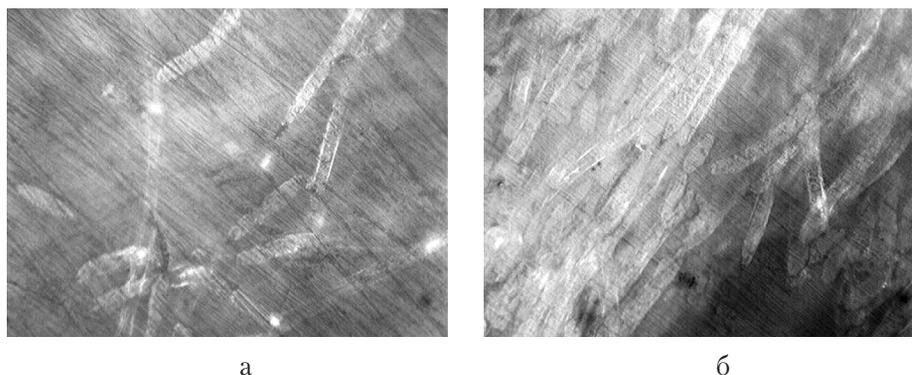


Рис. 3. Микроструктура органопластиков, содержащих: 10 (а); 20 (б) масс.% волокна

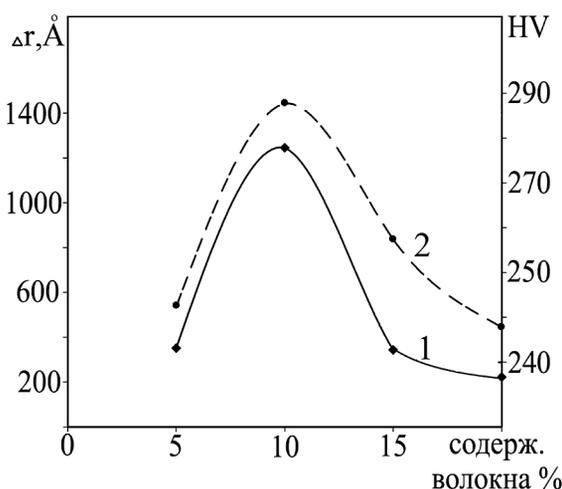


Рис. 4. Влияние содержания волокна на толщину граничного слоя (1) и микротвердость на границе «полимер–волокно» (2) органопластиков

Максимальное значение толщины граничного слоя и микротвердости на границе «полимер–волокно», наблюдается в ОП содержащего 10 масс.% волокна, что можно объяснить высокой адгезией связующего к волокну. Дальнейшее резкое уменьшение данных характеристик (рис. 4), согласно Бикерману заключается в неполном смачивании волокна связующим, поскольку органические (химические) волокна, обладают слабой поверхностной энергией, вследствие чего слабые граничные слои являются причиной нарушения адгезионного контакта между полимером и наполнителем [8].

Выводы

Результаты проведенных испытаний свидетельствуют о том, что армирование фенилона С-1 термостойким волокном оксалон позволяет создать новые полимерные композиционные материалы конструкционного назначения с повышенной термостойкостью, которые можно рекомендовать для

использования в узлах трения машин и механизмов. Заменяя традиционные материалы, в частности баббит и бронзу, на разработанные ОП, можно уменьшить массу конструкций в 5,4 и 6,4 раз соответственно.

Установлено что наибольшей термостойкостью обладает ОП содержащий 10 масс.% волокна. Обнаружено симбатное увеличение толщины и микротвердости граничного, что ведет к увеличению термостойкости данного ОП.

Литература

- [1] Волков Г. М. Композиционные материалы в массовом машиностроении [Текст] / Г. М. Волков //Металловедение и термическая обработка металлов. – 1990. – № 8. – С. 2–7.
- [2] Тарнопольский Ю. М. Перспективы применения композитов в машиностроении [Текст] / Ю. М. Тарнопольский //Изв. АН Латв ССР. – 1989. – № 3. – С. 63–70.
- [3] Машиностроительные материалы: Краткий справочник [Текст] / В. М. Раскатов, В. С. Чуенков, Н. Ф. Бессонова, Д. А. Вейс. – М.: Машиностроение, 1980. – 511 с.
- [4] Справочник по пластическим массам [Текст] / Под ред. В. М. Катаева, В. А. Попова, Б. И. Сажина. – М.: Химия, Изд. 2-е. Т. 2, 1975. – 568 с.
- [5] Карпинос Д. М. Полимеры и композиционные материалы на их основе в технике [Текст] / Д. М. Карпинос, В. И. Олейник. – К.: Наук. Думка, 1981. – 180 с.
- [6] Черкасова Н. Г. Реактопласты, хаотично армированные химическими волокнами [Текст]/ Н. Г. Черкасова, А. И. Буря. – Днепропетровск.: ИМА-пресс. – 2011. – 234 с.
- [7] Липатов Ю. С. Физическая химия наполненных полимеров [Текст] / Липатов Ю. С. – М.: Химия, 1977 – 304 с.
- [8] Липатов Ю. С. Межфазные явления в полимерах [Текст] / Липатов Ю. С. – Киев: Наук. Думка, 1980. – 260 с.

Burya A. I., Tomina A.-M. V., Kozoriz V. S.

Dneprovskii State Technical University. Ukraine, Kamenskoe

INFLUENCE OF FIBER OKSALON ON THE HEAT RESISTANCE ORGANOPLASTICS

The influence of the content oksalon fiber on heat resistance organic plastics based on aromatic polyamide phenylone C-1. Tests have shown that when the fiber content is 10 mass.% of the original heat resistance of the polymer is shifted to higher temperatures. The influence of an interfacial layer «polymer – fiber» on the heat resistance organoplastics. Analysis of the research results indicates that the use of heat-resistant fiber oksalon, as a reinforcing filler is a promising way to improve the heat resistance.

Keywords: phenylone; oksalon; organoplastics; fiber; border.

References

- [1] Volkov G. M. Composite materials in a weight engineering [Text] / G. M. Volkov // Metallurgy and heat treatment of metals. – 1990. – № 8. – P. 2–7.
- [2] Tarnopolsky Y. M. Prospects for the use of composites in mechanical engineering [Text] / Y. M. Tarnopolsky // Publ. of the Latvian SSR. – 1989. – № 3. – P. 63–70.
- [3] Engineering Materials: Quick Reference [Text] / V. M. Raskatov, V. S. Chuenkov, N. F. Bessonov, D. A. Weiss. – M.: Mashinostroenie, 1980. – 511 p.
- [4] Handbook of plastics [Text] / Ed. by V. M. Kataev, V. A. Popova, B. I. Sazhina. – M.: Himiya, T. 2., 1975. – 568 p.
- [5] Karpinos D. M. Polymers and composites based thereon in the technique [Text] / D. M. Karpinos, V. I. Oleinik. – K.: Nayk. Dymka, 1981. – 180 p.
- [6] Cherkasova N. G. Thermosets, chaotically reinforced by chemical fibers [Text] / N. G. Cherkasova, A. I. Burya. – Dnepropetrovsk.: IMA-press. – 2011. – 234 p.
- [7] Lipatov Y. S. Physical chemistry of filled polymers [Text] / Lipatov Y. S. – M.: Himiya, 1977 – 304 p.
- [8] Lipatov Y. S. Interfacial effects in the polymers [Text] / Lipatov Y. S. – K.: Nayk. Dymka, 1980. – 260 p.