

УДК 678.073.001.8

DOI: 10.15587/2312-8372.2019.177394

РЕНГЕНОСТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНОПЛАСТИКІВ НА ОСНОВІ АРОМАТИЧНОГО ПОЛІАМІДУ ФЕНІЛОН

Буря О. І., Томіна А.-М. В., Єрьоміна К. А.

1. Вступ

За останні роки розроблено багато полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), які на ряду з кольоровими металами та керамікою сприяють науково-технічному прогресу у всіх областях сучасної техніки – сільськогосподарської, автомобільної та металургійної [1]. Серед ПКМ конструкційного та триботехнічного призначення великий інтерес являють собою композити на основі ароматичних поліамідів (АП), зміцнених різними хімічними волокнами (ХВ) [2]. Використання ХВ як наповнювача дозволяє отримати ПКМ із високими показниками трибологічних і фізико-механічних характеристик, які в свою чергу залежать від міжмолекулярної взаємодії між матрицею та наповнювачем. Чим більша взаємодія, тим кращі експлуатаційні показники [3]. Тому актуальним є дослідження по встановленню взаємозв'язку між експлуатаційними показниками та міжмолекулярною взаємодією між в'язучим та наповнювачем. Таким чином, *об'єктом дослідження є міжмолекулярна взаємодія між в'язучим та волокнистим наповнювачем, яка чинить великий вплив на триботехнічні та міцнісні характеристики виробів з полімерних композиційних матеріалів.* Враховуючи зазначене, *метою даної роботи є дослідження міжмолекулярної взаємодії між наповнювачем і в'язучим органопластиків (ОП) на основі ароматичного поліаміду фенілону марки С-1, армованого поліоксидіазольним та полісульфонамідним волокном.*

2. Методика проведення досліджень

Ароматичний поліамід фенілон марки С-1 (ТУ 6-05-221-101-71) обрано як полімерну матрицю для створення органопластиків. ПКМ на основі АП характеризуються високими показниками твердості, міцності та жорсткості, стабільністю фізико-механічних показників при підвищених температурах (до 523 К) [4]. Як наповнювач обрали органічні волокна: поліоксидіазольне (Оксалон, виробництво «Світлогорськ Хімволокно», Білорусь) та полісульфонамідне (Танлон Т700, виробництво Шанхай), основні властивості яких наведені в табл. 1. Вибір наповнювачів визначався з одного боку, його технічними характеристиками, а з іншого – дешевизною при виготовленні.

Приготування ОП на основі фенілону, що містять 5–20 мас. % ХВ (довжина 3–7 мм), здійснювали методом сухого змішування в апараті з обертальним електромагнітним полем (0,12 Тл) за допомогою феромагнітних часток. В подальшому, частки вилучали з приготовлених композицій методом магнітної сепарації. Отримані таким чином суміші формували у готові вироби методом компресійного пресування.

Властивості хімічних волокон*

Показник	Величина	
	Оксалон	Танлон
Густина, г/см ³	1,43	1,42
Модуль пружності при розтягуванні, ГПа	10,5	7,45
Відносне видовження при розриванні, %	19–24	20–25
Температура розм'якшення, К	723	640
Температура експлуатації, К:		
– тривалої;	523	523
– короткочасної	673	573
Кисневий індекс, %	28	33

Примітка: * – розроблено на основі даних [5, 6]

Оцінку процесів взаємодії волокон Оксалон і Танлон із полімерним в'язучим здійснювали за допомогою рентгеноструктурного аналізу (РСА) на дифрактометрі «ДРОН-2.0» (Росія) у монохроматичному випромінюванні CoK_α ($\lambda=0,17890$ нм) в інтервалі кутів 2θ від 10° до 80° . Зразки кріпилися в стандартних кварцових кільцях приставки ГП-12 (Росія) гоніометричного обладнання дифрактомету за допомогою пластиліну. Зйомку серій досліджуваних зразків вели в одному режимі, що давало можливість робити оцінку структурних характеристик. Міжплощинну (d_{HKL}) та найкоротшу міжатомну відстань (R_0), середній розмір кристалітів (L) вихідного полімеру та ОП на його основі розраховували за формулами, наведеними у роботі [7].

3. Результати досліджень та обговорення

Аналіз дифрактограм фенілону та органопластиків на його основі, зміцнених органічним волокном Оксалон (рис. 1) показав наступне. Структура вихідного полімеру є аморфною (рис. 1, крива 1), про що свідчить наявність вираженого дифузійного максимуму (гало) в області кутів розсіювання $20\text{--}30^\circ$ рентгенівського випромінювання. Крім того, на дифракційних кривих фенілону чітко проявляється й другий, слабо виражений дифузійний максимум, характерний для аморфних речовин [8].

Введення волокна призводить до зниження ширини дифузійного максимуму в'язучого, пропорційне збільшенню концентрації волокна в полімерній матриці та зникненню другого аморфного гало (рис. 1, криві 2–5). Причиною спостережуваного явища, очевидно, є ближньодіюча структуризація полімерних ланцюгів в'язучого навколо волокна, внаслідок чого утворюються нові структурні елементи – фібрили у прикордонному шарі і на межі поділу «матриця-наповнювач» [9]. Підтвердженням сказаного служить зменшення міжплощинної та найкоротшої міжатомної відстані на 18 і 25 % відповідно, при збільшенні середнього розміру кристалітів на 50 % у порівнянні з вихідним полімером (табл. 2). Це свідчить про міжкомпоненту взаємодію між в'язучим та наповнювачем.

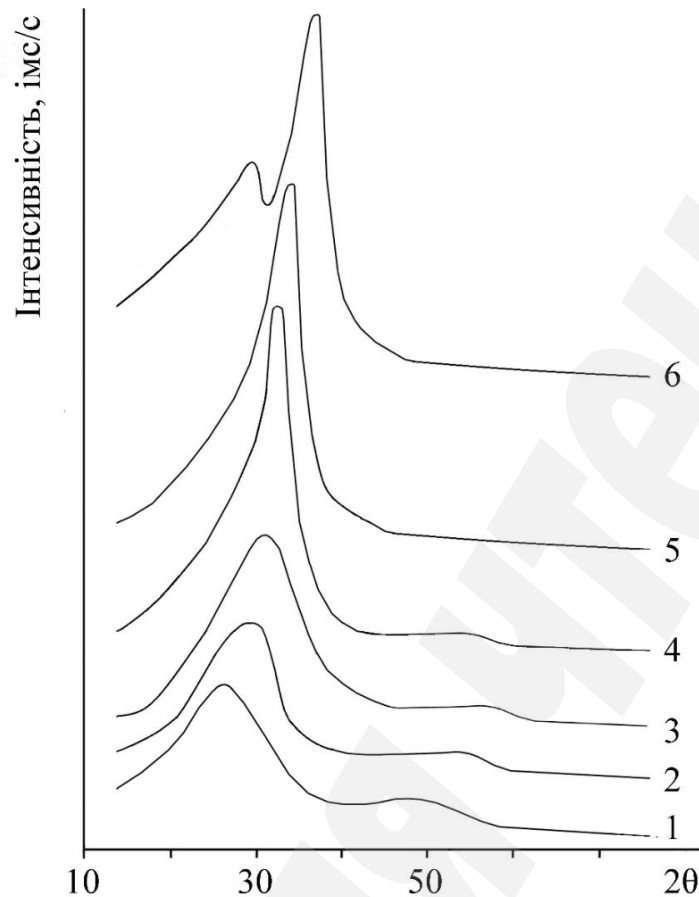


Рис. 1. Дифрактограми вихідного полімеру (1) та органопластиків на його основі, що містять 5 мас. % (2), 10 мас. % (3), 15 мас. % (4), 20 мас. % (5) волокна Оксалон (6)

Таблиця 2

Результати якісного та кількісного аналізу фенілону, армованого волокном Оксалон

Вміст волокна, %	d_{HKL} , нм	R_0 , нм	L_s , нм
0	0,3976	0,4891	3,3664
5	0,3456	0,4251	4,245
10	0,3388	0,4125	5,0816
15	0,3321	0,3961	6,0826
20	0,3231	0,3676	6,8289
100	0,2834	0,3486	10,492

Рентгеноструктурний аналіз органопластиків, армованих волокном Танлон (рис. 2), показав, що введення наповнювача призводить до незначного зменшення міжплощинної. А також найкоротшої міжатомної відстані (на 5 %) при збільшенні середнього розміру кристалітів (на 13 %) у порівнянні з вихідним полімером (табл. 3). Характерно, що другий дифузійний максимум проявляється навіть при досить високій (20 мас. %) концентрації волокна (рис. 2, крива 5) у досліджених композиціях. Цей факт, а також збереження вираженого дифузійного гало в області малих кутів 20–30° дифракції свідчить про те, що структура фенілону є аморфною для всіх досліджених композитів.

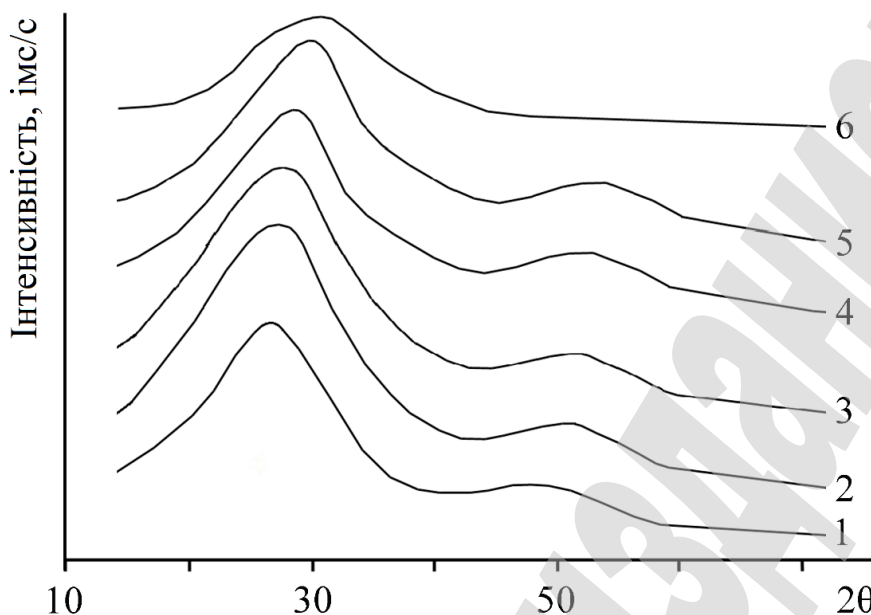


Рис. 2. Дифрактограми вихідного полімеру (1) та органопластиків на його основі, що містять 5 мас. % (2), 10 мас. % (3), 15 мас. % (4), 20 мас. % (5) волокна Танлон (6)

Таблиця 3

Результати якісного та кількісного аналізу фенілону, армованого волокном Танлон

Вміст волокна, %	d_{HKL} , нм	R_0 , нм	L , нм
0	0,3976	0,4891	3,3664
5	0,3867	0,4756	3,4421
10	0,3832	0,4713	3,5120
15	0,3787	0,4671	3,6663
20	0,3746	0,4628	3,8203
100	0,3697	0,4548	3,8400

Дані результати обумовлені тим, що фенілон і наповнювач мають близьку хімічну будову (рис. 3, 4), і як наслідок, схожі значення структурних характеристик (що і підтверджують експериментальні дані, наведені у табл. 2). Тобто волокну Танлон характерна аморфна структура.

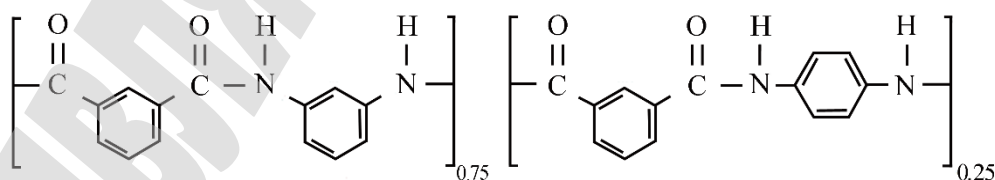


Рис. 3. Хімічна формула фенілону С-1

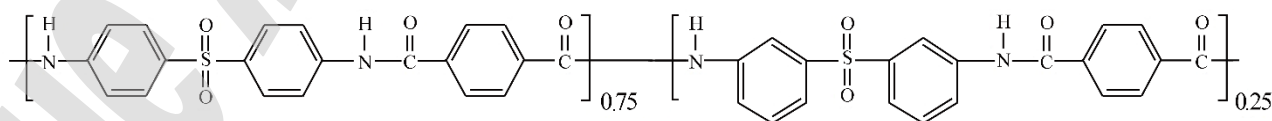


Рис. 4. Хімічна формула волокна Танлон

Отримані результати рентгеноструктурного аналізу добре узгоджуються з показниками трибологічних характеристик даних ОП. Як відомо [10], підвищення зносостійкості ПКМ пов'язано з впорядкуванням надмолекулярної структури в'язучого, тобто трансформацією глобулярної структури у фібрилярну. Так, органопластик, армований волокном Оксалон характеризується кращими трибологічними властивостями в порівнянні з Танлоном [11, 12].

4. Висновки

На основі отриманих результатів встановлено, що армування фенілону ХВ Оксалон сприяє структурній перебудові полімеру в присутності наповнювача: у прикордонному шарі і на межі поділу «матриця-наповнювач» утворюються нові структурні елементи – фібрили. Використання полісульфонамідного волокна як наповнювача не дозволяє досягти даного ефекту. Враховуючи зазначене, можна стверджувати, що кращими показними експлуатаційних властивостей буде характеризуватися ОП на основі фенілону, зміцненого волокном Оксалон, що і підтверджують експериментальні дані [11, 12], проведені авторами раніше.

Література

1. Швецова, О. А. (2016). *Материаловедение*. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 239.
2. Ершова, О. В., Ивановский, С. К., Чупрова, Л. В., Бахаева, А. Н. (2015). Современные композиционные материалы на основе полимерной матрицы. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 4, 14–18.
3. Кулагина, Г. С., Коробова, А. В., Ильичев, А. В., Железина, Г. Ф. (2017). Физические и физико-механические свойства антифрикционного органопластика на основе комбинированного тканого наполнителя и эпоксидного связующего. *Труды ВИАМ*, 10 (58), 69–78.
4. Катаева, В. М. и др. (ред.) (1975). *Справочник по пластическим массам*. Изд. 2-е. Т. 2. Москва: Химия, 568.
5. Fiber materials. *Tanlon*. Available at: <http://en.tanlon.com.cn/Products/fms/> (Last accessed: 11.10.2018).
6. Перепелкин, К. Е. (2009). *Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты*. Санкт-Петербург: НОТ, 380.
7. Burya, A., Yeriomina, Ye., Rybak, T. (2016). X-ray phase analysis of metal polymers based on aromatic polyamide. *Scientific journal of TNTU*, 3 (83), 116–121.
8. Каргин, В. А., Слонимский, Г. Л. (1967). *Краткие очерки по физико-химии полимеров*. Москва: Химия, 232.
9. Липатов, Ю. С. (1977). *Физическая химия наполненных полимеров*. Москва: Химия, 304.
10. Каргин, В. А., Слонимский, Г. Л., Соколова, Т. И. (1966). Связь надмолекулярной структуры с механическими свойствами полимеров. *22nd Annual Technical Conference: Technical papers SPE, Montreal*, 12, 43.

11. Буря, А. И., Томина, А.-М. В., Чернов, В. А. (2016). Влияние содержания волокна оксалон на триботехнические характеристики органопластиков на основе фенилона С-1. *Проблеми трибології*, 4 (82), 11–16.

12. Буря, О. І., Томіна, А.-М. В. (2017). Вплив термостійкого полісульфонамідного волокна на трибологічні властивості органопластиків на основі фенілону С-1. *Проблеми трибології*, 3 (85), 76–80.