

Буря О.І.
Томіна А.-М.В.

Дніпровський державний технічний
університет,
м. Кам'янське, Україна,
E-mail: ol.burya@gmail.com

**ВПЛИВ ТЕРМОСТІЙКОГО
ПОЛІСУЛЬФОНАМІДНОГО ВОЛОКНА НА
ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ
ОРГАНОПЛАСТИКІВ НА ОСНОВІ
ФЕНІЛОНУ С-1**

УДК 678:677.494:620.16

В статті розглянуто безазбестовий фрикційний полімерний композиційний матеріал на основі ароматичного поліаміду фенілону С-1, що містить 5 - 20 мас.% термостійкого полісульфонамідного волокна марки Танлон Т700. За результатами випробувань встановлено, що армування вихідного полімеру полісульфонамідним волокном знижує інтенсивність лінійного зношування та коефіцієнта тертя на 5 - 15 та 12 % відповідно, що дозволить застосовувати розроблений матеріал в гальмівних фрикційних вузлах машин та механізмів, що використовуються в машинобудуванні, хімічній, текстильній промисловості та інших.

Ключові слова: органопластик, полісульфонамід, коефіцієнт тертя, знос, фрикційна полімерна композиція, гальмівні вузли

Вступ

Однією з перспективних областей застосування конструкційних полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) є вузли тертя машин і механізмів, в яких вони працюють без мастильного матеріалу, замінюючи при цьому фосфористу бронзу, білий метал (сплави білого металу) та підшипники кочення [1].

В даний час широкого застосування в вузлах тертя знайшли фрикційні полімерні композиційні матеріали (ФПКМ) [2] з високою тепло- та зносостійкістю при великій механічній міцності, армовані різними типами волокон (хлопові, азбестові, арамідні та ін.), вміст яких сягає від 40 до 70 %. Головною вимогою до ФПКМ є стабільний коефіцієнт тертя та висока зносостійкість [3].

Одними з перспективних матеріалів використовуваних у вузлах тертя, являються ароматичні поліаміди (АП), які через свої високі фізико - механічні (твердість, міцність) та термічні властивості (термостійкість), є основою для створення високоміцних, термостійких волокнистих композиційних матеріалів. Відомий представник АП лінійний гетероцепний полімер – фенілон, який володіючи відмінним рівнем фізико-механічних та теплофізичних властивостей, підвищеною зносостійкістю при терті в парі зі сталлю, здатний працювати при високих температурах (523 - 533 К), також маючи підвищену стійкість до радіації та агресивних середовищ. У ряді випадків фенілон виявляється єдиним матеріалом, що зберігає працездатність вузлів пневмо - і гідравтоматики, що експлуатуються у важких умовах [4, 5].

Мета і постановка задачі

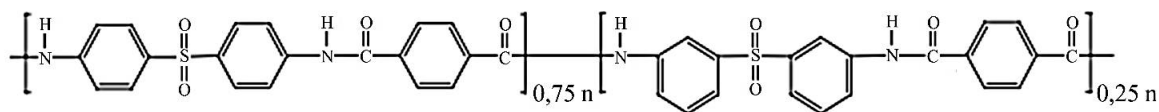
Основним наповнювачем більшості фрикційних матеріалів являється азбест. У 80-ті роки минулого століття в Західній Європі ввели табу на застосування азбесту в гальмівних вузлах, через його канцерогенні властивості. Ця заборона чітко прописана в Правилах ЄЕК ООН. Безазбестові фрикційні полімерні композиційні матеріали являються новим класом, що не містять в своєму складі шкідливого для здоров'я людини азбестового волокна, проте вилучення останнього зі складу ФПКМ значно погіршило їх властивості та поставило задачу з пошуку його ефективних замінників. В зв'язку з цим рішення даної проблеми, пов'язано з пошуком наповнювача, який задовольнив би всі вимоги що висуваються до фрикційного полімерного композиційного матеріалу. Органічні волокна являються одними з перспективних наповнювачів для ФПКМ, головними їх перевагами є – низька маса, високі питомі характеристики при розтягу, висока в'язкість руйнування, хімічна та електромагнітна інертність.

Враховуючи вище сказане, метою даної роботи являлось дослідження триботехнічних характеристик органопластиків на основі ароматичного поліаміду фенілону С-1, армованого полісульфонамідним волокном марки.

Виклад матеріалів досліджень

В якості в'язучого використовували ароматичний поліамід фенілон С-1 (ТУ 6-05-221-101-71) – тонкодисперсний порошок рожевого кольору з насипною густиною 0,2 - 0,3 г/см³, що характеризується наступними властивостями: густина - 1,35 г/см³, ударна в'язкість-20 кДж/м², твердість - 180 МПа, температура розм'якшення за Віка - 543 К. Призначається для виготовлення пластмасових виробів методом прямого пресування [6].

В якості наповнювача вибрали виходячи з ціни, органічне полісульфонамідне волокно марки Танлон Т700 (виробництво Шанхай), наступної будови, основні властивості якого наведені в табл. 1:



Таблиця 1

Властивості полісульфонамідного волокна

Показник	Танлон Т700
Густина, г/см ³	1,42
Модуль пружності при розтягу, ГПа	7,45
Відносне видовження при розриві, %	20-25
Міцність при розриві, сН / дтекс	>3
Температура розм'якшення, К	640
Температура експлуатації, К:	
-тривалої;	523
-короткочасної	573
Кисневий індекс	33

Приготування композицій фенілону С-1 що містять 5 - 20 мас. % [7] органічного полісульфонамідного волокна (5 - 7 мм), здійснювалося методом сухого змішування в апараті з обертальним електромагнітним полем (0,12 Тл) за допомогою феромагнітних частинок, які з приготовленої композиції вилучалися методом магнітної сепарації.

Перед формуванням поліамід фенілон С-1 та композиції необхідно ретельно висушити. Переробка в виробі невисушених матеріалів погіршує їх показники міцності, що призводить до утворення поверхневих дефектів (раковин, пухирів і ін.). Сушка заготовок проводилася в термошафі SPT - 200 протягом 2 - 3 годин при 473 - 523 К. Пігулка з термошафи відразу ж завантажувалася в прес - форму, нагріту до 523 К. Після завантаження в прес - форму матеріал нагрівали до 598 К і витримували без тиску 10 хвилин, після чого давали витримку в 5 хвилин при тиску 50 МПа і тій же температурі. Далі виріб охолоджували при постійному тиску до температури 543 К і проводили розпресування.

Дослідження поверхні тертя розроблених органопластиків (ОП) здійснювали на мікроскопі «Біолам-М». Густина зразків визначали адитивним та гідростатичним методом згідно ГОСТ 15139-69.

Твердість знаходили методом Роквелла за шкалою HRE згідно ГОСТ 9013-59 на твердомірі 2074 ТТР.

Трибологічні характеристики вивчали в умовах тертя без змащення на дисковій машині тертя [8] при тиску 0,6 МПа, швидкості ковзання 1 м/с. Шлях тертя становив 1000 м. Зразки з органопластиків виготовляли циліндричної форми $\varnothing=10$, $h=12$ мм; в якості контртіла використовували сталь 45 (45-48 HRC, $R_a = 0,16-0,32$ мкм).

Коефіцієнт тертя визнали за формулою:

$$f = \frac{F_1 + F_2}{N},$$

де F_1 – сила тертя вихідного зразка;

F_2 – втрати, що виникають при повороті важеля на вістрях в горизонтальній площині. Точність виміру сили тертя складає 5%;

N – нормальне навантаження на зразок.

Знос зразків визначали ваговим методом на аналітичних терезах ВЛР-200 (ГОСТ 24104-80) з точністю 0,0001 г. За основну інженерну характеристику процесу зношування, приймали інтенсивність лінійного зносу I_h [8] виражену співвідношенням:

$$I_h = \frac{\lambda}{\rho_T} \cdot \frac{dG}{A_a \cdot dL_T},$$

де G – величина масового зносу;

ρ_T – густина матеріалу що зношується;

A_a – номінальна площа контакту;

L – шлях тертя.

$$\lambda = \frac{A_a}{A_T},$$

де A_T – номінальна площа тертя.

Приймали $\lambda = 1$, тобто розглядали знос тіла, всі точки поверхні тертя якого знаходяться в контакті.

Шорсткість зразків вимірювали за допомогою профілометру 170621, за допомогою гострої та твердої голки (щупа), що переміщалися по досліджуваній поверхні, копіюючи її нерівності.

Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок що збільшення вмісту армуючого волокна в органопластику, супроводжується зниженням лінійного зносу та коефіцієнта тертя рис.1, при чому зниження особливо інтенсивне до 10 мас.% полісульфонамідного волокна. В подальшому в інтервалі від 15 до 20 мас.% коефіцієнт тертя та знос зразків зменшується на 2 та 9% відповідно, таку зміну досліджених триботехнічних характеристик можна пояснити тим що при армуванні фенілону полісульфонамідом відбуваються два конкуруючих процеси: упорядкування макромолекул в'язучого на межі поділу «полімер – волокно» та розпушення. Підтвердженням сказаного служить той факт що густина ОП визначена гідростатичним методом вища ніж передбачувана адитивна при вмісті 5-10 мас.% наповнювача, а в подальшому при 15-20 мас.% нижча за передбачувану на 10% рис.2.

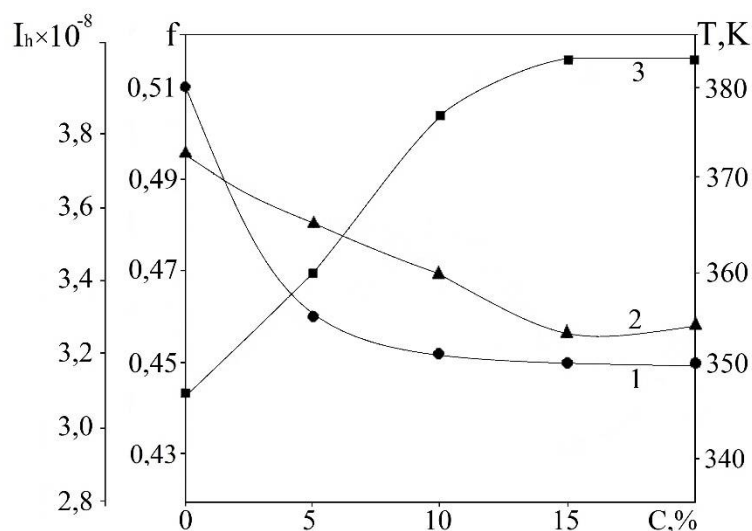


Рис.1 – Вплив вмісту полісульфонамідного волокна на:
1 – коефіцієнт тертя; 2 – інтенсивність лінійного зносу;
3 – температура в зоні контакту

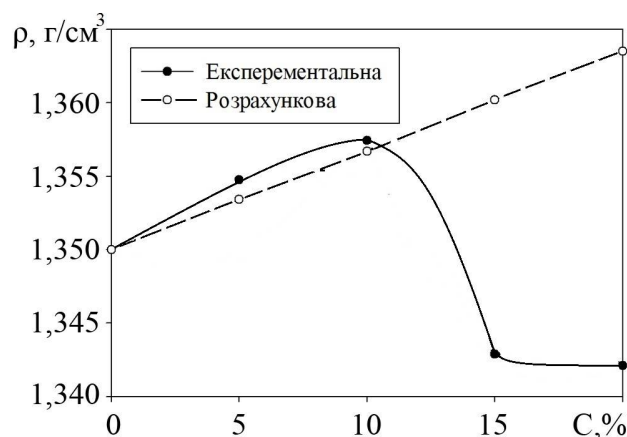


Рис.2 – Густина вихідного полімеру та органопластиків на його основі

Цікаво відзначити що зміна твердості ОП добре корелює з результатами трибологічних властивостей, максимальна зносостійкість та твердість (рис. 3) спостерігаються при вмісті волокна 15 мас. %.

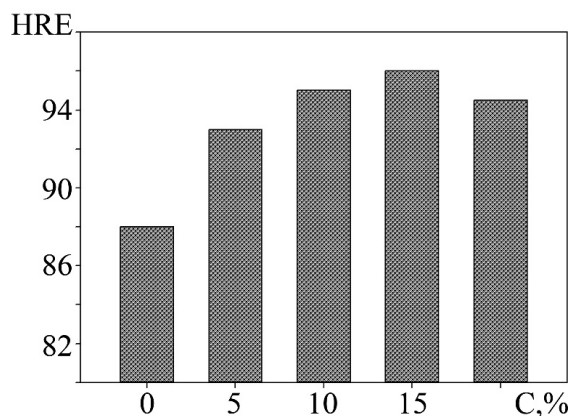


Рис. 3 – Твердість вихідного полімеру та органопластиків на його основі

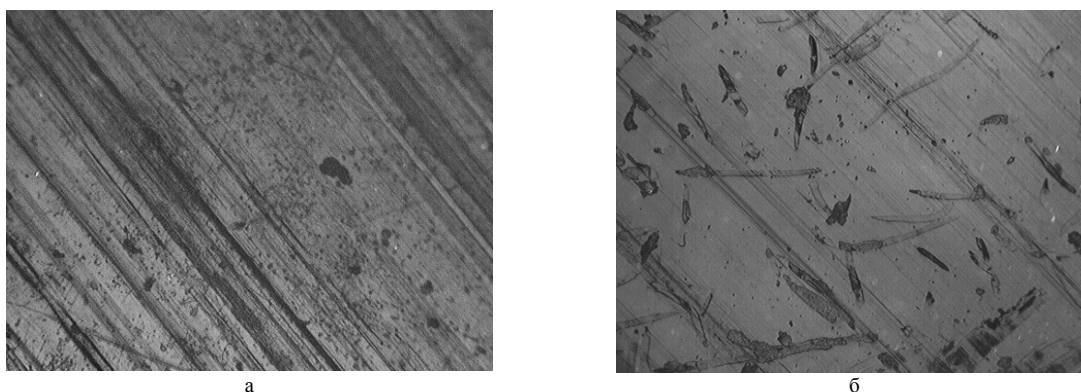


Рис.4 – Мікроструктура поверхні тертя фенілону С-1 (а) та органопластику на його основі що містить 15 мас.% (б) волокна ($\times 200$)

Дослідження поверхні тертя чистого полімеру (рис.4 а), показало що на його поверхні утворюються глибокі борозни ($R_a=0,47$). При введенні наповнювача (рис. 4 б) при стиранні зразків утворюється гладка склоподібна поверхня ($R_a=0,3$), на якій чітко видні хаотично розподілені волокна, продукти зносу утворюються в незначній кількості і в основному видаляються в процесі тертя за межі контртіла, що свідчить втомлювальний механізм зношування [9]. Зменшення борозен проорювання у ОП пояснюється зростанням їх твердості в порівнянні з вихідним полімером на 8% (рис.3).

Висновки

Аналіз результатів трибологічних властивостей розроблених органопластиків, свідчить що використання органічного волокна - Танлон Т700, в якості наповнювача є перспективним шляхом підвищення трибологічних властивостей вихідного полімеру: зменшення інтенсивності лінійного зносу 15% при досить високому коефіцієнті тертя, що дозволяє рекомендувати їх для заміни фрикційних композиційних матеріалів, що містять азбест (наприклад, фрикційний азбестовий матеріал ЕМ-3), при виготовленні накладок для деталей, що застосовуються в гальмових фрикційних вузлах машин і механізмів.

Література

1. Богданович С.П. Термомеханическая спектрометрия продуктов фрикционного взаимодействия, образующихся при трении компатибилизированной смеси ПА6/ПЭВП по стали / С.П. Богданович, Ю.А. Ольхов, С.С. Песецкий // Трение и износ. – 2008. – Т.29, № 6. – С. 583 – 595.
2. Акустическое исследование физико-механических свойств фрикционных полимерных композитных материалов / А.Д. Насонов, Ф.М. Бетеньков, А.М. Белоусов [и др.] // Ультразвук и термодинамические свойства вещества. – 2006. - № 33. – С. 43 – 47.
3. Барон Ю.М. Технология конструкционных материалов: [учебник для вузов.] / Ю.М. Барон–

СПб.: Питер, 2012. – 512 с.

4. Протонная магнитная релаксация в ароматических полиамидах при сорбции водяного пара / Т.В. Смотрина, Ю.С. Чулкова, Д.В. Карасев [и др.] // – Журнал Физической химии. – 2009. – Т.83, №7. – С.1346 – 1351.

5. Лахтин Ю.М. Материаловедение: [учебник для высших технических учебных заведений. -3 – е изд. перераб. и доп.] / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева– М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

6. Технология производства химических волокон: / [Рязов А.Н., Груздев В.А., Бакшеев И.П. и др.]; [учебник для техникумов. – 3 – е изд. перераб. и доп.] – М.: Химия, 1980 – 448 с.

7. Буря А.И. Трение и изнашивание органопластиков на основе полиамида-6 / А.И. Буря // Трение и износ. - 1998. – Т.19, № 5 - С. 671 – 676

8. Методика расчетной оценки износостойкости поверхностей трения деталей машин / [И.В. Крагельский, Г.М. Харач, А.В. Блюмен и др.]. - М.: Издательство Стандартов, 1979. - 100 с.

9. Билик Ш.М. Пары трения металл-пластмасса в машинах и механизмах / Билик Ш.М. – М.: Машиностроение, 1965. – 312 с.

Поступила в редакцію 25.09.2017

Burya A.I., Tomina A.-M.V. The effect of heat-resistant polysulfonamide fiber on the tribological properties of organoplastic based on phenylone C-1.

Over the past few years there have been revolutionary changes in the automotive industry, in the manufacture of brake linings associated primarily with a radical increase in the proportion of friction composite materials (FCM), which are a multipurpose material that characterizes progress in this industry: improving quality; improving overall reliability; cost optimization; weight reduction; increased corrosion resistance.

In the coming years, the use of domestic friction non-asbestos composite materials possessing high heat resistance and wear resistance at high mechanical strength, reinforced with various types of fibers in particular organic ones, seems promising in modern vehicles, the common advantages of which are low mass, high specific characteristics at stretching, high fracture toughness, chemical and electromagnetic inertness.

The article deals with the non-asbestos frictional polymeric composite material on the basis of aromatic polyamide phenylone C-1 containing 5-20 wt% of heat-resistant polysulfonamide fiber brand Tanlon T700. According to the results of the tests it was established that the reinforcement of the initial polymer with polysulfonamide fiber reduces the intensity of linear wear and friction coefficient by 5-15 and 12% respectively, which will allow application of the developed material in the brake friction units of machines and mechanisms that used in machine building, chemical, textile industry and others.

Keywords: organoplastic, polysulfonamide, coefficient of friction, wear, frictional polymer composition, brake hubs.

References

1. Bogdanovich S.P., Olkhov Yu.A., Pesetskiy S.S. Termomechanicheskaja spektrometrija produktov frikcionnogo vzaimodejstvija, obrazujushhihsja pri trenii kompatibilizirovannoj smesi PA6/PJeVP po stali, S.P. Bogdanovich, *Trenie i iznos (Friction and Wear)*, 2008, No 29 (6), pp. 583–595.
2. Nasonov A.D., Beten'kov F.M., A.M. Belousov i dr. Akusticheskoe issledovanie fiziko-mechanicheskikh svojstv frikcionnyh polimernyh kompozitnyh materialov, *Ul'trazvuk i termodinamicheskie svojstva veshhestva*, 2006, No 33, pp. 43–47.
3. Baron Ju.M. Tehnologija konstrukcionnyh materialov: [uchebnik dlja vuzov.], Ju.M. Baron– SPb.: Piter, 2012, 512p.
4. Smotrina T.V., Chulkova Ju.S., Karasev D.V. i dr. Protonnaja magnitnaja relaksacija v aromatičeskikh poliamidah pri sorbcii vodjanogo para, *Zhurnal Fizicheskoj himii*, 2009, No 83 (7), pp. 1346–1351.
5. Lahtin Ju.M. Leont'eva V.P. Materialovedenie: [uchebnik dlja vysshih tehničeskikh uchebnyh zavod. -3 – e izd. pererab. i dop.], M.: Mashinostroenie, 1990, 528 p.
6. Rjazov A.N., Gruzdev V.A., Baksheev I.P. i dr. Tehnologija proizvodstva himičeskikh volokon: /.; [uchebnik dlja tehnikumov. – 3 – e izd. pererab. i dop.], M.: Himija, 1980, 448p.
7. Burya A.I. Trenie i iznashivanie organoplastikov na osnove poliamida-6, *Trenie i iznos (Friction and Wear)*, 1998, No 19 (5), pp. 671–676.
8. Kragel'skij I.V., Harach G.M., Bljumen A.V. i dr.. Metodika raschetnoj ocenki iznosostojkosti poverhnostej trenija detalej mashin, M.: Izdatel'stvo Standartov, 1979, 100 p.
9. Bilik Sh.M. Pary trenija metall-plastmassa v mashinah i mehanizmah, M.: Mashinostroenie, 1965, 312p.