

УДК 621.891

**INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE PISTON-CYLINDER FRICTION
PAIR OF PUMPS FOR AUTOMOTIVE EQUIPMENT**

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПАРИ ТЕРТЯ ПОРШЕНЬ-ЦИЛІНДР НАСОСІВ
АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

Свідерський Владислав, Медведчук Олександр, Олятівський Олексій

*Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016*

The analysis of the operation of the high-pressure car wash and the axial piston pump included in its composition was performed. The choice of material for replacing the base material of the axial pump piston is justified. Increasing the wear resistance of composite polymer materials based on aromatic polyimide PM-69 was carried out as a result of their modification with graphite and non-woven powders.

У автомобільній галузі широко використовується насосне обладнання. Автомийки стали невід'ємною частиною кожної станції технічного обслуговування, проте витрати на миття транспортних засобів є значними. Цю проблему можна вирішити шляхом придбання мийки високого тиску – компактного спеціалізованого пристрою, що забезпечує потужний водяний струмінь [1].

Конструкція мийки високого тиску включає електродвигун, насос, автоматичний вимикач двигуна, шланг для подачі води, шланг високого тиску з рукояткою-пістолетом, різні насадки, кабель для підключення до мережі та захисний корпус. Вихідний вал двигуна через редуктор приводить в дію аксіальний поршневий насос, який може створювати тиск до 20 МПа [1]. Насос, зазвичай забезпечує тиск у межах 10–16 МПа, що є оптимальним для побутових автомилок.

Найчастіше застосовують аксіальний поршневий насос із похилим диском. У литому корпусі розміщений блок циліндрів, у яких рухаються поршні. Вони спираються на похилий диск, що обертається електродвигуном. Перемикання виходу циліндрів здійснюється гідророзподільвачем. Під час обертання диска він по черзі натискає та відпускає поршні, створюючи високий тиск на виході насосу. У деяких конструкціях осьових аксіальних насосів нерухомим залишається диск, а обертається блок циліндрів, проте принцип роботи залишається незмінним.

Корпус насосу може виготовлятися з різних металів або сплавів, зокрема з алюмінію чи нержавіючої сталі, а поршні – зі спеціально загартованої сталі. У професійних моделях перспективним є використання поршнів із металокераміки та термостійких композиційних полімерних матеріалів [2–4].

Аналізуючи роботу мийок високого тиску, потенційні покупці часто цікавляться їхнім моторесурсом. Важливо розуміти, що такі агрегати мають обмежений термін експлуатації: поршневі блоки швидко зношуються, а двигуни можуть перегріватися. Побутові моделі мийок високого тиску зазвичай розраховані на 30–60 годин роботи.

Мета даної роботи полягала в обґрунтуванні вибору та підвищенні зносостійкості пари тертя поршень – циліндр насосу автомийки високого тиску за рахунок застосування поршнів, виготовлених з термостійких композиційних матеріалів на основі ароматичного полііміду ПМ-69.

Області використання ароматичного полііміду ПМ-69 визначають, перш за все, комплексом їх фізико-механічних властивостей [5; 6].

Завдяки своїм в'язкопружним та міцнісним характеристикам ці матеріали є незамінними для виготовлення ущільнень, що працюють під високим тиском та зазнають ударних

навантажень. Деталі з ароматичного полііміду ПМ-69 здатні витримувати навантаження, наближені до допустимих для кольорових металів і сплавів, при цьому їх зносостійкість перевищує показники металів. Це стало підставою для рекомендації використання їх в якості поршнів насосів автомийок високого тиску.

За комплексом фізико-механічних показників ароматичний поліамід Фенілон-С2 і ароматичний поліімід ПМ-69 переважають більшість промислових пластмас. Фенілон С-2 через наявність в макромолекулах полімеру амідних зв'язків здатний сорбувати вологу з повітря і поглинати воду при знаходженні у воді та водних розчинах. Швидкість сорбції значно зростає при підвищенні температури (коефіцієнт дифузії змінюється від 10^{-11} за 20°C до 10^{-8} за 100°C), однак рівноважна кількість вологи, що поглинається не залежить від температури і складає для Фенілону С-2 9–10 мас. %. Поглинання води Фенілоном С-2 супроводжується збільшенням розмірів виробів, однак приріст їх об'єму завжди менший від об'єму вологи, що поглинається.

Значно менше водопоглинання має ароматичний поліімід ПМ-69 – 0,2–0,3 мас. % і в цьому його суттєва перевага перед ароматичним поліамідом Фенілон С-2.

Підвищення зносостійкості композиційних полімерних матеріалів на основі ароматичного полііміду ПМ-69 здійснено в результаті модифікації їх порошками графітів та політетрафторетилену.

Випробування на зносостійкість проведені на установці ХТІ-72 [5]. Антифрикційні дослідження виконувались за схемою контакту – «сфера–площина». Режим змінних граничних питомих навантажень при постійному нормальному навантаженні, зразки висотою $(10\pm 0,1)$ мм і діаметром $(10\pm 0,1)$ мм з кінцевою сферою радіуса 6,35 міліметра контактували сферою по площині металевого контртіла діаметром $(60\pm 0,15)$ мм і висотою $(10\pm 0,15)$ мм. Металева контртіла було виготовлено із сталі 10Х17Н13М3Т та оброблено до початкового середнього арифметичного відхилення профілю поверхні $Ra = 0,2\pm 0,03$ мкм.

Встановлено, що ароматичний поліамід Фенілон С-2 і ароматичний поліімід ПМ-69 доцільно модифікувати графітом, вуглецевими волокнами, нітридом бору, фторопластом-4 і іншими наповнювачами [5; 6]. Так, виявлено, що ароматичний поліамід Фенілон С-2, модифікований графітом С-1 значно краще, ніж не модифікований, витримує дію високих температур.

При нагріванні у цього матеріалу в меншій мірі знижується міцність і особливо жорсткість. Модуль пружності не модифікованого матеріалу за 260°C складає тільки 40% від значення за 23°C , в той час як модифікованого – більше 70%. При введенні наповнювача спостерігається підвищення модуля пружності за кімнатної температури наближено на 20%. Але при підвищенні температури цей ефект значно підсилюється: за 260°C модуль пружності модифікованого матеріалу виявляється вищим, ніж не модифікованого, вже на 120%.

Однак, міцність при стискуванні композиційних матеріалів на основі ароматичного поліаміду Фенілон С-2 при їх наповненні графітом С-1 або фторопластом-4 в кількості, що перевищує 30 мас. % суттєво зменшується. Тому для того, щоб зберегти достатньо високу твердість і міцність матеріалу, а також найбільшу зносостійкість пропонується вводити до складу композиційних матеріалів на основі ароматичного поліаміду Фенілон С-2 і ароматичного полііміду ПМ-69 20–30 мас. % наповнювача [5; 6].

За результатами експериментів розраховували чинник зношування (інтенсивність об'ємного зношування) для шляху тертя ΔS_i км:

$$I_i = \frac{\Delta V_i}{N_i \cdot \Delta S_i}; \quad (1)$$

де ΔV_i – зміна об'єму i -зразка на проміжку шляху тертя від 0 до 1 км (нелінійна залежність зношування від шляху тертя) і на проміжку шляху тертя від 1 до 5 км (лінійна залежність зношування від шляху тертя).

Нормальне навантаження на один зразок складало $N_i = 100$ Н, швидкість ковзання $V = 0,3$ м/с, температура, заміряна на відстані 0,5–1 мм від поверхні контртіла, $T = (313 \pm 2)$ К при випробуванні в середовищі дистильованої води. Дослідження здійснювали на шляху тертя S_1 . На рисунку представлені результати дослідження другого етапу для шляху тертя $S_2 = 5$ км.

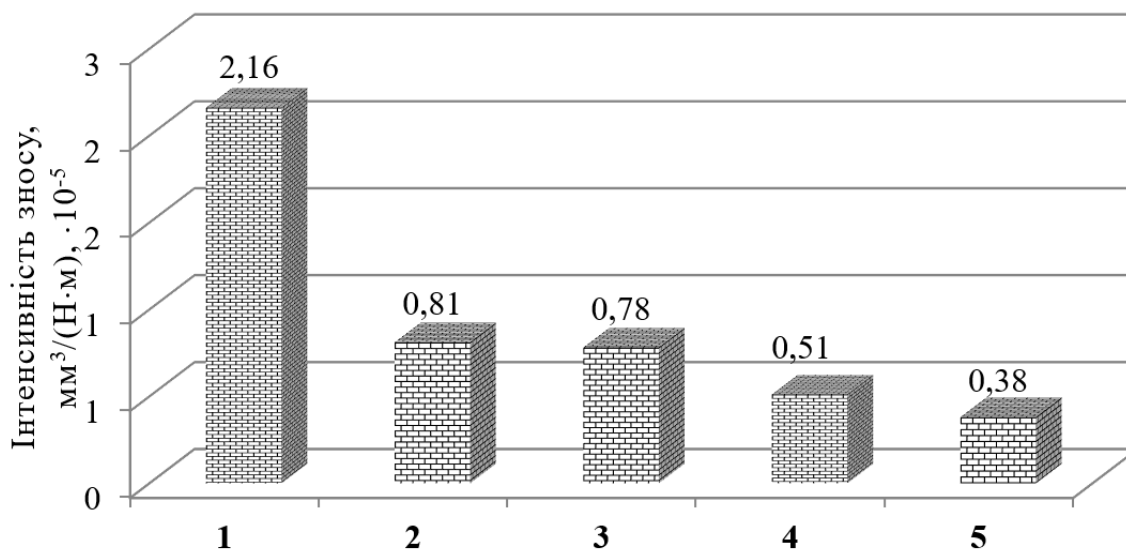


Рисунок. Гістограма інтенсивності зносу ароматичного полііміду ПМ-69 та композиційних матеріалів на його основі: 1 – ароматичний поліімід ПМ-69; 2 – ароматичний поліімід ПМ-69 (80 мас. %) + вуглецеве волокно з тканини ТГН-2М (20 мас. %); 3 – ароматичний поліімід ПМ-69 (80 мас. %) + політетрафторетилен (20 мас. %); 4 – ароматичний поліімід ПМ-69 (80 мас. %) + графіт С-1 (20 мас. %); 5 – ароматичний поліімід ПМ-69 (80 мас. %) + політетрафторетилен (40 мас. %)

Встановлено, що з композиційних матеріалів на основі ароматичного полііміду ПМ-69 високу зносостійкість мають композити, наповнені 20 мас. % графіту або фторопласту-4. Найкращим за зносостійкістю з досліджених матеріалів є матеріал на основі ароматичного полііміду ПМ-69 (60 мас. %) та фторопласту-4 (40 мас. %).

Таким чином, для виготовлення поршнів або вкладишів циліндрів аксіального насосу автомийки високого тиску доцільно застосування композиційних матеріалів на основі ароматичного полііміду ПМ-69, модифікованих графітом С-1 або політетрафторетиленом.

1. Аксіальний поршневий насос – конструкція. URL: <https://studfile.net/preview/3104329/page:3>. (дата звернення: 10.03.2025).

2. Гетьманчук Ю. П., Братичак М. М. Хімія та технологія полімерів. Львів : Бескид Біт, 2006. 496 с.

3. Yong-Ji Song, Shuang-He Meng, Fu-Dong Wang, Cai-Xia Sun, Zhi-Cheng Tan. Thermochemical study on the properties of polyimide BPADA-m-PDA. *Thermochimica Acta*. 2002. Vol. 389. № 1–2. P. 19–24.

4. Буря О. І. Полімерні композити: одержання, властивості, застосування. Дніпропетровськ : Федорченко А. А., 2010. 383 с.

5. Сіренко Г. О. Створення антифрикційних композитних матеріалів на основі порошків термостійких полімерів та вуглецевих волокон : дис. ... д-ра техн. наук / Ін-т матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАНУ. Київ, 1997. 431 с.

6. Синтез, властивості і застосування полімерів та композитів на їх основі / за ред. Бурі О. І. Вибрані праці. Дніпропетровськ : Пороги, 2005. 308 с.