

Свідерський В.П.,**
Константинова Т.Є.,*
Даніленко І.А., *
Олександренко В.П.,**
Кириченко Л.М.*

Донецький фізико - технічний інститут
 НАН України, м. Київ, Україна
 ** Хмельницький національний університет,
 м. Хмельницький, Україна
 E-mail: svidersky.vladyslav@gmail.com

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ
 ЗАМИКАЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ КІЛЬЦЕВОГО
 КЛАПАНА КОМПРЕСОРА
 АВТОМОБІЛЬНОЇ
 ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ**

УДК 620.178

Виконано аналіз умов роботи самодіючого кільцевого клапана. Дослідження зносостійкості та механічних властивостей композиційних фторопластових матеріалів модифікованих вуглецевим волокном, коксом і нанопорошком діоксиду цирконію показали доцільність їх застосування для виготовлення замикаючих елементів клапанів.

Ключові слова: фторопластові матеріали, нанопорошок діоксиду цирконію, вуглецеві волокна, кокс, антифрикційні та механічні властивості, замикаючі елементи клапана.

Вступ

Вдосконалення технологічних процесів у багатьох галузях техніки приводить до форсування режимів роботи і теплонапруженості вузлів тертя. Вузли тертя стали лімітуючими складовими частинами при експлуатації машин і механізмів і, в першу чергу, компресорів.

Незважаючи на те, що протягом останніх років розроблено велику кількість антифрикційних матеріалів на основі полімерів, проблема працездатності вузлів тертя із застосуванням цих матеріалів в компресорах без мащення або при обмеженому мащенні середнього та високого тисків для різних газів залишається гострою.

Про техніко - економічне значення застосування антифрикційних полімерних матеріалів нового покоління і підвищення зносостійкості вузлів тертя без мащення свідчить те, що створення сучасних компресорів для стиснення природного газу і застосування їх в автомобільних газонаповнювальних компресорних станціях (АГНКС) приведе до економії пально-мастильних матеріалів. При цьому економія палива очікувалася 10 - 12 млн т на рік із розрахунку економії 10 т бензину на 1 авто. Переваги переведення авто на газ наявні: його не розбавляють, він має меншу собівартість і не такий обтяжливий для двигуна, як рідке паливо. Крім економії пально-мастильних матеріалів, переведення авто на природний газ дозволяє знизити викиди в атмосферу оксидів вуглецю, азоту та інших шкідливих речовин приблизно на 35 - 40 відсотків.

Створення і експлуатація компресорів АГНКС потребує застосування ефективних полімерних матеріалів ущільнюючих елементів та деталей клапанів, які були б спроможні працювати при тиску нагнітання до 25 - 32 МПа, температурі до 423 К і режимі роботі до 8000 - 15000 год без мащення [1].

Україна ввійшла в першу п'ятірку країн світу за кількістю автовок з газобалонним обладнанням. На кінець минулого року в нашій країні налічувалося 2,25 мільйона автомобілів, які використовують скраплений газ (LPG). Як зазначено у щорічній доповіді світової асоціації WLPGA, це близько 9 % світового автопарку. Торік споживання автогазу зросло до 1,35 млн тонн. За даними «Укрпромзвнішекспертизи», це вдвічі більше, ніж три роки тому. У 2015 - 2016 роках було зафіксовано збільшення споживання автогазу на рівні 25 - 27 % щорічно. Це була відповідь автомобілістів на здорожчання бензину. Якщо порівнювати в літрах, то споживання автогазу майже зрівнялось із споживанням бензину (2,54 млрд газу проти 2,65 млрд літрів бензину). Цього року темпи зростання ринку автогазу сягнуть 15 %.

Популярність машин, які працюють на скрапленому газі в Україні пояснюється низькою платоспроможністю населення, що спричинило масову відмову від споживання бензину та переобладнання машин на дешевше пальне, яким є скраплений нафтовий газ.

Постановка проблеми

Самодіючі клапани поршневих компресорів, що працюють без мащення циліндро-поршневих груп відносять до найбільш відповідальних вузлів компресорів автомобільних газонаповнювальних станцій. Вони суттєво впливають на дві важливі характеристики поршневого компресора – економічність роботи та надійність.

Клапани повинні спричиняти по можливості малий газодинамічний опір потоку газу, що крізь них протікає, мати розвинутий прохідний перетин, відкриватись під дією невеликої різниці тисків до і після клапана, а у відкритому стані працювати без вібрацій рухомих елементів. Відступ від цієї вимоги приводить до збільшення енергії, що затрачується на проштовхування газу, і зниження економічності роботи компресора. Пластини і пружини клапанів повинні мати необхідну міцність, тобто вони повинні на протязі довгого часу витримувати статичні і динамічні (ударні) навантаження, що виникають при роботі клапана. Іншими словами, клапан повинен мати достатню надійність, тобто зберігати роботоздатність на протязі заданого напрацювання: не менше 1000 годин до відмови пластини клапана.

В сучасних поршневих компресорах затрати потужності на подолання опору клапанів складають біля 10 % від номінальної. В ряді випадків, особливо в пересувних і спеціальних (високого тиску) компресорах ці витрати досягають 20 - 30 % від загальної потужності [2]. Зниження цих затрат, враховуючи велику кількість поршневих компресорів в нашій країні, є актуальною задачею.

Не менш актуальна проблема підвищення надійності клапанів. Як показує досвід експлуатації поршневих компресорів, найбільша кількість вимушених їх зупинок викликана відмовами клапанів. Різноманітність вимог, що пред'являються до клапанів була причиною появи досить різних конструкцій.

Кільцеві самодіючі клапани (рис. 1, а) складаються з сідла 1 з концентричними каналами для проходження газу, що з'єднуються радіальними перемичками, кільцевих пластин 3, що перекривають ці канали, і обмежувача підняття пластин 2, котрий теж має концентричні канали, зсунуті відносно каналів сідла по діаметру каналу. В обмежувачеві підняття розташовані пружини 4, що притискають пластини до сідла, закриваючи клапан. Весь клапан затягується шпилькою 5, що розташована в центрі. При відкритті клапана пластина ковзає по направляючому виступу обмежувача. Для попередження повертання деталей одна відносно одної є фіксуєчий штифт. Кільцеві канали можуть виконуватись або з кільцевою концентрично розташованою спіральною пружиною, окремою для кожної пластини (при малих посадочних діаметрах), або з точковими пружинами, що розташовані по колу кожного кільця.

Зі збільшенням швидкохідності компресорів зростають ударні навантаження в пластинах. При цьому, з однієї сторони, частіше відбувається руйнування пластини, з іншої – пластина, що вдаряється в обмежувач, відскакує від нього і деякий час здійснює коливальний рух між сідлом і обмежувачем, заважаючи тим самим проходженню газу в клапані. Для зниження сили удару кільцеві пластини іноді виготовляють подвійними, причому верхнє кільце, що знаходиться зі сторони обмежувача, є демпфером. З тією ж метою виготовляють демпфери у вигляді газових камер. В обмежувачеві підняття пластини можуть бути влаштовані кільцеві канавки, в які з малим зазором входять пластини. При піднятті пластини закнута там газ утворює пружну подушку, і при виході пластин з канавки в ній створюється розрідження.

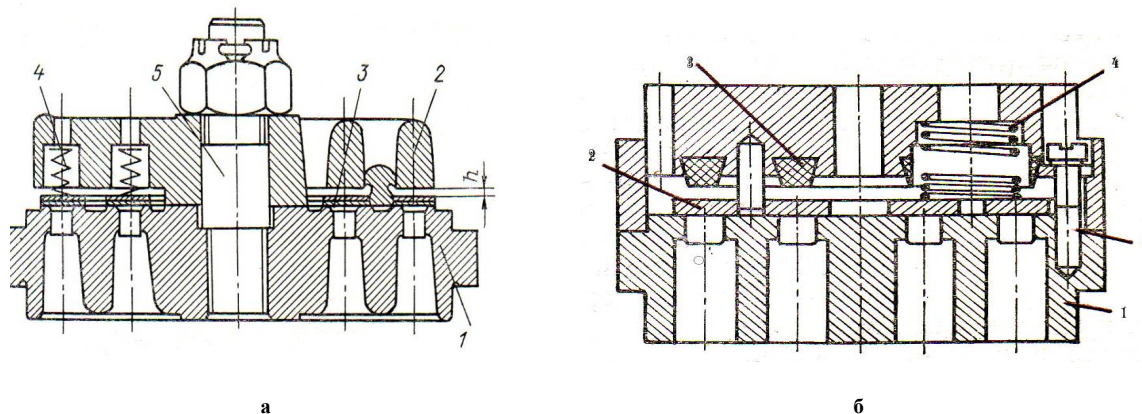


Рис. 1 – Кільцевий індивідуальний непрямоточний клапан:

- а) 1 – сідло; 2 – обмежувач підняття пластин;
 3 – кільцеві пластини; 4 – пружини; 5 – шпилька;
 б) 1 – сідло; 2 – пластина; 3 – неметалевий амортизатор;
 4 – пружина; 5 – болт

З тією ж метою в обмежувачеві підняття пластини клапана в спеціальних гніздах встановлюють неметалеві амортизатори (рис. 1, б).

З метою підвищення зносостійкості обмежувачів в окремих конструкціях направляючі для пластин виконують у вигляді самостійних деталей (вкладень) підвищеної твердості не менше HRC 60 з азотуванням поверхневого шару або з неметалевих матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя і високою теплостійкістю [2].

Матеріал замикаючих елементів клапана повинен володіти високими механічними властивостями (перепад тиску на пластину клапана до 4 МПа), теплостійкістю (робоча температура до 170 °С) та зносостійкістю (напрацювання до відмови пластини клапана не менше 1000 годин). Вимога високої зносостійкості матеріалу пластин особливо важлива для кільцевих клапанів, в яких пластини можуть вільно переміщуватись вздовж поверхні сідла, внаслідок чого значно зношуються ушільнюючі кромки.

Пластини кільцевих клапанів виготовляють з листових сталей 30Х13, 30ХГСА, 09Х15Н8Ю, Х18Н9Г, добрі результати отримані при застосування титанових сплавів ВТ14, ОТ4-1, ТС-7, а також неметалів: текстоліту, склопластиків, армованого фторопласту і поліамідів [3] і тому вибір матеріала для виготовлення деталей кільцевих клапанів є досить актуальним.

Досить перспективними напрямками створення триботехнічних композитів багатоцільового призначення на основі фторопласту є використання полімер-олігомерних матриць і принципу багаторівневого модифікування [4]. Для отримання матеріалів застосовували активовані наповнювачі, піддані дії коронного розряду. Для отримання полімер - олігомерних матриць використовували механічно активовані суміші дисперсного і поверхнево активованого фторопласту (ПТФЕ). Додатковий ефект досягається при введенні до складу композита нанодисперсних компонентів з розмірами одиничних фрагментів 3-10 нм. При цьому висока активність нанонаповнювачів визначається структурними параметрами і розмірами частинок [5]. За останнє десятиліття особливу увагу приділяють композиційним матеріалам на полімерних матрицях, що містять нанорозмірні модифікатори - нанокompозити [5, 6]. Особливий енергетичний стан наночастинок, обумовлений складом і технологією отримання, приводить до їх комплексної модифікуючої дії в полімерній і олігомерній матриці на різних рівнях структурного зміцнення.

Досить ефективними фторкомпозитами є матеріали, що містять кокс (Ф4К20), дисульфід молібдену (Ф4К15М5) або скловолокно (Ф4С15).

До найбільш перспективних триботехнічних фторкомпозитів відносять матеріали армовані вуглецевими волокнами. Введення до фторопласту вуглецевого волокна приводить до значного підвищення температури термічної деформації, міцності, твердості, модуля зсуву, стабільності розмірів, опору повзучості і деформування під довготривалим навантаженням.

Високодисперсні наночастинки модифікаторів (оксидів цирконію) сприяють підвищенню параметрів деформаційно-міцнісних характеристик композитів, що містять як волокнисті (вуглецеві волокна) так і дисперсні, пластинчасті і сферичної форм, наприклад, частинки коксу [7, 8]. Застосування комплексного модифікатора нанопорошок оксиду цирконію + кокс дозволяє при збереженні параметрів деформаційно-міцнісних і трибо- технічних характеристик зменшити вміст дороговартісного вуглецевого волокна не менше ніж на 5 - 10 мас. %, що економічно є більш вигідним.

Виконаний аналіз механічних, теплофізичних і антифрикційних властивостей термопластів армованих вуглецевими волокнами і коксом показали, що для значного поліпшення антифрикційних характеристик полімерних композицій в цілому необхідно не менше 20 % наповнювача. Наповнення більше, ніж 30–40 % призводить до зменшення когезійної міцності композиції у зв'язку зі збільшенням питомої поверхні наповнювачів та зменшенням товщини міжфазного шару в наповненій системі [6]. Встановлено, що ефективність фторопластових композитів на основі дисперсних наповнювачів зростає при введенні 2–10 мас. % вуглецево-волокнистих матеріалів. Зокрема, фізико-механічні властивості композиту, наповненого 5 мас. % вуглецевого волокна і 15 мас. % коксу, в 1,3 рази, а зносостійкість – в 2 - 4 рази вище у порівнянні з матеріалом, що містить 15 - 20 мас. % коксу [6].

Це і обумовило для проведення дослідження вибрати в якості базової фторопластову композицію Ф4К10ВВ10 [9, 10], що містить 10 мас. % коксу і 10 мас. % вуглецевого волокна тканини «Текарм». Для підвищення зносостійкості цієї композиції заплановано модифікувати її нанопорошком оксиду цирконію ($ZrO_2+3\%Y_2O_3$, 700°С).

Мета і постановка задачі

Мета даної роботи полягала в обґрунтуванні вибору і дослідженні властивостей матеріалів на основі фторопластів, вуглецево-волокнистих наповнювачів і коксу, модифікованих напорошком оксиду цирконію ($ZrO_2+3\%Y_2O_3$, 700°С) для виготовлення деталей самодіючих кільцевих клапанів.

Експериментальна частина

1. Матеріали для досліджень

Складові компоненти досліджуваних композитів триботехнічного призначення на основі ПТФЕ:

1. Політетрафторетилен.

Відповідно до ГОСТ 10007–80 ПТФЕ (фторопласт-4) випускається декількох марок залежно від властивостей і призначення: С – для виготовлення спеціальних виробів; П – для виготовлення електроі-

золяційної і конденсаторної плівок; ПН – для виготовлення електротехнічних виробів та інших виробів підвищеної надійності; О – для виготовлення виробів загального призначення і композицій; Т – для виготовлення товстостінних виробів і трубопроводів.

Виготовлення композицій здійснювалось з використанням промислового ПТФЕ марки ПН (ВО «Уральський хімічний завод» м. Перм, 44, Російська Федерація) (ГОСТ 10007–80) [11].

2. Модифікатори, їх склад:

1. вуглецеве волокно. Використовували вуглецеве волокно з тканини марки «Текарм» (ТУ 48–20–17–77), виготовлене з гідратцелюлозної тканини і одержуване методом хімічної обробки у водному розчині антипіренів $\text{Na}_2\text{V}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та відпалі за температури $723 \pm 20 \text{ K}$ в середовищі природного газу CH_4 . Матеріал виготовлений на Запорізькому електродному заводі. Діаметр фрагментів вуглецевого волокна – 10 - 12 мкм. Поверхневий шар вуглецевого волокна характеризується мікронерівностями з розмірами, що не перевищують 0,1 - 0,2 мкм, утвореними при карбонізації та графітізації гідратцелюлозної тканини;

2. Кокс. Використовувався дрібнодисперсний ливарний кам'яновугільний кокс марки КЛ-1 (ТУ У 322–00190443–61–94), (ТОВ «ТД Вестпром»), який являє собою порошок чорного кольору;

3. Нанопорошок оксиду цирконію. Дослідно-промислові технології хімічного синтезу нанопорошків оксидів цирконію [12,13]: науковою основою методу є вивчення процесів формування оксидів із водного розчину солей та фундаментальні знання в галузі механізмів формування наночастинок у випадку спільного осадження, яке суттєво відрізняється від того, що наявне як у твердих, так і рідких розчинах. Наночастинки $3\text{Y}\text{-ZrO}_2$ були синтезовані за методом сумісного осадження з водних розчинів солей $\text{ZnCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ та $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$. В якості осаду використовували водні розчини гідроксиду амонію. Всі використані хімікати були хімічної чистоти. Гель-подібний осад був отриманий шляхом додавання водного розчину солей у водний розчин NH_4OH при безперервному перемішуванні пропелерним змішувачем. Перемішування проводилось протягом 30 хв. Значення рН становило більше 8. Гелеподібний осад виділявся фільтрацією за допомогою вакуумного насоса. Осад гідрогелю кілька разів промивали дистильованою водою для видалення продуктів реакції. Сушіння проводилось в мікрохвильовій печі ($P = 700 \text{ Вт}$, $f = 2,45 \text{ ГГц}$). Висушені гідроксиди прожарювались в печі опору при $700 \text{ }^\circ\text{C}$ з витримкою при цих температурах 2 години.

Порошки характеризувалися методами рентгенівської дифракції (РСА) на рентгенівському дифрактометрі Dron-3 в $\text{Cu-K}\alpha$ випромінюванні для визначення розмірів кристалітів та кількісного фазового аналізу. Розміри частинок порошків оцінювали за допомогою трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ) (JEM 200, Jeol, Japan). За даними РСА та ТЕМ розміри частинок були $18 \pm 2 \text{ нм}$.

2. Методика, результати і обговорення експериментальних досліджень

Лабораторні дослідження основних закономірностей тертя і зношування композиційного полімерного матеріалу на основі політетрафторетилену (ПТФЕ), вуглецево-волокнистих наповнювачів і коксу, модифікованих напорошком оксиду цирконію здійснено на машині тертя ХТІ–72 [14]. Робоча частина цієї машини тертя складалася із шпинделя, на кінці якого закручена головка із запресованою кулькою. Остання з трьох незакріпленими кульками складала піраміду, через яку передається навантаження на державку і зразки. Температура контртіла вимірювалася термopарою ХК на відстані 0,5 - 1,0 мм від поверхні тертя і складала $T = (323 \pm 2) \text{ K}$ при випробуванні без мащення. Антифрикційні дослідження виконувались за схемою контакту - «сфера - площина». Режим змінних граничних питомих навантажень при постійному нормальному навантаженні, зразки висотою $(10 \pm 0,1) \text{ мм}$ і діаметром $(10 \pm 0,1) \text{ мм}$ з кінцевою сферою радіусу 6,35 міліметра контактували сферою по площині металевого контртіла діаметром $(60 \pm 0,15) \text{ мм}$ і висотою $(10 \pm 0,15) \text{ мм}$; металеве контртіло було виготовлено із сталі 45 ($HV 4,5 \pm 0,18 \text{ ГПа}$) і оброблено до початкового середнього арифметичного відхилення профілю поверхні $Ra_0 = 0,2 \pm 0,03 \text{ мкм}$.

В цій схемі випробувань можна виділити дві характерні області:

а) область нелінійної залежності зношування від шляху тертя, коли питоме навантаження змінюється від навантаження, близького до твердості HV матеріалу, до навантаження, яке відповідає граничній навантажувальній здатності; позначення: шлях тертя S_1 , інтенсивність зношування I_1 .

б) область лінійної залежності зношування від шляху тертя, коли граничне питоме навантаження в меншій степені знижується, ніж в першій області; позначення: шлях тертя S_2 , інтенсивність зношування I_2 .

За результатами цього експерименту розраховували чинник зношування (інтенсивність об'ємного зносу) для шляху тертя ΔS_i :

$$I_1 = \frac{\Delta V_{1i}}{N_i \cdot \Delta S_1}; \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{\Delta V_{2i}}{N_i \cdot \Delta S_2}, \quad (2)$$

де ΔV_{1i} – зміна об'єму і-зразка на проміжку шляху тертя S_1 (нелінійна залежність зношування від шляху тертя);

ΔV_{2i} – зміна об'єму і-зразка на проміжку шляху тертя S_2 (лінійна залежність зношування від шляху тертя).

Нормальне навантаження на один зразок дорівнювало $N_i = 100$ Н, швидкість ковзання $v = 0,45$ м/с. Випробовування проводилися на шляху тертя $S_1 = 0 - 3$ км і $S_2 = 3 - 23$ км. Результати виконаних досліджень приведені на рис. 2.

Аналіз виконаних досліджень показав, що інтенсивність зносу модифікованого Ф4К10ВВ10 при додаванні 1% модифікатора зменшується в 3,2 рази. Цей ефект пов'язаний з тим, що частинки нанопорошку оксиду цирконію служать додатковими центрами кристалізації ПТФЕ, у наслідок цього зменшуються розміри структурних елементів надмолекулярної структури, остання стає більш впорядкованою і орієнтованою, відбувається формування мілкосферолітних надмолекулярних утворень в об'ємі композиту [4, 5, 15].

Частинки модифікатора приймають участь в процесах зношування і утворюють більш міцну плівку перенесення на поверхнях тертя контактуючих деталей, що забезпечує легкість ковзання і підвищення зносостійкості матеріалу.

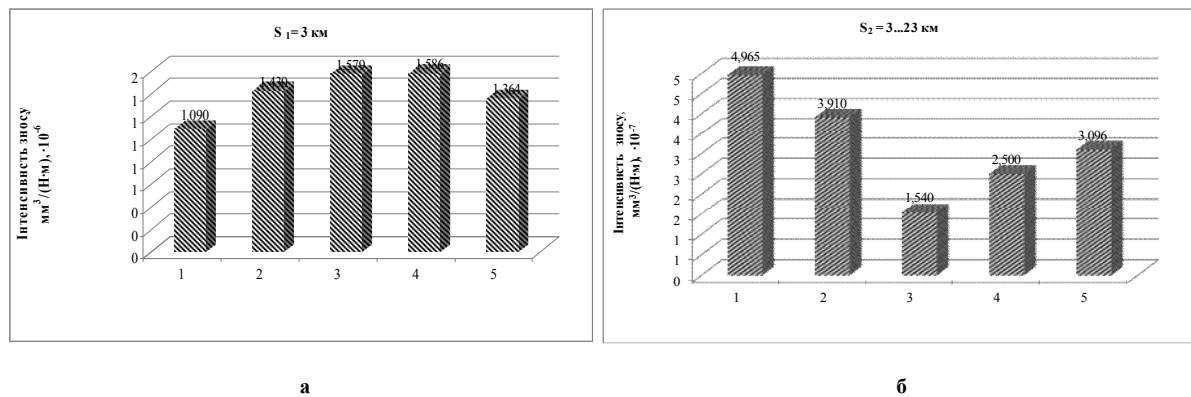


Рис. 2 – Гістограма інтенсивності зносу матеріалу Ф4К10ВВ10, модифікованого нанопорошком оксиду цирконію $ZrO_2+3\%Y_2O_3, 700$ °С.

а – перший етап досліджень;

б – другий етап досліджень;

1 – Ф4К10ВВ10;

2 – Ф4К10ВВ10 +0,5мас.%. ($ZrO_2 + 3\% Y_2O_3, 700$ °С);

3 – Ф4К10ВВ10 +1мас.%. ($ZrO_2 + 3\% Y_2O_3, 700$ °С);

4 – Ф4К10ВВ10 +2мас.%. ($ZrO_2 + 3\% Y_2O_3, 700$ °С);

5 – Ф4К10ВВ10 +3мас.%. ($ZrO_2 + 3\% Y_2O_3, 700$ °С)

При цьому реалізується механізм багаторівневої модифікуючої дії нанопорошку оксиду цирконію ($ZrO_2 + 3\%Y_2O_3, 700$ °С) в композиційних матеріалах, що проявляється в зниженні дефектності матричного ПТФЕ і в зменшенні числа кластерних агрегатів частинок наповнювача (вуглецевого волокна і кокеу) у яких відсутнє зв'язуюче. Збільшення вмісту нанопорошку оксиду цирконію до 3% в композиційному матеріалі супроводжується зниженням зносостійкості матеріалу, що може бути пов'язане агломеруванням частинок нанопорошку в композиті. Це приводить до утворення макродефектів, розрихлення структури і, як наслідок, до зниження міцності композиційних матеріалів.

Внаслідок хімічної інертності макромолекул ПТФЕ на межі розділу з наповнювачем не утворюється хімічних зв'язків, а в результаті низької поверхневої енергії і високої в'язкості не забезпечується якісного змочування розплавом поверхні наповнювача. В результаті міжфазний шар не здатний до передачі навантаження і при дослідженнях на розтяг композитів армуючий напов-

нювач фактично не сприяє підвищенню опору розриву зразка. Тому значення межі міцності під час розтягу є показником якості наповненого ПТФЕ: на відміну від всіх інших полімерів його наповнення будь-яким компонентом при застосуванні традиційних технологій приводить до зниження межі міцності під час розтягу композиту [7 - 9].

Перед дослідженнями на розтяг по три зразки кожного матеріалу кондиціонували не менше 16 годин при температурі (23 ± 2) °С і відносній вологості (50 ± 5) %. Висоту, ширину, діаметр зразка вимірювали з похибкою не більше 0,01 міліметра і не менше ніж в чотирьох місцях.

Встановлювали зразок між опорними площадками розривної машини МР-05-1 так, щоб вертикальна вісь зразка збігалась з напрямком дії навантаження і розтягували його з постійною швидкістю 15 мм/хв. Для механічних випробувань на одноосовий розтяг застосовували кільцеві зразки. Діаграму залежності напруження від деформації зразка записували з допомогою комп'ютерного забезпечення.

Дослідження міцності на розтяг антифрикційних карбопластиків виконували за ISO R527 (ASTM D638, ГОСТ 11262-80) в результаті навантаження жорстких напівдисків, на які одягається, досліджуване кільце [7]. Межу міцності під час розтягу σ_p , МПа визначали за формулою:

$$\sigma_p = \frac{P}{2h(R-r)}, \quad (3)$$

де P – розривне зусилля, Н;

h – висота зразка, мм;

R – зовнішній радіус, мм;

r – внутрішній радіус, мм.

Межа міцності під час розтягу σ_p , визначена за формулою (3), не є істинною характеристикою композиційного матеріалу, оскільки поблизу місць роз'єднання напівдисків в результаті зміни кривизни кільця відбуваються деформації розтягу і згину, причому їх співвідношення залежить від відношення товщини стінки кільця до його діаметра. Чим більше це співвідношення і чим сильніше виявлена анізотропія композиційного матеріалу, тим сильніше проявляється вплив згину. Тому випробування з кільцевими зразками слід виконувати тільки як порівняльні. Результати виконаних досліджень приведені на рис. 3.

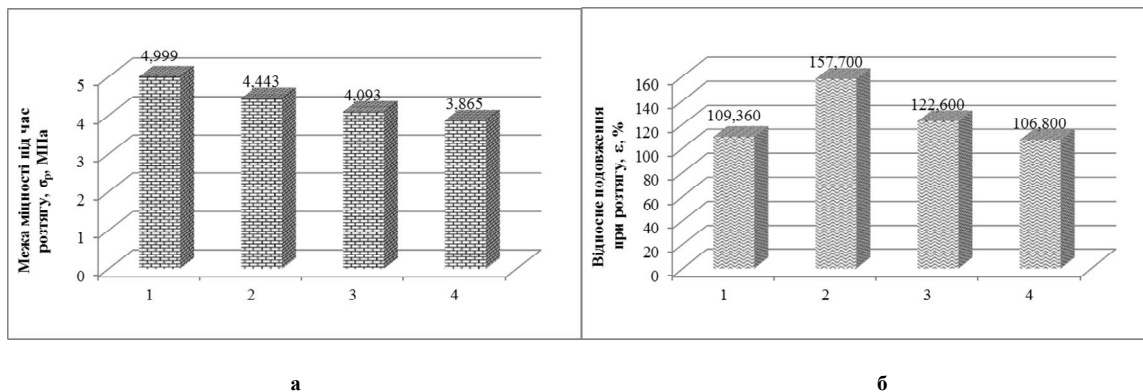


Рис. 3 – Гістограма межі міцності під час розтягу (а) і відносного подовження при розтягу (б) антифрикційних матеріалів:
1 – Ф4К10ВВ10;
2 – Ф4К10ВВ10 + 1мас.%(ZrO₂ + 3 % Y₂O₃, 700 °С);
3 – Ф4К10ВВ10 + 2мас.%(ZrO₂ + 3 % Y₂O₃, 700°С);
4 – Ф4К10ВВ10 + 3мас.%(ZrO₂ + 3 % Y₂O₃, 700°С)

Аналіз експериментальних досліджень на розтяг композиційних матеріалів Ф4К10ВВ10, модифікованих нанопорошком оксиду цирконію ZrO₂ + 3 % Y₂O₃, 700 °С, показав, що при введенні до складу композитів 1 мас. % і 2 мас. % модифікатора відносне подовження на розтяг зростає, відповідно в 1,44 і 1,11 разів. Це можна пояснити тим, що в результаті інтенсифікації процесів структуроутворення під дією активної фази наночастинок збільшується ступінь кристалічності композитів, а це в свою чергу приводить до збільшення відносного подовження при розриві і дещо зменшення межі міцності під час розтягу.

Висновки

1. Досліджено полімерні композити на основі політетрафторетилену (ПТФЕ), модифіковані коксом, вуглецевим волокном і оксидним нанопорошком $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$, 700 °С в кількості 1 - 3мас. %.
2. Встановлено, що оксидні фази являються ефективними модифікаторами ПТФЕ, що дозволяє направлено формувати надмолекулярну структуру зв'язуючого і отримувати матеріали з оптимальним поєднанням деформаційно-міцнісних і триботехнічних характеристик.
3. Визначено оптимальну концентрацію наномодифікатора $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$, 700 °С– 1 мас. %, максимальної структуруючої дії, перевищення якої призводить до утворення по границях сферолітів «сітки» з координаційно зв'язаних ультрадисперсних частинок.
4. За зносостійкістю фторопластовий матеріал наповнений 10 мас. % коксу, 10 мас. % вуглецевого волокна тканини «Текарм» і модифікований 1 мас. % діоксиду цирконію $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$, 700 °С переважає матеріал Ф4К10ВВ10 в 3,2 рази. Відносно подовження на розтяг антифрикційного матеріалу Ф4К10ВВ10 модифікованого 1 мас.% $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$, 700 °С зростає в 1,44, а міцність на розтяг зменшується на 11,12 %.

Література

1. Свідерський В.П. Підвищення щільності і зносостійкості поршневих кілець автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій / В.П. Свідерський, Г.О. Сіренко, Л.М. Кириченко, [і інш.] // Проблеми трибології. – 2004. – № 4. – С. 156-167.
2. Фотин Б.С. Поршневые компрессоры. / Б.С. Фотин, И.Б. Пирумов, И.К. Прилуцкий, П.И. Платинин. – М.: Машиностроение. – Ленинград. – 1987. – 372 с.
3. Видякин Ю.А. Оппозитные компрессоры / Видякин Ю. А., Доброклонский Е. Б., Кондратьева Т. Ф. – Машиностроение. – 1979. – 280 с.
4. Горбацевич Г.Н. Методология создания полимер–олигомерных триботехнических материалов на основе политетрафторэтилена. / Г.Н. Горбацевич // Трение и износ. – 2002. – Т. 23 – № 4. – С. 373-381
5. Триботехнические свойства политетрафторетилен, модифицированного бинарным наполнителем. / Петрова П.Н., Охлопкова А.А., Гоголева О. В. [и др.] // Трение и износ. – 2005. – Т. 26. – № 6. – с. 652–656.
6. Машиностроительные фторкомпозиты : структура, технология, применение: монография / С.В. Авдейчик, [и др.] ; под науч. ред. В. А. Струка. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы. – 2012. – 339 с.
7. Свідерський В.П. Дослідження механічних і антифрикційних властивостей фторопластових карбопластиків, модифікованих нанопорошками діоксиду цирконію. / В. П. Свідерський, Т. Є., Константинова, В. А. Глазунова, [і ін.] // Проблеми трибології. – № 2. – 2014. – С. 103-110.
8. Свідерський В. П. Підвищення зносостійкості поршневого ущільнення компресорної установки СО–243–1 / В. П. Свідерський, Т. Є., Константинова, Л. М. Кириченко, [і ін.] // Проблеми трибології. – № 2. – 2015. – С. 61-68.
9. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики / Г.А. Сиренко. – К.: Техника. – 1985. – 195 с.
10. Сіренко Г.О. Створення антифрикційних композитних матеріалів на основі порошків термостійких полімерів та вуглецевих волокон: Дис. доктора техн. наук. Ін-т матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАНУ / Сіренко Геннадій Олександрович. – К. – 1997. – 431 с.
11. Пугачев А.К. Переработка фторопластов в изделия: технология и оборудование. / А.К. Пугачев, О.А. Росляков. – Л.: Химия, 1987 – 168 с.
12. Константинова Т.Е. Нанопорошки на основе диоксида циркония: получение, исследование, применение / Т.Е. Константинова, И.А. Даниленко, В.В Токий., [и др.] // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. – 2004. – Т. 2. – Академперіодика. (Київ). – С. 609-632.
13. Константинова Т.Е. Получение нанодисперсных порошков диоксида циркония. От новации к инновации / Т. Е. Константинова, И.А. Даниленко, В.В Токий., [и др.] // Наука та інновації. – 2005. – Т. 1. – № 3. – С. 76-87.
14. Применение синтетических материалов: материалы конференции / Гл. редактор Р.И. Силян. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ. – 1975. – 199 с.
15. Стручкова Т. С. Разработка и исследование полимерных композиционных материалов на основе активации политетрафторэтилена и углеродных наполнителей: автореф. дис. канд. тех. наук / Т.С. Стручкова. – Комс. - на - Амуре. – 2008. – 19 с.

Надійшла в редакцію 05.03.2018

Svidersky V.P., Konstantinova T.E., Danilenko I.A., Oleksandrenko V.P., Kirichenko L.M., Furman A.YU. **Increase of wear resistance of locking elements of circular valve of compressor of the motor-car filler gas station.**

The analysis of terms of work of self-acting circular valve is executed. Research of wear resistance and mechanical properties of composition fluoroplastic materials of modified was shown a carbon fibre, coke and nanopowder of dioxide of zirconium expediency of their application for making of locking elements of valves.

Key words: fluoroplastic materials, nanopowder to dioxide of zirconium, carbon fibres, coke, antifriction and mechanical properties, locking elements of valve.

References

1. Sviderskyi V.P. Pidvyshchennia shchilnosti i znosostiikosti porshnevnykh kilets avtomobilnykh hazonapovniivalnykh kompresornykh stantsii. V.P. Sviderskyi, H.O. Sirenko, L.M. Kyrychenko., [i insh.]. Problemy trybolohii. 2004. № 4. s. 156-167.
2. Fotyn B.S. Porshnevnye kompressory. / B.S. Fotyn, Y.B. Pyumov, Y.K. Pryluts'kyu, P.Y. Plastynyn. M. Mashynostroenye. Lenynhrad. 1987. 372 s.
3. Vydyakyn Yu.A. Oppozytnye kompressory. Vydyakyn Yu.A., Dobroklonsky E.B., Kondrat'eva T.F. Mashynostroenye. 1979. 280 s.
4. Horbatsevych H.N. Metodolohyya sozdanyya polymer-olyhomernykh trybotekhnicheskyykh materyalov na osnove polytetrafluoretylena. H.N. Horbatsevych. Trenye y yznos. 2002. t.23. № 4. s. 373-381
5. Trybotekhnicheskyye svoystva polytetrafluoretylena, modyfytsirovannoho bynarym napolnytelem. Petrova P. N., Okhlopko A.A., Hoholeva O.V. [y dr.]. Trenye y yznos. 2005. t.26. № 6. s. 652-656.
6. Mashynostroytel'nye ftorkompozyty : struktura, tekhnolohyya, pryumenenye: monohrafiya. S. V. Avdeychyk, [y dr.]. pod nauch. red. V.A. Struka. Hrodno : HrHU ym. Yanky Kupaly. 2012. 339 s.
7. Sviders'ky V.P. Doslidzhennya mekhanichnykh i antyftyktsiynykh vlastyvostey ftoroplastovykh karboplastyky, modyfikovanykh nanoporoshkamy dioksydu tsyrkoniyu. V.P., Sviders'ky, T. Ye., Konstantynova, V.A. Hlazunova, [i in.]. Problemy trybolohiyi. № 2. 2014. s. 103-110.
8. Sviders'ky V.P. Pidvyshchennya znosostiikosti porshnevoho ushchil'nennya kompresornoyi ustanovky SO-243-1. V.P. Sviders'ky, T.Ye., Konstantynova, L.M. Kyrychenko, [i in.]. Problemy trybolohiyi. № 2. 2015. s. 61-68.
9. Syrenko H.A. Antyftyktsyonnye karboplastyky. H.A. Syrenko. Kyev. Tekhnika. 1985. 195 s.
10. Sirenko H.O. Stvorennya antyftyktsiynykh kompozytnykh materialiv na osnovi poroshkiv termotryvnykh polimeriv ta vuhletsevnykh volokon. Dys. doktora tekhn. nauk. In-t materialoznavstva im. I.M. Frantsevycha NANU. Sirenko Hennadiy Oleksandrovych, K., 1997. 431 s.
11. Puhachev A.K. Pererabotka ftoroplastov v yzdelyya: tekhnolohyya y oborudovanye. A.K. Puhachev, O.A. Roslyakov. L. Khymyya, 1987. 168 s.
12. Konstantynova T. E. Nanoporoshky na osnove dyoksyda tsyrkonyya: poluchenye, ysslededovanye, pryumenenye / T.E. Konstantynova, Y.A. Danylenko, V.V Tokyy., [y dr.]. Nanosystemy, nanomaterialy, nanotekhnolohiyi. 2004. t. 2. Akadempriodyka. (Kyuyiv). s. 609-632.
13. Konstantynova T.E. Poluchenye nanodispersnykh poroshkov dyoksyda tsyrkonyya. Ot novatsyy k ynnovatsyy. T.E. Konstantynova, Y.A. Danylenko, V.V Tokyy., [y dr.]. Nauka ta innovatsiyi. 2005. t. 1. № 3. s.76-87.
14. Prymenenye syntetycheskykh materyalov: materyaly konferentsyy. Hl. redaktor R.Y. Sylyn. Kyshynev. Kartya Moldovenyaskэ. 1975. 199 s.
15. Struchkova T.S. Razrabotka y yssledovanye polymernykh kompozytsyonnykh materyalov na osnove aktyvatsyy polytetrafluoretylena y uhlerodnykh napolnyteley: avtoref. dys. kand. tekhn. nauk. T. S. Struchkova. Koms. - na - Amure. 2008. 19 s.