

$$K(p) = \frac{\Delta W}{W_0 \Delta p},$$

де W_0 – об'єм порожнини за відсутності тиску; Δp – приріст тиску; ΔW – зміна об'єму порожнини через зміну тиску.

В роботах проф. І. А. Немировського показано, що $K(p)$ залежить від тиску у відповідній порожнині і тому величина цього коефіцієнта в динамічних процесах і в статиці відрізняються. Разом з тим, в цих же роботах рекомендовано для спрощення розрахунків і математичних моделей брати статичний коефіцієнт податливості (СКП), який відповідає усередненому значенню тиску в порожнині гідроагрегату або в трубопроводі.

Мета цієї роботи – виявлення впливу конструктивних параметрів РВТ і тиску в порожнині на величину СКП.

Розглянуто РВТ, які складаються з металевих обплетень та гумових шарів. Кожне з обплетень навито зі сталевого дроту в два шари під кутом один до одного. Гумові шари є суцільними трубками. РВТ такої конструкції виготовляються ГК «Вінницький агрегатний завод». Досліджувались РВТ, конструкція яких включає від одного до чотирьох сталевих обплетень.

В результаті розрахунків побудовані графіки залежності СКП від внутрішнього діаметра РВТ, кількості металевих обплетень та тиску у його порожнині.

Аналіз отриманих графіків показав, що:

- зі збільшенням кількості металевих обплетень величина СКП зменшується;
- зі збільшенням тиску в порожнині рукава СКП для всіх конструкцій РВТ зменшується;
- передатні відношення гумових шарів РВТ залежать від їх товщини; з їх збільшенням передатне відношення деформацій зменшується;
- жорсткість гумових шарів РВТ також залежить від їх товщини і зменшується зі зменшенням цього параметра;
- жорсткість металевих обплетень РВТ підвищується зі збільшенням їх товщини і зростанні тиску в порожнині РВТ;
- результати дослідження можуть бути використані для прийняття рішення щодо вибору будови РВТ для забезпечення необхідної величини СКП.

Дусанюк Жанна Павлівна – к. т. н., доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет.

Дерібо Олександр Володимирович – к. т. н., доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет.

Репінський Сергій Володимирович – к. т. н., доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет.

Жарський Артем Олександрович – студент факультету машинобудування та транспорту.

УДК 621.893

КОМПОЗИЦІЙНИЙ ПОЛІМЕРНИЙ МАТЕРІАЛ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Свідерський В. П., к. т. н., доц., Кириченко Л. М. наук., співробітник,
Константінова Т. Є., д. фіз.-мат. н., провід. н. с., Даніленко І. А., к. фіз.-мат. н., ст. н. с.

Полімерні композиційні матеріали на основі політетрафторетилену мають такі недоліки: при навантаженні у вузлі тертя більше 10 МПа різко зменшується зносостійкість і спостерігається пластичне деформування матеріалу та недостатньо висока міцність

граничних шарів між полімером і наповнювачем. Виконані дослідження антифрикційних характеристик композиційного матеріалу Ф4К20 показали, що даний матеріал можна застосовувати до питомого навантаження не більше 1,5 МПа, при перевищенні якого відбувається різке зростання зносу.

Метою проведених досліджень є покращення фізико-механічних і антифрикційних характеристик композиційного полімерного матеріалу Ф4К20.

Завдання вирішується за рахунок того, що в композиційний полімерний матеріал трибо технічного призначення, який містить політетрафторетилен і кокс вводять наномодифікатор $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ (оксид), активований у високооборотному млинку МРП-1 на протязі 6 хвилин при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: політетрафторетилен – 80 мас. %, кокс – 19 мас. %, нанопорошок $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ (оксид) – 1 мас. %.

Для покращення фізико-механічних і антифрикційних характеристик матеріалу Ф4К20 використано принцип багаторівневого модифікування полімерної матриці. Реалізація даного принципу здійснюється шляхом введення в ПТФЕ суміші наповнювачів різного складу і дисперсності: коксу і нанодисперсних частинок оксиду цирконію $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$.

Введення наномодифікаторів сприяє інтенсивному структуруванню матриці, оскільки наночастинки можуть створювати ансамблі за типом кластерів. В результаті цього створюється армована полімерна система, що відрізняється підвищеними міцнісними і триботехнічними характеристиками. В композиті одночасно існують різні за типом і розмірами надмолекулярні утворення. Наномодифікатор в першу чергу сприяє структурним змінам в аморфній фазі полімера, змінюючи співвідношення між її впорядкованою і невпорядкованою ділянками. Ефект збільшення адгезійної взаємодії між матрицею ПТФЕ і частинками наповнювача реалізується в результаті структуруючого впливу наночастинок з некомпенсованим зарядом на макромолекули граничного шару і формування мілкосферолітних надмолекулярних утворень в об'ємі композиту. Таким чином частинки наномодифікатора збільшують адгезійну взаємодію полімера і наповнювача і сприяють підвищенню рухомості структурних елементів ПТФЕ і, тим самим полегшують протікання деформаційних процесів.

Випробування на зносостійкість проведені на установці ХТІ-72 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 радіусу 6,35 міліметра контактували сферою по площині металевого контртіла діаметром $(60 \pm 0,15)$ мм і висотою $(10 \pm 0,15)$ мм; металеве контртіло було виготовлено із сталі 45 (НВ $4,5 \pm 0,18$ ГПа) і оброблено до початкового середнього арифметичного відхилення профілю поверхні $Ra_0 = 0,2 \pm 0,03$ 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 НВ 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 наведені у табл. 1.

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 поверхні наповнювача. В результаті міжфазний шар не здатний до передачі навантаження і при дослідженнях на розтяг композитів армуючий наповнювач фактично не сприяє підвищенню опору розриву зразка. Тому значення міцності при 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.

Перед дослідженнями на розтяг по три зразки кожного матеріалу кондиціонували не менше 16 годин при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносній вологості $(50 \pm 5)\%$. Висоту, ширину і 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.

В табл. 1 приведені склади композицій і порівняльні дані по зносостійкості і міцності при розтягу матеріалів на основі композиції Ф4К20 і розробленого матеріалу триботехнічного призначення.

Таблиця 1

Матеріал	Політетрафтор-етилен, мас. %	Наповнювач, мас. %	Шлях тертя, $S_2 = 3-23$ км		Межа міцності під час розтягу, МПа
			Питоме навантаження в кінці тертя, МПа	Інтенсивність зносу, $I_2 \cdot 10^{-6}$, $\text{мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{м})$	
Ф4К20	80	кокс – 20	1,95	1,32	5,1
Розроблений матеріал триботехнічного призначення	80	кокс – 19, ZrO_2 + 3% Y_2O_3 , оксид – 1	2,58	0,52	5,8

Встановлено, що розроблений композиційний матеріал триботехнічного призначення переважає матеріал Ф4К20 за зносостійкістю в 2,54 разів, а за міцністю під час розтягу на 14 %.

Свідерський Владислав Петрович – к.т.н., доц., кафедри зносостійкості і надійності машин, Хмельницький національний університет

Кириченко Людмила Мефодівна – науковий співробітник лабораторії композиційних матеріалів, Хмельницький національний університет

Константинова Тетяна Євгенівна – д. фіз.-мат. н., провідний науковий співробітник відділу фізичного матеріалознавства, Донецький фізико-технічний інститут ім. О. О. Галкіна НАН України, м. Київ

Даніленко Ігор Анатолійович – к. фіз.-мат. н., ст. н. с. відділу фізичного матеріалознавства, Донецький фізико-технічний інститут ім. О. О. Галкіна НАН України, м. Київ.

УДК 620.179

МЕТОДИ ВІБРОАКУСТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВУЗЛІВ І АГРЕГАТІВ МАШИН

Біліченко В.В., д.т.н, проф., Борисюк Д.В., інженер

Діагностика і прогнозування ресурсу машин являються одним із важливих напрямів наукових досліджень в галузі експлуатації, технічного обслуговування і ремонту тракторів, автомобілів та інших машин.

Віброакустичний метод діагностування заснований на реєстрації параметрів пружних коливань, що виникають у механізмах при співударі деталей під час функціонування. Пружні коливання (структурний шум) на відміну від повітряного шуму, поширюються по корпусу механізму. При діагностуванні вони фіксуються датчиками, які перетворюють механічні коливання в електричні сигнали.

Методи обробки віброакустичних сигналів можна розділити на дві групи: аналіз сигналів у часовій області та аналіз в частотній області.

Спосіб обробки вібрації для виділення інформативних компонентів визначається характером сигналу. Максимальний обсяг діагностичної інформації з вібрації можна отримати, розділивши сигнал на складові і проаналізувавши кожен з них окремо [1]. Метод аналізу вібрації залежить від типу об'єкта, що діагностується і виду дефекта. Найбільш складною із завдань діагностування є виявлення дефектів, що зароджуються, так як для цього потрібне застосування трудомістких методів діагностування і аналіз тонкої структури сигналу. Як показано в [2] більшість методів діагностування дефектів ґрунтуються на уявленні, що розвиток дефекту викликає зростання амплітуд і числа короткочасних імпульсів в віброакустичному сигналі.

Порівняння методів віброакустичного діагностування представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння методів віброакустичного діагностування

Метод вібро-акустичного діагностування	Особливості методу	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Метод вимірювання загального рівня вібрації, аналіз форми сигналу	Оцінка технічного стану машин.	1. Простота отримання вимірювальної інформації; 2. Простота інтерпретації результатів вимірювання.	1. Низька чутливість до компонентів вібрації з малою амплітудою; 2. Невисока ступінь достовірності розпізнавання стану агрегату.