

Диха О.В.,*
Білик А.П.,*
Петрук Р.В.**

*Хмельницький національний університет,

**Вінницький національний технічний університет

E-mail: tribosensor@gmail.com

ВИПРОБУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВМІСТУ СПЕЦІАЛЬНОЇ ПРИСАДКИ ДО ІНДУСТРІАЛЬНОГО МАСТИЛА

УДК 621.891

Розроблена теорія методу випробувань мастильних матеріалів для дослідження зносостійких властивостей на основі чотирикулькової схеми випробувань. В основу методу покладена безрозмірна закономірність зношуванні від базового фактора контактного тиску. В результаті розв'язку оберненої задачі отримані залежності для розрахунку параметрів моделі зношування за експериментальними даними. Проведені випробування за схемою чотирикулькової піраміди індустріального мастила И-40 з добавками антифрикційної спеціальної присадки ДФ. Присадка додавалась різної концентрації. Результати реалізації запропонованого методу обробки результатів випробувань дозволили встановити оптимальне значення вмісту присадки за критерієм мінімізації зносу.

Ключові слова: випробування, знос, модель зношування, чотирикулькова піраміда, присадкові матеріали.

Постановка задачі

Визначальну роль у виборі метода лабораторних випробувань має геометрія контактуючих елементів. Геометричні схеми систематизовані і наведені в науковій літературі і багатьох стандартах. У більшості випадків для відомих схем випробувань немає розрахункових залежностей для визначення параметрів контактування для досліджуваних зразків. Відсутність даних про такий визначальний фактор випробувань роблять результати оціночними, як наприклад, для чотирикулькової схеми за ГОСТ 9490-75. В наших роботах [1] вирішується ця проблеми для різних схем і умов випробувань. В даній роботі розвинений метод математичного опису процесу випробувань для безрозмірної форми закономірності зношування і представлення результатів випробувань апроксимуючою степеневою функцією на базі випробувань присадок до мастильних матеріалів за чотирикульковою схемою.

Теоретичні співвідношення

Для оцінки встановленого зношування за чотирикульковою схемою приймемо модель у вигляді залежності інтенсивності зношування від безрозмірного параметра навантаження $W = \frac{\sigma}{HB}$.

$$I = \frac{du_w}{dS} = K_w \left(\frac{\sigma}{HB} \right)^m, \quad (1)$$

де σ – тиск у контакт, МПа;

HB – твердість за Брінеллем, МПа;

u_w – лінійне зношування нижніх куль, м;

S – шлях тертя для нижніх кульок, м;

K_w, m – параметри закономірності зношування.

Прийнявши припущення про рівномірний розподіл контактних тисків за площадкою контакту, умову рівноваги в контакті сполучених кульок можна представити у вигляді:

$$\sigma = \frac{Q_1}{\pi a^2}, \quad (2)$$

де Q_1 – сила, що діє по нормалі до кожної нижньої кульки;

a – радіус кругової площадки контакту сполучених кульок.

Сила Q_1 виражається через загальну силу, яка діє на верхню кульку:

$$Q_1 = 0,4082Q. \quad (3)$$

Зв'язок зносу u_w і розміру площадки контакту a при зношуванні нижніх кульок визначається залежно від радіуса площадки контакту a та шляхи тертя:

$$u_w(S) = \frac{a(S)^2}{2R}. \quad (4)$$

Нехай експериментальна залежність радіусу кругової площадки контакту від шляху тертя представлена у вигляді степеневої апроксимації:

$$a(S) = cS^\beta, \quad (5)$$

де c, β – параметри апроксимації за результатами випробувань.

Інтегруючи вираз (1), отримаємо інтегральну форму моделі зношування кульок:

$$u_w(S) = K_w \int_0^S \left(\frac{\sigma}{HB} \right)^m (S) dS. \quad (6)$$

Підставляючи в ліву частину рівняння (6) вираз для зносу через радіус площадки контакту, а в праву – вираз (2) для контактного тиску, отримаємо:

$$\frac{a^2(S)}{2R} = K_w \int_0^S \left[\left(\frac{Q_1}{\pi a^2(S)} \right) \frac{1}{HB} \right]^m dS, \quad (7)$$

або з урахуванням виразу (5) після інтегрування по шляху тертя маємо:

$$\frac{c^2 S^{2\beta}}{2R} = K_w \left(\frac{Q_1}{c^2 \pi HB} \right)^m \frac{S^{1-2\beta m}}{1-2\beta m}. \quad (8)$$

З умови здійсненності рівняння (8) при будь-яких S слідує:

$$2\beta = 1 - 2\beta m, \quad (9)$$

звідки

$$m = \frac{1-2\beta}{2\beta}. \quad (10)$$

Для знаходження коефіцієнта K_w скористаємося рівнянням (8).

$$K_w = \frac{\beta c^{2m+2}}{R} \left(\frac{\pi HB}{Q_1} \right)^m. \quad (11)$$

Результати випробувань

Вихідні дані: $R_1 = R_2 = 6,35$ мм; $Q = 3,120$ кг; $n = 950$ об/хв; тривалість випробувань $t = 120$ хв; $HB = 190$ Н/мм².

Результати випробувань представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати випробувань

t , хв	15	30	60	90	120
тип присадки	a , мм				
Чисте масло 1-40А	0,275	0,3625	0,4	0,4125	0,4335
ДФ – 11 (0,1 %)	0,21	0,262	0,295	0,308	0,315
ДФ – 11 (0,5%)	0,187	0,238	0,27	0,282	0,3
ДФ – 11 (1 %)	0,138	0,18	0,22	0,229	0,24
ДФ – 11 (2,2 %)	0,168	0,216	0,245	0,253	0,265

Визначаємо шлях тертя в моменти t_1, t_2, t_n за формулою:

$$S_i = 2\pi r n \cdot t_i$$

Таблиця 2

Результати розрахунків шляхів тертя

t , хв	15	30	60	90	120
S , мм	$3,2828 \cdot 10^5$	$6,5656 \cdot 10^5$	$1,3131 \cdot 10^6$	$1,9697 \cdot 10^6$	$2,6262 \cdot 10^6$

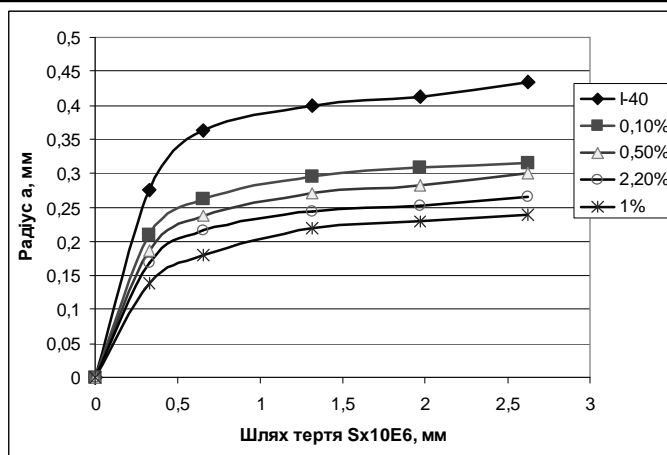


Рис. 1 – Графічна інтерпретація результатів випробувань

Нехай експериментальна залежність радіуса кругової площадки контакту від шляху тертя представлена у вигляді (5).

Визначаємо параметри апроксимуючої залежності c і β з графіка за програмою Excel і заносимо значення до табл. 3.

Таблиця 3

Параметри апроксимуючої залежності

Тип мастила	I-40	ДФ – 11(0,1 %)	ДФ – 11(0,5%)	ДФ – 11(1 %)	ДФ – 11(2,2 %)
β	0,1956	0,1596	0,1749	0,1623	0,1623
c	0,0246	0,03	0,0222	0,0208	0,0216

Визначаємо навантаження Q_1 , що діє на кожну кульку:

$$Q_1 = 0,4082 \cdot Q = 0,4082 \cdot 3,120 = 1,274 \text{ кг.}$$

Визначаємо параметри моделі зношування для матеріалу кульки за формулами (10 - 11).

Визначаємо інтенсивність зношування при однаковому значенні контактного тиску $\sigma = 50 \text{ Н/мм}^2$ за формулою (1) і результати заносимо в табл. 4.

Таблиця 4

Результати розрахунків параметрів моделі і інтенсивності зношування

Тип мастила	I-40	ДФ – 11 (0,1 %)	ДФ – 11 (0,5%)	ДФ – 11 (1%)	ДФ – 11 (2,2 %)
m	3,11	4,26	3,72	4,16	3,91
K_w	$5,6978 \cdot 10^{-10}$	$6,1766 \cdot 10^{-11}$	$2,2402 \cdot 10^{-11}$	$1,9926 \cdot 10^{-12}$	$7,9028 \cdot 10^{-12}$
I	$8,936 \cdot 10^{-12}$	$2,0777 \cdot 10^{-13}$	$1,5664 \cdot 10^{-13}$	$7,7034 \cdot 10^{-15}$	$4,2531 \cdot 10^{-14}$

Висновок

Представлена розрахунково-експериментальна методика дозволила кількісно оцінити ефективність присадкових матеріалів за критерієм зношування. Зокрема, в даному випадку для присадки ДФ-11 найвищу зносостійкість показало мастило з концентрацією присадки 1 %.

Література

1. Кузьменко А. Г Контакт, трение и износ смазанных поверхностей. Монография / А.Г.Кузьменко, А.В. Дыха. – Хмельницкий: ХНУ, 2007. – 344 с.

Поступила в редакцію 15.04.2013

Dykha O.V., Bilyk A.P., Petruk R.V. **A test of optimum content of the special additive is to industrial oil.**

Developed theory of method of tests of lubricating materials for research of wearproof properties on basis four balls chart of tests. In basis of method dimensionless conformity to law is fixed wear from the base factor of contact pressure. As a result of decision of reverse wear- contact task the got dependences are for the calculation of parameters of model of wear from experimental data. Conducted tests on a chart four - ball pyramid of industrial oil of I-40 with additions of the antiwear special additive of DF. An additive was added different concentration. The results of realization of the offered method of treatment of results of tests allowed to set the optimum value of content of additive after the criterion of minimization of wear.

Keywords: test, wear, model of wear, four ball-shaped pyramid, additives.

References

1. Kuzmenko A. G., Dykha A.V. Kontakt, trenie i iznos smazannyh poverhnostej. Monografija, Hmelnickij, HNU, 2007, 344 p.