

УДК 620.178.16.004

ОЦІНКА ЗНОСУ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ В СЕРЕДОВИЩІ БІОПАЛИВО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Журавель Д.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-25-85

Анотація – робота присвячена розробці електротехнічного методу контролю зносу пар тертя в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів при триботехнічних дослідженнях.

Ключові слова – конденсатор, ємність, вимір, зразок, електростатичне поле.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день існує багато методів вимірювання зносу трибоспряжень, але вони не дають змогу використання їх у дослідках де необхідна велика точність вимірів і похибка не повинна перевищувати частки міліметра. А для проведення специфічних вимірів, таких як вимір параметрів лунок зразків, при триботехнічних дослідженнях, не дають змогу виміряти діаметр та глибину без похибки оператора, яка найбільш впливає на результат виміру. Для вирішення цієї проблеми необхідно застосування сучасних технологій, що призведе до зменшення або повного усунення похибки оператора, а також дасть змогу прискорити процес виміру зносу зразків.

Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день, для виміру зносу зразків, існує декілька методів, найбільшого поширення з яких набув оптичний. У цьому методі застосовується збільшувачий оптичний пристрій та лінійка. Велика похибка існуючих пристроїв має суттєвий вплив на результати виміру і тому впливає необхідність розробки нового, більш точного пристрою [1 – 3].

Формулювання цілей статті. Пропонується, у процесі проведення дослідів матеріалів на знос та тертя, для виміру геометричних розмірів лунок зразка використання електротехнічного методу вимірювання, що дозволить збільшити точність результатів вимірювання, зменшити похибку оператора та прискорити процес виміру.

Основна частина. Дослідження триботехнічних властивостей біопаливо-мастильних матеріалів проводились на машині тертя МАСТ-1. В основі методу покладено зовнішній нагрів зразків при наявності біопаливо-мастильних матеріалів на поверхні тертя, постійне контактне навантаження та постійна низька швидкість ковзання [2].

Дослід проводився за декількома схемами (рис. 1) [3].

Розглянемо схему дослідження кулька – металевий брусок (рис. 1 г). Кулька закріплюється у шпindel, що обертається. Зразок закріплюють в оправу, що розташована в чашці з змащувальним матеріалом. Далі проводиться навантаження зразків. Вихідними параметрами для аналізу триботехнічних властивостей змащувальних матеріалів є трибограма із зареєстрованих на ній зміню моменту тертя та геометричні параметри лунки (D , h) на поверхні циліндричної колодки. Після кожного дослідів проводився вимір вихідних параметрів та їх реєстрація.

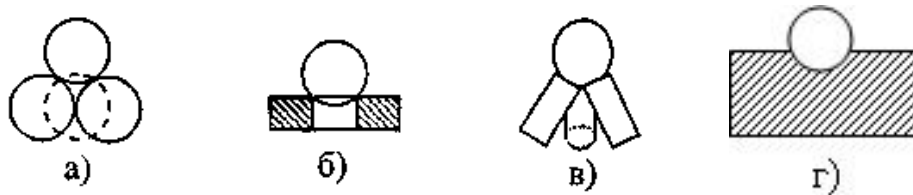


Рис. 1. Схеми дослідження пар тертя:

а) кулька, що обертається – три кульки; б) кулька, що обертається – зразок у вигляді кільця; в) кулька, що обертається – ролики; г) кулька, що обертається – циліндрична колодка.

Якщо аналіз трибограми не викликає суттєвих ускладнень, то вимір геометричних параметрів лунки потребує великої точності. Геометричними параметрами лунки є її радіус та глибина. Ці параметри вимірюються великими, дорогими, багатофункційними приладами. Це обладнання використовується в сучасних триботехнічних лабораторіях, де дослідів проводяться постійно. Для одиничних лабораторних досліджень немає сенсу купувати таке дороге обладнання. Тому в таких дослідів глибину лунки розраховують аналітичним способом. Та при аналітичному розрахунку не враховуються особливості форми лунки, що приводить до похибок. Або її глибина не враховується зовсім, що також приводить до похибки. При цьому міряють лише радіус лунки оптичним пристроєм або мікрометром. Тому виникла необхідність розробки методу виміру глибини лунки для виключення похибки з кінцевого результату.

Після аналізу існуючих пристроїв виміру геометричних параметрів було вирішено запропонувати ємнісний метод виміру і розробити пристрій, що буде контролювати знос пар тертя при триботехнічних дослідів. В основу методу покладено явище накоплення зарядів в електростатичному полі. Тобто маємо своєрідний конденсатор.

Величинами, що впливають на ємність конденсатора є механічне переміщення, що змінює проміжок D пластиною конденсатора та поверхнею зразка, площа S пластини конденсатора, діелектрик, що впливає на діелектричну проникність ϵ речовини. За умовами дослідів буде змінюватись зазор або склад діелектрика. В результаті проведен-

ня досліду ми отримуємо зразок (рис. 2) з досліджуваними параметрами.

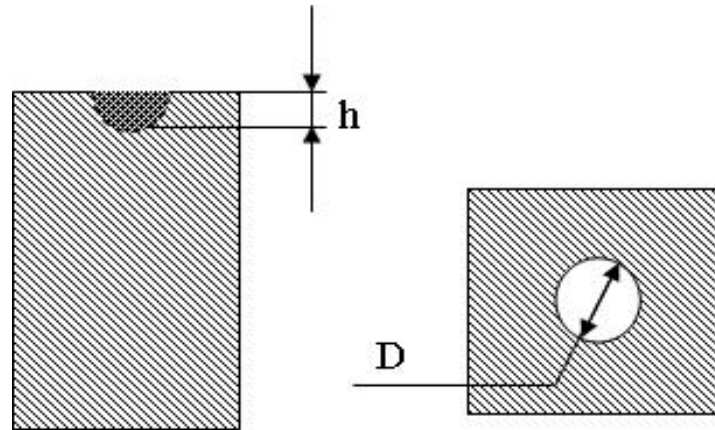


Рис. 2. Схематичне зображення зразку після проведення досліду.

Якщо зверху до зразка прикласти металеву пластину, а між ними прошарок діелектрика, отримаємо конденсатор (рис. 3). Ємність цього конденсатора буде залежати від параметрів лунки, тобто змінюватись при зміні цих параметрів.

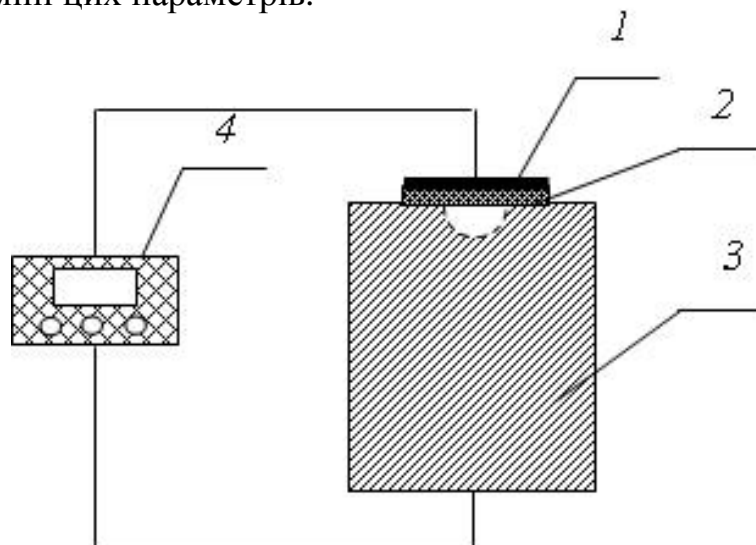


Рис. 3. Схематичний вид пристрою для контролю зносу трибо спряжень: 1) металеві пластини; 2) діелектричний прошарок; 3) зразок; 4) вимірювач ємності.

Процес виміру проходить наступним чином: зразок, лунка якого буде вимірюватись, закріплюється в затискачі. При цьому він ізолюється від нього гумовими прокладками. Після того, як встановили зразок, зверху на лунку ми встановлюємо прошарок діелектрика, таким чином, щоб він повністю перекривав лунку. Заздалегідь до діелектрика приєднується металеві пластинка. Вона відіграє роль обкладки конденсатора, що при цьому утвориться. Закріплення обкладки, утвореної з металеві пластини, виконується за допомогою зажиму з діелектричного матеріалу. До контактів, що приєднані до обкладинок

отриманого конденсатора, підключається пристрій, що вимірює ємність. При цьому пристрій попередньо відтарировано на вимір лінійних параметрів лунки.

В процесі досліду на циліндричній колодці утворюється лунка глибина якої залежить від швидкості, з якою оберталась кулька, часу досліду та матеріалу зразків. При зміні глибини лунки буде відповідно змінюватись ємність конденсатора. Глибина (h) лунки обмежується умовою

$$h \leq R_{\text{кульки}}, \quad (1)$$

де h – глибина лунки, м;

R – радіус кульки, що обертається, м.

Для того щоб переконатися чи буде змінюватись ємність при зміні параметрів лунки та її діапазон, зробимо аналітичний розрахунок. Початковими умовами будуть: зразок з лункою, обкладка, діелектрик з паперу що просочений парафіном. Задамося довільними значеннями радіусу лунки з урахуванням умови (1). Тобто він буде змінюватись від 0 до 0,005 м.

Ємність плоско-паралельного конденсатора знаходиться за формулою [4]

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}, \quad (2)$$

де ε – відносна діелектрична проникність середовища;

ε_0 – відносна діелектрична проникність, $\varepsilon_0 = 8,87 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

d – товщина діелектрика, м;

S – площа обкладинок конденсатора, м².

Оскільки мають місце одночасно два різних діелектрика, діелектрик та простір утворений лункою, з різною формою, то при представленні об'єму півкулі еквівалентним кубом, можна представити їх як два послідовно з'єднаних конденсатора. Ємність послідовно з'єднаних конденсаторів розраховується за формулою [4]

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}, \quad (3)$$

де C_1 – ємність першого конденсатора з діелектрика, Ф;

C_2 – ємність другого конденсатора з еквівалентним кубом, Ф.

Ємність першого конденсатора, що має плоско-паралельну форму розраховуємо за формулою (2) при квадратній формі пластин та довжині сторони $a_e = 1,2 \cdot r = 0,006$ м. Ємність другого конденсатора визначається за формулою

$$C_2 = \frac{\varepsilon_2 \cdot \varepsilon_0 \cdot d_n^2(h)}{d_n(h)}, \quad (4)$$

де ε_2 – діелектрична проникність об'єму лунки, Ф/м;

$d_n(h)$ – довжина грані умовного кубу у функції досліджуваної глибини лунки, м.

Підставивши у формулу (3) значення ємностей (2) та (4), отримаємо

$$C = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_2 \cdot a_e^2 \cdot d_l(h)}{\varepsilon_1 \cdot a_e^2 + \varepsilon_2 \cdot d_l(h) \cdot d}, \quad (5)$$

де ε_1 – відносна діелектрична проникність діелектрика плоского конденсатора;

ε_2 – відносна діелектрична проникність об'єму кульки;

d – товщина діелектрика плоского конденсатора, м;

a_e – площа обкладинок конденсатора, м².

Відповідно до отриманої формули загальної ємності конденсатора можна відзначити, наявність кореляційного зв'язку $C(h)$ з глибиною лунки h . Це можливо у випадку сталості параметрів конденсаторів: ε_1 , ε_2 , d , a_e .

Глибину лунки h можна розрахувати за формулою

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d_l^2}}{2}, \quad (6)$$

де D – діаметр кульки, м;

d_l – діаметр лунки, м.

В результаті аналізу впливу матеріалів діелектриків ε_1 та ε_2 на загальну ємність досліджуваного послідовного конденсатора (5) необхідно зауважити, необхідність використання матеріалів однакової діелектричної проникності (таблиця 1). Оскільки, відомо, що у виразі $x_1 \cdot x_2 / (x_1 + x_2)$, де x_1 та x_2 довільні постійні, значення буде максимальним при $x_1 = x_2$, або у випадку $x_1 < x_2$ менше за x_1 .

Таблиця 1 – Відносна діелектрична проникність поширених діелектриків [4]

Дистильована вода	81,0
Гліцерин	39,2
Керосин	2,0
Парафін	2,2
Слюда	7,0
Скло	7,0
Ебоніт	3,0
Повітря	1,006

Висновки. Впровадження даного методу у дослідницький процес дозволить збільшити точність вимірювань геометричних параметрів, що буде суттєво впливати на результати досліджень. Прискорення процесу виміру дозволить заощадити час і використати його на проведення інших операцій, пов'язаних з дослідом. Пристрій на основі запропонованого методу буде мати невелику вартість. В результаті аналізу розрахункової формули ємності необхідно зазначити, що діелектрик,

який ізолює пластину конденсатору від досліджуваної поверхні, та заповнює об'єм лунки повинен бути або однаковим або мати максимально однакові значення відносної діелектричної проникності (рекомендовано використовувати дистильовану воду з гумовими упорами рухомої пластини конденсатора, пару діелектриків (ебоніт + парафін).

Подальші теоретичні та практичні дослідження необхідно спрямувати на обґрунтування параметрів $d_n(h)$, виборі технічних засобів дослідження, методики виконання експерименту та обробки результатів, розробка заходів щодо виробничого використання обладнання.

Літераура

1. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника/ *Д.Н. Гаркунов* – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.

2. *Интернет ресурс*, Russian Hamradio, радіотехнічний сервер републіки Комі [Електроний ресурс].: – Режим доступу: <http://qrx.narod.ru/hams/tel kl.htm>

3. *Аксенов А.Ф.* Трение и изнашивание металлов в углеводородных жидкостях / *А.Ф. Аксенов* – М.: Машиностроение, 1977. – 154 с.

4. *Тевяцев А.Д.* Фізика у прикладах та задачах: Навч. посібник / *А.Д. Тевяцев, А.І. Рибалка, І.М. Кібець, В.О. Стороженко.* – Харків: ХТУРЕ, 2000. – 628 с.

ОЦЕНКА ИЗНОСА ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ В СРЕДЕ БИОТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Журавель Д.П.

Аннотация

Работа посвящена разработке электротехнического метода контроля износа пар трения в среде биотопливо-смазочных материалов при триботехнических исследованиях

ESTIMATION OF WEAR OF TRABEJOINT IS IN THE ENVIRONMENT OF BIOFUEL AND OIL MATERIALS

D. Juravel

Summary

That work is devoted to development of electrotechnical quality monitoring of wear of pairs friction in the environment of biofuel at the tribotechniques researches.