УДК 620.176.162.
В.І. Гурей, канд. техн. наук; Т.А. Гурей, канд. техн. наук;
І.В. Гурей, докт. техн. наук, проф.
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВТОРИННИХ СТРУКТУР В ЗОНІ ТЕРТЯ ЗМІЦНЕНИХ ПОВЕРХОНЬ

V. Gurey, Ph.D.; T. Hurey, Ph.D.; I. Hurey, Dr., Prof.
THE RESEARCH OF QUALITY OF THE SECONDARY STRUCTURES IN WEAR ZONE OF HARDENING SURFACES

Зносостійкість пар тертя в значній мірі залежить якості вторинних структур, що утворюються в зоні тертя. У процесі навантаження у зоні тертя відбувається докорінна зміна стану поверхні. Ця зміна відбувається в результаті дії високих питомих навантажень, великої швидкості їх прикладання, температури і середовища. Зміна стану тонких поверхневих шарів під час роботи пари тертя може бути зворотною, яка зникає після зняття навантаження, і залишковою. Обидві ці зміни впливають на працездатність пари тертя і, також, на якість вторинних структур. Таким чином, вторинні структури є визначальним фактором, який впливає на зносостійкість при різних видах тертя. Але, існуючі в даний час механічні і фізичні методи дослідження вторинних структур (вимірювання мікротвердості, рентгенографія, спектрографія, оптична, електронна мікроскопія і інші) не дозволяють вивчати якість цих структур у процесі тертя. У зв'язку з цим нами зроблена спроба використовувати для визначення якості вторинних структур у процесі тертя електрохімічний метод, який полягає у визначенні електродного потенціалу між контактуючими деталями під час тертя. Електродний потенціал пари тертя вимірюється в процесі зношування по відношенню до каломельного електроду порівняння. При зануренні кільця у робочий розчин електродний потенціал зсувається у негативну сторону і через 10 хв. стабілізується. У процесі досліджень за точку нульового відліку приймається усталене значення електродного потенціалу при нерухомих зразках і без їх навантаження.

Досліди показали, що у всіх випадках на початку тертя після ввімкнення приводу обертання установки тертя і навантаження зразків, відбувається зсув потенціалу в додатну сторону, як результат руйнування вихідних окисних плівок, потім він поступово зсувається у протилежному напрямку до усталеного значення. Зсув електродного потенціалу в негативну сторону в початковий період свідчить про початок формування вторинних структур, а усталена величина електродного потенціалу – про завершення етапу припрацювання і формування рівноважних вторинних структур, які є необхідною умовою для нормального процесу тертя. Слід зауважити, що максимальна зносостійкість пари тертя відповідає мінімальному значенню електродного потенціалу. Таким чином, спостерігається повна кореляція між величинами зношування і електродним потенціалом під час тертя вуглецевих і хромонікелевої сталей у різному структурному стані, а також сірого чавуну.

Методи поверхневого оброблення та зміцнення впливають на формування стабільних і якісних вторинних структур. Збільшення вмісту вуглецю і легуючих елементів, підвищення твердості сталі, подрібнення структури поверхневого шару сприяють зростанню швидкості формування якісних і стабільних вторинних структур та підвищенню зносостійкості пари тертя. На це вказує зміна електродних потенціалів у процесі тертя.

Дослідження зразків зі зміцненим поверхневим шаром, з нанокристалічною

структурою (білий шар), який має вищу твердість і в'язкість, ніж структура після гартування і низького відпуску, показали підвищення зносостійкості, що підтверджує кінетика зміни електродного потенціалу в процесі тертя. Незалежно від вмісту вуглецю у вихідній сталі, електродний потенціал зразків зміцнених фрикційною обробкою з утворенням нанокристалічних структур (білих шарів) підвищується. Збільшення електродного потенціалу зареєстровано під час випробувань зміцнених шарів на сталях з підвищеним вмістом вуглецю. Це повністю корелює з якістю утворених білих шарів і їх зносостійкістю. Легування сталі хромом і нікелем сприяє формуванню якісних нанокристалічних структур (білих шарів). У даному випадку під час тертя зафіксовано найбільші значення електродного потенціалу. При випробуванні сірого чавуну спостерігається незначна зміна електродних потенціалів, але зберігається вище вказана закономірність. Найменше значення електродного потенціалу отримано під час дослідження незміцнених пар тертя, тільки шліфованих, найбільше – після гартування СВЧ і зміцнення фрикційною обробкою. Таку незначну зміну електродного потенціалу можна пояснити високим вмістом вуглецю у чавунах. Максимальний зсув величини електродного потенціалу в позитивну сторону спостерігається під час дослідження зразків, виготовлених з загартованої і низьковідпущеної сталі 40ХН з білим шаром, дещо менший – на покращеній.

На основі аналізу проведених дослідів слідує, що чим більше зміщується величина електродного потенціалу у позитивну сторону, тим якісніші вторинні структури. Збільшення вмісту вуглецю в сталі і підвищення твердості не призводить до суттєвої зміни вказаної закономірності. Характер зміни зносостійкості досліджуваних пар тертя у корозійному середовищі є аналогічним, як і у мастильно-абразивному. Отримані результати підтверджують висновки про те, що за зміною електродного потенціалу в процесі тертя можна судити про динамічну рівновагу процесів утворення і руйнування вторинних структур в зоні тертя. Аналогія характеру зношування пар тертя як у корозійному, так і у мастильно-абразивному середовищах вказує на подібність механізму утворення вторинних структур у обох випадках. Необхідно відмітити, що зносостійкість вуглецевих сталей у корозійному середовищі значно нижча, ніж у мастильно-абразивному.

Досліди показали, що зі збільшенням питомого навантаження від 0,75 МПа до 2,0 МПа електродний потенціал зміщується у від'ємну сторону від 20 мВ до 65 мВ. У випадку дослідження зразків, зміцнених фрикційною обробкою зміщення є меншим, а шліфованих – більшим. Зміщення електродного потенціалу є меншим під час дослідження зразків зі сталей з підвищеним вмістом вуглецю (У8) та з середнім вмістом і легованих хромом та нікелем (40ХН), ніж з низьким вмістом вуглецю і нелегованих (сталь 35, 45). Це свідчить про те, що при терті високовуглецевих або середньовуглецевих легованих сталей створюється більш сприятливі умови для утворення рівноважних якісних вторинних структур.

Дослідження показали також, що під час підвищення температури електроліту від 20 ^{0}C до 70 ^{0}C характер зміщення електродного потенціалу для пари тертя так і еталонного зразка, зануреного у той же електроліт як в стані спокою, так і в процесі тертя, не однаковий. Для пари тертя це зміщення є меншим, а для еталона більшим, що свідчить про те, що в стані спокою відбуваються тільки корозійні процеси, а при терті у поверхневих шарах формуються вторинні структури, які мають інші хімічні та фізико-механічні властивості, ніж основна структура металу.

Таким чином, визначення величини електродних потенціалів під час тертя є простим та ефективним методом визначення зносостійкості і підбору матеріалів пар тертя.