

УДК 621.891

## ЗВ'ЯЗОК ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ МЕТАЛУ З КОЕФІЦІЄНТОМ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Ю.Б. Білонога, Д.В. Чабан

*Експериментально показано, що в процесі тертя при збільшенні швидкості ковзання коефіцієнт тертя практично не змінюється, що узгоджується з низкою літературних джерел. На прикладі пари тертя "кобальт – кобальт" теоретично обґрунтовано, що зміна коефіцієнта тертя можлива за умови алотропічного перетворення зразків металу в діапазоні досліджуваних температур і пов'язана із зміною поверхневої енергії на межі "метал – метал".*

*Експериментально показано, что в процессе трения при увеличении скорости скольжения коэффициент трения практически не изменяется, что согласуется с рядом литературных источников. На примере пары "кобальт – кобальт" теоретически обосновано, что изменение коэффициента трения возможно при условии аллотропического превращения образцов металла в диапазоне исследуемых температур и связано с изменением поверхностной энергии на границе "металл – металл".*

Однією з головних проблем сучасного машинобудування є зменшення інтенсивності зносу в парах тертя ковзання. Її розв'язання можливе кількома методами, зокрема використанням ефективних мастильних матеріалів.

Одним із способів мінімізації коефіцієнта тертя є наводнювання поверхонь контакту [1, 8].

Експериментальні і теоретичні роботи показують, що водень як поверхнево-активний елемент суттєво зменшує поверхневу енергію, що веде до збільшення параметрів ґратки металу. Доведено [12], що при вмісті водню в залізі (0,1 – 4 см<sup>3</sup>/кг) його питома поверхнева енергія зменшується від 1,6 до 0,6 Дж/м<sup>2</sup>.

При застосуванні в мастилах поверхнево-активних елементів на поверхнях мідевмісних сплавів ініціюється явище вибіркового переносу. При цьому коефіцієнт тертя зменшується на 1–2 порядки [4, 5]. Доведено, що в умовах вибіркового переносу суттєво збільшуються параметри ґратки міді [10]. Аналогічне збільшення параметрів ґратки цинку під впливом поверхнево-активного галію в металоплакувальному мастилі зафіксовано нами [7].

Отже, незважаючи на всю складність і багатофакторність системи при зношуванні в умовах наводнювання та в режимі вибіркового переносу, можна констатувати, що суттєве зменшення коефіцієнта тертя в обох випадках викликане мінімізацією поверхневої енергії на межі "метал – метал".

Нами була проаналізована література і проведена серія експериментів по виявленню впливу швидкості ковзання і температури поверхонь контакту на коефіцієнт тертя та інтенсивності зносу металів. Експерименти проводились на установці СМТ-1, яка працює за схемою тертя ковзання диска та колодки, при частотах обертання диска 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 об./хв, що відповідає лінійній швидкості обертання, відповідно, 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 м/с. База випробувань – 10000 циклів. Навантаження колодки на диск при всіх експериментах – 100 Н. Матеріал диска – сталь 38Х2Н2МА, колодки – сталь 20.

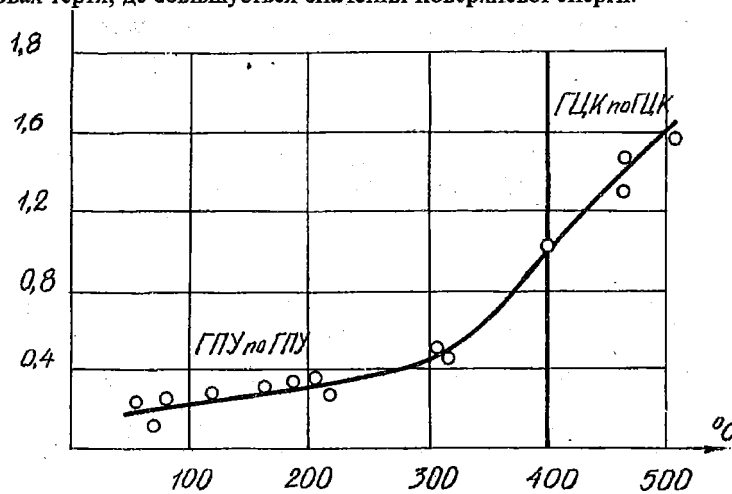
Зафіксовано, що при зміні лінійної швидкості в діапазоні від 0,3 до 1,0 м/с момент тертя диска відносно колодки практично не змінюється. Залишається на одному рівні і масовий знос диска та колодки при постійному значенні бази випробувань. Постійне значення моменту тертя при зміні швидкості обертання добре узгоджується з рядом робіт [7, 9].

Виявлено, що при зміні швидкості обертання диска у зазначеному діапазоні температура в приповерхневих шарах, яка реєструвалась автоматично за допомогою вмонтованої термопари ХА, підвищувалася від 56 до 98° С.

Зовсім іншу ситуацію маємо, коли в контакт вступають метали, яким у діапазоні досліджуваних температур властиві алотропічні перетворення. Наприклад, кобальт, який при 450°С перетворюється з ГПУ в ГЦК структуру. При контакті "кобальт – кобальт" [11] коефіцієнт тертя до температури 450° С дещо зменшується, а при досягненні її – різко зростає (див. рисунок).

Відомо, що ГПУ структура відзначається максимальною відстанню між окремими базисними площинами, де, відповідно, мінімальне значення поверхневої енергії [2, 6]. При контактуванні металів з ГПУ структурою переміщення площин відбувається відносно базисної. При контактуванні металів з ГЦК структурою переміщення шарів можливе відносно площини

111. Отже, у випадку кобальту при 450° С відбувається миттєва переорієнтація площин ковзання в умовах тертя, де збільшується значення поверхневої енергії.



Вплив температури поверхні контакту пари «кобальт – кобальт» на коефіцієнт тертя

Таким чином, домінуючим фактором у процесі тертя ковзання є поверхнева енергія на межі "метал – метал". Її зміна призводить до аналогічної зміни коефіцієнта тертя. Це може бути корисним для широкого спектра проблем трибології.

А.С. 609021 СССР МКИ F16. Способ уменьшения коэффициента трения металлов /Г.В. Карпенко, К.Б. Кацов, А.К. Литвин, В.И. Ткачев, Р.А. Хруник. Опубл. 12.04.78. Бюл. №20. 2. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии. М., 1986. 3. Билонога Ю.Л. Повышение фреттинг-усталостной долговечности сталей путем уменьшения поверхностной энергии металла контртела: Автореф. дис... канд. техн. наук. Львов, 1989. 4. Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения /Под ред. Д.И. Гаркунова. М., 1982. 5. Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения и его экономическая эффективность. М., 1972. 6. Киттель И. Введение в физику твердого тела. М., 1978. 7. Крагельский И.В., Любарский И.М., Гусяков А.А. Трение и износ в вакууме. М., 1973. 8. Литвин А.К., Ткачев В.И. Явление облегчения деформирования и разрушения металлов в присутствии водорода // Физико-химическая механика материалов. 1976. №2. С.66-69. 9. Мугнеян С.Ф., Смирнов Н.И. Коэффициент трения скольжения при использовании пластичных смазок //Трение и износ. 1991. №6. С. 1078 -1082. 10. Рыбакова Л.М., Куксенова Л.И. Исследование структуры поверхностного слоя, формирующегося в зоне контакта в условиях избирательного переноса //Физико-химическая механика материалов. 1976. №1. С. 100 - 104. 11. Трение и изнашивание при высоких температурах /Под ред. Хрущева М.-М., 1973. С. 53 - 58. 12. Gorfolo F., Chou Y., Ambegakar V. The effect of hydrogen on stability of micro cracks in iron and steel //Acta Met/. 1960.