

Вплив модифікаторів тертя на триботехнічні характеристики контакту

Проведено аналіз антифрикційних та протизношувальних добавок до мастильних матеріалів та розглянуто механізми утворення захисних плівок на елементах трибосполучення.

Дослідження структурних змін при терті набувають великого значення у зв'язку з розвитком інженерних методик оцінки зносу в залежності від зовнішніх факторів і характеристик пар тертя. Їх аналіз дозволяє визначити механізм зношування, оцінити ступінь зміни властивостей поверхневих шарів при терті, в порівнянні з об'ємними властивостями матеріалів. Підвищене зношування як при високих, так і при низьких температурах, як правило, відбувається у деталей з однорідним рівномірним поверхневим шаром [1]. Утворення дисперсних структур підвищеної зносостійкості відбувається за певного термодинамічного впливу з урахуванням особливостей фізико-хімічних властивостей матеріалів трибосполучення. Проте величина кореляції між зносостійкістю та однорідністю поверхневого шару суттєво відрізняється і залежить не тільки від динаміки навантаження, а й від фізико-хімічних властивостей матеріалу, що вказує на складність керування синергетичними процесами [2]. Чим більш зносостійким у зазначених умовах випробувань є матеріал, тим більшою мірою відбувається структурна самоорганізація і менш позначається складність динамічного навантаження в контактні трибосполучення на його зносостійкість.

В сучасному машинобудуванні перспективними являються технології відновлення зношених поверхонь в процесі експлуатації машин та механізмів. Повніше відображає суть процесу інше формулювання – «безрозбірне відновлення зношених поверхонь тертя в процесі роботи машини». Сутність процесу безрозбірного відновлення наступна. При роботі триботехнічної системи на ділянках фактичного дотику поверхонь тертя виникає контактне навантаження, а в окремих місцях «перенавантаження», при якому виділяється надлишкова енергія, що обумовлює домінування руйнівних процесів, які призводять до інтенсифікації зношування. Якщо ж у зону посиленого зношування ввести спеціальний матеріал, то енергія руйнування перетворюється на енергію утворення нових структур з цим матеріалом, що призведе до відновлення слідів зносу в процесі експлуатації трибосистеми та забезпечить подовження терміну роботи механізму машини [3]. Такими спеціальними матеріалами, відомими в даний час, є: мастильні матеріали з додаванням добавок, полімерні склади та металокерамічні спеціальні ремонтно-відновлювальні склади (РВС).

Метою роботи є аналіз антифрикційних добавок, їх фізико-хімічних характеристик та можливостей використання модифікаторів тертя.

Графітові мастильні матеріали - всі мастильні матеріали, у складі яких є графіт. Він може виступати в ролі добавок або у вигляді порошку використовуватися як самостійний матеріал. Часто можна зустріти графітове мастило у вигляді рідких масляних дисперсій – їх формула не передбачає використання загущувача. Додавання графіту до складу мастильних матеріалів надає їм додаткові поліпшені властивості, дозволяючи краще утримуватися в зоні тертя і протистояти високим навантаженням. Оптимальні результати отримали при введенні 5 % графіту. Встановлено, що утворена плівка мастильного матеріалу з графітом призводить до зниження коефіцієнту тертя, швидкості зношування, що зумовлено можливою динамічною рівновагою між перенесенням і відшаруванням продуктів тертя [4] (рис. 1).

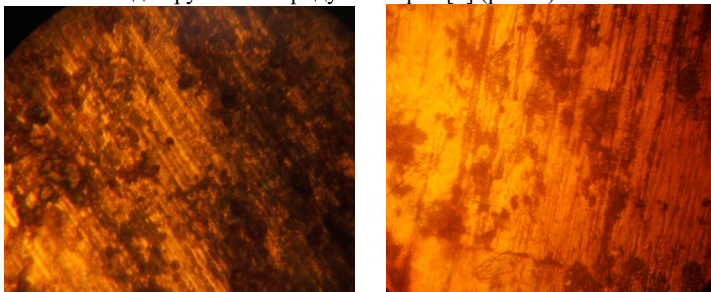


Рис. 1. Поверхня сталі 45 після напрацювання 3000 циклів при змащуванні трансмісійною оливою ТАД-17і з 1% графіту.

Мастильні матеріали з графітом мають такі характеристики: підвищена несуча здатність; поліпшені антифрикційні властивості; водостійкість; відмінна адгезія; антистатичні властивості; гарне поєднання ефективності і вартості.

До недоліків можна віднести те, що графіт має високу електропровідність. При достатньо високій концентрації в складі мастильного матеріалу вони також можуть мати електропровідні властивості. До недоліків цих матеріалів можна додати також обмеження на використання у високошвидкісних механізмах і вузлах з високою точністю виготовлення деталей. У цих випадках частинки графіту порушують геометрію контакту, що призводить до прискореного зносу деталей [5].

Дисульфід молібдену (MoS_2) - неорганічна бінарна хімічна сполука чотиривалентного молібдену з двовалентною сіркою. Дисульфід молібдену являє собою важкий сіро-блакитний або зеленувато-чорний кристалічний порошок, жирний на дотик (як графіт), твердість 1-1,5 за шкалою Мооса. MoS_2 з розміром частинок в діапазоні 1-100 мкм є сухою змащувальною речовиною, яка проявляє високі мастильні та стабільні властивості до температур 350 °C в окисних середовищах, а також у вакуумі. При випробуванні MoS_2 з використанням трибметра при низьких навантаженнях (0,1-2 Н) одержані значення коефіцієнта тертя менше 0,1 [6, 7].

Дисульфід молібдену часто є компонентом сумішей та композиційних матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя. Такі матеріали

використовуються в високонадійних механізмах, наприклад, в авіаційних двигунах. Дисульфід молібдену використовують також в якості армуючої добавки до полімерних матеріалів. При додаванні до пластмаси MoS_2 формує композиційний матеріал з покращеною міцністю та ефективними антифрикційними характеристиками. Були розроблені самозмазуючі композиційні покриття для високотемпературних конструкцій, що складаються з дисульфиду молібдену і нітриду титану за допомогою CVD-технології [8].

Металокерамічні ремонтно-відновлювальні склади (РВС). Новим напрямом в автохімії та трибології є «геотрибологія». Термін включає поняття трьох процесів – тертя, знос і змащування шаруватими серпентинітовими мінералами та сполуками геологічного походження, що мають мікро- та нанорозміри. На основі цих матеріалів створюються спеціальні добавки в мастильні матеріали. Ці добавки можуть вступати у взаємодію з металом поверхонь тертя і формувати на них металокерамічний захисний шар, який відновлює зношену поверхню [4, 9].

За хімічним і фазовим складом РВС являє собою класичний магнезійно-залізистий силікат (серпентин), що є формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінів, кінцевими фазами якого є форстерит (Mg_2SiO_4) і (Fe_2SiO_4). Відновлення та зміцнення рухомих сполук, за описом розробників металокерамічних матеріалів здійснюється за рахунок формування на поверхнях тертя структур підвищеної міцності, підвищення термодинамічної стійкості системи поверхня тертя – мастильний матеріал. Поверхнево-активні речовини металокерамічного відновника, після введення в трибосистему хімічно (каталіз) і фізично (суперфініш) очищують поверхні тертя від оксидів та відкладень, які утворюються в процесі експлуатації. При терті створюються умови утворення ювенільної поверхні, що спричинює утворення металевого зв'язку частинок складу РВС з поверхнею деталей (рис. 2). Поступово на поверхнях тертя формується металокерамічне покриття, що частково відновлює дефекти поверхні тертя, і має високі антифрикційні та трибозмазуючі властивості [3, 4].

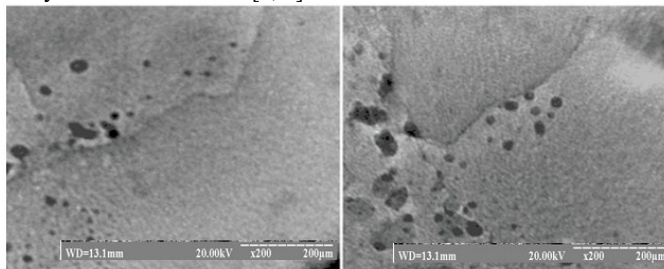


Рис. 2. Поверхня тертя сталі 40X після напрацювання 500 циклів при змащуванні трансмісійною оливою ТАД-17і з додаванням 1,5 % РВС.

При застосуванні складів РВС недоліком утвореного відновлювального поверхневого шару може бути порушення його

температурної стабільності внаслідок додаткового теплового опору металокерамічного покриття.

Висновок

Визначено підвищення антифрикційних та протизношувальних показників мастильних матеріалів за рахунок додаткового їх модифікування графітом, дисульфідом молібдену або ремонтно-відновлювальним складом. Механізм поліпшення експлуатаційних характеристик мастильних матеріалів з модифікаторами тертя полягає в створенні захисного поверхневого шару в процесі самоорганізації трибосистеми при терті.

Список літератури

1. Ivschenko L., Tsyganov V., Frolov M. The structural self-organization of details of tribocoupling in the conditions of the complicated thermodynamic loading / *Visnyk Chernihiv State Technological University*. – 2012. – №3 (59). – P. 5-11.
2. Ivshchenko, L.I., Tsyganov, V.V. & Zakiev, I.M. Features of the wear of tribojoints under three-dimensional loading/ *J. Frict. Wear*. – 2011. – Vol. 32, Is. 1. – P. 8–16.
3. Garkunov D. Current problems of triboengineering and its public importance. / *Garkunov D // Repair, restoration, modernization, 2007*, no 6. P. 2–4.
4. Golchin A. Tribological behaviour of polymeric materials in water-lubricated contacts / A. Golchin, G.F. Simmons, S. Glavatskih, B. Prakash // *Proc Inst Mech Eng Part J J Eng Tribol*. – 2013. - 227 (8). - P. 811-825.
5. Pan, G.: Tribological behaviors of graphite / Pan, G., Guo, Q., Ding, J., Zhang, W., Wang, X // epoxy two-phase composite coatings. *Tribol. Int.* 43, P.1318–1325 (2010).
6. Miessler G. *Inorganic Chemistry* / Miessler G., Tarr D. // 3rd Ed. — Pearson/Prentice Hall publisher, 2004.
7. Shriver D. *Inorganic Chemistry* / Shriver D., Atkins P., Overton T., Rourke J. P., Weller M., Armstrong F. // New York: W. H. Freeman and company., 2006.
8. Oak Ridge National Laboratory URL: https://web.archive.org/web/20100112175543/http://www.ornl.gov/info/press_releases/get_press_release.cfm?ReleaseNumber=mr19950329-01.
9. Енциклопедія сучасної України URL: <https://esu.com.ua/article-66072> (Last accessed: 14.03.2023).