**Олександренко Віктор Петрович. Механохімія і реологія зносостійкості механічних трибосистем : Дис... д-ра наук: 05.02.04 – 2006**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Олександренко В.П.**Механохімія і реологія зносостійкості механічних трибосистем. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах. – Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, 2006.  В дисертації з позицій дисипативної природи явищ, що ініціюються зовнішнім навантаженням, комплексно розглянуто механохімічні реакції і реологічні процеси контактної взаємодії та їх вплив на триботехнічні характеристики сполучених поверхонь. Встановлено взаємозв’язок між проявом механічних та фізико-хімічних релаксаційних процесів і швидкісно-навантажувальними і температурними умовами динамічного контактування при однонаправленому і реверсивному (фреттинзі) терті. Наведено механо-хімічну модель процесу тертя та зношування. Вивчено вплив фреттинг-корозії на чутливість сталі до корозійного розтріскування. Досліджено ефективність існуючих і запропоновані нові методи обробки поверхонь тертя та регулювання газовмісту рідинного середовища з метою підвищення зносостійкості та тривалої міцності металів. | |
| |  | | --- | | 1. У результаті проведеного циклу теоретичних і експериментальних досліджень вирішена науково-технічна проблема, яка має важливе народногосподарське значення, що полягає в підвищенні контактної міцності та довговічності елементів трибосистем на основі розробки і реалізації нової концепції керування зносостійкістю вузлів тертя, яка грунтується на регулюванні інтенсивності окиснювальних механохімічних реакцій і прояві матеріалом непружних (релаксаційних) властивостей. Уперше з єдиних позицій дисипативної природи ініційованих при зовнішньому навантаженні явищ комплексно розглянуті механохімічні реакції і реологічні процеси контактної взаємодії, отримані та узагальнені кількісні дані про їхній взаємозв'язок і вплив на триботехнічні характеристики сполучених поверхонь. Поглиблено теоретичні положення фізико-хімічної механіки матеріалів - трибохімії і трибореології металів.  2. Виявлені загальні закономірності трибохімічних реакцій зі зміни газового складу при терті в рідких робочих середовищах: водних розчинах електролітів із різним рН та вуглеводневих рідинах (паливах, мастилах). Показано принципову ідентичність більшості вивчених трибохімічних процесів. Виявлено взаємозв'язок між зміною газового складу в рідинному середовищі, викликаною механохімічними процесами, й величиною зношування пари тертя.  3. Для водних електролітів установлена залежність величини зносу сталі від інтенсивності і характеру провідного процесу деполяризації. Для рівноважних розчинів у ході тертя поряд із виділенням водню встановлено переважання катодних процесів з кисневою деполяризацією. Зменшення вмісту в електроліті розчиненого кисню насиченням його нейтральним газом (аргоном) призводить до інтенсифікації процесів з водневою деполяризацією й загального зниження інтенсивності зношування за рахунок анодного розчинення металу поверхні тертя. У випадку насичення водних розчинів киснем прискорюється катодний процес кисневої деполяризації із зростанням величини зносу.  4. На основі хроматографічного методу розроблена методика кількісного визначення відносного внеску корозійного і механічного факторів у пошкоджуваність поверхонь при терті з урахуванням хімічних та електрохімічних явищ, що дозволяє визначити провідні процеси зношування.  5. Виявлено зв'язок між екстремальним зниженням зношування сталі при певних температурно-швидкісних умовах тертя і проявом релаксаційних піків внутрішнього тертя (пік Сноека і пік Кьостера). Зменшення релаксаційного внутрішнього тертя веде до підвищення зносу пари тертя внаслідок розвитку пошкоджуючих релаксаційних явищ. У цих умовах інтенсифікація трибохімічних релаксаційних процесів шляхом підвищення окиснювальної здатності середовища призводить до сприятливої дисипації підведеної механічної енергії з утворенням екрануючих плівок і росту опору матеріалу зношуванню. Однак в умовах прояву одним із елементів пари високого рівня внутрішнього тертя підвищення окиснювальної активності середовища викликає зростання його зношувальної здатності стосовно до контртіла.  6. Показаний взаємозв'язок зносостійкості матеріалу із субструктурними змінами, які протікають під час динамічного контактування поверхонь. Термомеханічне (субструктурне) зміцнення сталі внаслідок динамічного деформаційного старіння (ДДС) при збереженні рухливості дислокацій з атомами домішок і накладання деформаційного максимуму внутрішнього тертя (релаксації Кьостера) при певній швидкості й температурі тертя сприяє ефективній дисипації підведеної механічної енергії за рахунок недосконалої пружності контактуючих матеріалів, що зменшує ймовірність появи релаксаційних тріщин та інших пошкоджуючих явищ. Причиною різкого збільшення зношування сталі зі структурою загартування за певних температурно-швидкісних умов тертя виступає динамічне старіння (відпуск під напруженням), що викликає ефект окрихчення внаслідок стабілізації структури.  7. Установлено, що знос пари тертя залежно від прикладеного навантаження являє собою інтегральний результат інтенсивності протікаючих трибохімічних реакцій і внеску у зниження динамічної напруженості зони контакту амплітудозалежного внутрішнього тертя (структурно-дислокаційного і магнітомеханічного).  8. Установлений неоднозначний характер зміни зносостійкості трибосполучення при нагріванні залежно від стану середовища (повітря, рідина), пов'язаний із температурними особливостями протікання трибохімічних і реологічних процесів. Так, прояв релаксаційного піка Сноека і істотне зниження інтенсивності трибоокиснювальних процесів за участю вільного кисню при підвищенні температури повітряного середовища спричиняє екстремальне зменшення зносу пари тертя. І, навпаки, початкове нагрівання рідких середовищ викликає екстремальне підвищення зносу сполучених поверхонь внаслідок активації електрохімічних процесів у водному розчині та погіршення мастильних властивостей вуглеводневих рідин. Подальше зростання температури з уповільненням трибоокиснювальних процесів внаслідок зменшення вмісту розчиненого в рідинах кисню викликає зниження зношування.  9. Вивчена геометрична структура пошкоджень поверхні при фреттинг-корозії. Для характеристики ступеня локального пошкодження уведений параметр - фреттинг-фактор, величина якого залежить від амплітуди ковзання і режиму термообробки сталі. Уточнено механізм розвитку фреттинг-пошкоджень. Виявлені закономірності свідчать про одночасну дію в зоні тертя фізико-хімічних механізмів дисипації підведеної механічної енергії та зміну провідних процесів по ширині зони контакту. На периферійних ділянках превалюють трибохімічні явища, а у внутрішній зоні – реологічні.  10. Установлено кореляцію між струмом корозії, критичним напруженням мікротекучості і фреттингостійкістю сталі після загартування й відпуску при різних температурах. Фактори, які контролюють опірність сталі малим пластичним деформаціям і корозійну активність, мають загальну природу, пов'язану зі зміною її структурної гетерогенності і дисперсності. Несприятлива структурна гетерогенність сталі, підвищуючи, з одного боку, її релаксаційну стійкість, а з іншого боку, – корозійну активність, різко знижує контактну міцність і тим більше, чим вище корозійна активність зовнішнього середовища.  11. Розроблена фізико-хімічна модель процесу тертя і зношування, яка базується на в’язко-пружних властивостях твердого тіла, що реалізуються під час динамічного контактування і визначають розвиток релаксаційих процесів, які сприяють розсіюванню підведеної зовнішньої механічної енергії. Отримано аналітичні залежності між триботехнічними характеристиками пари тертя і параметрами реологічних і трибохімічних процесів.  12. Установлено взаємозв'язок показників мікропластичності сталі (коефіцієнтів деформаційного зміцнення, критичного напруження мікротекучості), що характеризують зміну релаксаційної здатності матеріалу під дією зовнішніх навантажень, корозійного середовища, зі схильністю матеріалу до корозійного розтріскування. Необхідною передумовою корозійного розтріскування металу є зниження рівня мікропластичності і локальне окрихчення матеріалу. Отримані результати дають методологічну основу оцінки схильності металу до руйнування залежно від рівня статичних напружень і природи корозійного середовища.  13. Вивчено вплив фреттинг-корозії на зміну схильності сталі до корозійного розтріскування. Показано, що фреттинг-пошкодження призводять до катастрофічного (в 102…103 разів) падіння стійкості (часу до руйнування) зразків у зв'язку із втратою матеріалом мікропластичності. Макропоказники міцності при цьому зменшуються незначно.  14. Проведена експериментальна оцінка ефективності зниження зносу сполучених поверхонь і підвищення тривалої міцності металів методами, які грунтуються на реалізації захисних реологічних і трибохімічних релаксаційних процесів. Так, застосування поверхневого пластичного деформування (ППД), дифузійного борування, газотермічного покриття матеріалом із високим демпфіруванням дозволяє підвищити зносостійкість поверхонь як при реверсивному проковзуванні (фреттинзі), так і однонаправленому терті в 1,6...5 разів. ППД і борування нівелюють вплив фреттинг-корозійного ушкодження на тривалу міцність металів. Високу ефективність показала комплексна полімерна композиція на основі фторопласта.  15. Розроблено технологію одержання комбінованих покриттів, яка реалізує принцип структурного демпфірування і базується на спільному застосуванні електроіскрового легування поверхні тугоплавкими металами (Ti, Zr) із наступним азотуванням формованих шарів у плазмі тліючого розряду (Пат. 22015). Зазначені покриття підвищують зносостійкість деталей до 5 разів.  16. Регулювання інтенсивності та повноти протікання трибоокиснювальних реакцій через зміну вмісту розчиненого у рідині кисню сприяє підвищенню зносостійкості трибосполучення. У режимі механо-хімічного зношування зниження розчиненого у водних розчинах електролітів кисню призводить залежно від pН середовища до зменшення зношування від 1,2 рази (для лужних розчинів) до 1,5...3,5 рази (для кислих і нейтральних середовищ). У випадку ж розвитку схоплювання, навпаки, підвищення окиснювальної здатності середовища шляхом насичення його киснем сприяє зростанню в 1,4...2,1 рази зносостійкості контактуючих поверхонь.  17. Обводнення мастил викликає зростання зношування сталі в 3…4рази. Обезкиснювання мастильних середовищ сприяє підвищенню протизношувальних властивостей товарних мастил (ОМТИ - в 3,4 рази і ТП-22 - в 1,9 рази), уповільнює їх «старіння», що сприяє продовженню терміну служби мастильних матеріалів та нівелює негативний вплив обводнення на зносостійкість пар тертя. На основі регулювання газовмісту мастильних середовищ запропонований новий принцип удосконалювання мастильних трибосистем (А.с. 1651012). | |