**Диха Олександр Володимирович. Методи контактної трибомеханіки мастильних шарів і моделі зношування при граничному терті : Дис... д-ра наук: 05.02.04 – 2009**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Диха О. В. Методи контактної трибомеханіки мастильних шарів і моделі зношування при граничному терті. – Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах. – Хмельницький національний університет, Хмельницький, 2009.  У дисертації на основі експериментальних і теоретичних досліджень розроблений комплекс методів для визначення деформаційних, трибомеханічних, антифрикційних і протизносових властивостей мастильних шарів у контакті триботехнічних сполучень. Встановлений контактно-деформаційний механізм зменшення зношування змащених поверхонь. Розроблені методики побудови деформаційних діаграм змащених поверхонь і шарів мастила в нормальному і дотичному напрямках. Запропоновані методи визначення коефіцієнта тертя і динамічної в`язкості на основі випробувань зразків за маятниковою схемою і відповідних рівнянь стану трибосистем для вказаних схем досліджень. Проведені аналітичні і експериментальні дослідження характеристик тертя при переміщеннях змащених зразків по прямій і похилій площинах, визначені параметри, які дозволяють оцінювати режими тертя і мащення при різних умовах. Запропонована система визначення функцій інтенсивності зношування вузлів тертя з вибором оптимальних схем випробувань, умов змащування і алгоритму розрахунку параметрів зносостійкості з метою прогнозування і оптимізації довговічності за критерієм зносу. Розроблені ефективні маслоутримувальні профілі на циліндричних і плоских поверхнях тертя з незмінними умовами мащення в контакті і оптимальною несучою здатністю. | |
| |  | | --- | | 1. У результаті проведеного комплексу експериментальних і теоретичних досліджень розв`язана науково-прикладна проблема оцінки зносостійкості змащених вузлів тертя на основі досліджень деформаційних і трибомеханічних властивостей поверхневих мастильних шарів, розвитку теорії методів випробувань, запропонованих моделей зношування і методів розв`язку зносоконтактних задач для змащених трибосистем.  2. Встановлено, що трибоконтактні властивості тонких мастильних шарів вивчені недостатньо. Оцінка існуючих підходів з дослідження працездатності вузлів тертя в умовах граничного мастила вказує на потребу створення нових методів випробувань і розрахунків з метою прогнозування їх зносостійкості.  3. У результаті проведеного порівняльного дослідження умов деформації змащеної і сухої поверхні при статичному вдавлюванні кулькового індентора і при його переміщенні встановлено наступне:  – глибина вдавлювання індентора в змащену поверхню більша ніж у суху в середньому на 8...10 %;  – відносна деформація углиб поверхні матеріалу по осі лунки деформації описується лінійною закономірністю і нелінійною для сухого контакту;  – рівномірність розподілу шару деформованих зерен по зоні деформації для змащеного контакту свідчить про рівномірність розподілу внутрішніх напружень у поверхневому шарі.  4. Встановлено, що більш інтенсивна і ненапружена деформація нерівностей у змащеному контакті триботехнічних сполучень сприяє прискоренню процесу припрацювання, формуванню врівноваженої шорсткості, стабілізації і зменшенню рівня контактного тиску на фактичних плямах контакту і, зрештою, зменшенню припрацювального зносу. В результаті, разом з традиційним механізмом зниження зносу за рахунок адсорбованих і хімічно-модифікованих шарів запропонований і обґрунтований контактно-деформаційний механізм зниження зносу змащених поверхонь.  5. Для аналізу впливу мастильного матеріалу на процеси контактної взаємодії отримана аналітична залежність деформацій від зусиль при динамічному контакті сфери з площиною в присутності шару граничного мастила з урахуванням тривалості контакту. В результаті отримані деформаційні діаграми для різних умов змащування, які дали можливість розрахувати тиск в контакті за допомогою розробленого методу експериментально-теоретичної рівноваги. Аналіз результатів розв`язків контактної задачі підтвердив, що рівень контактних тисків в змащеному контакті на 5–10 % нижчий ніж для незмащеного, що обумовлює зниження інтенсивності зношування при контакті через мастильну плівку.  6. Запропоновано метод (Пат. 12011) визначення дотичних деформаційних властивостей тонких мастильних шарів (функції напружень зсуву) при випробуваннях на кручення шару мастила між твердими дисками на основі розробленої контактної механіки зсуву мастильного шару. Даний метод за допомогою випробувань різних мастил дозволив отримати співвідношення для визначення кількісних параметрів діаграми зсуву шару мастила, що дозволяє порівнювати зсувні властивості мастил в процесі трибоконтактної взаємодії змащених поверхонь тертя.  7. Обґрунтовано метод визначення поверхневого натягу рідких масел за розмірами деформованої проби масла заданого об’єму між навантаженими прозорими пластинами. Для цього на основі рівняння рівноваги проби масла отримані необхідні розрахункові співвідношення. Метод відрізняється простотою реалізації і враховує реальні умови навантаженого контакту. Розбіжність отриманих результаті в від довідникових даних не перевищує 10 %, що дозволяє використовувати метод для порівняльної оцінки змочувальних властивостей масел. В результаті експериментального визначення залежності товщини змащувального шару від прикладених навантажень вивчені деформаційні властивості різних змащувальних матеріалів і встановлена кореляція жорсткісних властивостей масел з їх в’язкістю і густиною.  8. На базі лабораторного комп’ютеризованого комплексу LRX-E проведені дослідження характеристик тертя при русі з малою швидкістю навантаженої пластини по змащеній поверхні. В результаті отримані статистичні характеристики параметрів тертя, що характеризують вплив на них навантаження і режиму мащення. Встановлено, що найбільша частота коливань сили тертя має місце при сухому контакті, коли діють слабкі сили адгезії і стрибки сили тертя повторюються частіше, ніж при змащеному контакті. Пластичні мастила при цьому мають кращі демпфірувальні властивості, оскільки стрибки тертя при їх використанні відбуваються з меншою частотою.  9. Розроблено метод визначення приведеної динамічної в’язкості (Пат. № 12011), в якому досліджувана проба масла розташовувалась у зазорі підшипника ковзання, що був опорою маятникового пристрою. Аналітично описаний процес коливань маятника диференціальним рівнянням з в’язким опором. Метод відрізняється врахуванням в показнику в`язкості контактних пристінних процесів в мастильному шарі. На основі запропонованого методу проведені дослідження по встановленню впливу на в’язкісні характеристики навантаження і властивостей матеріалів. Встановлено, що при змащуванні рідкими маслами з підвищенням навантаження в’язкість збільшується і не змінюється для пластичних мастил, що вказує на недостатню чутливість методу для неньютонівських рідин. Отримані значення характеристик приведеної в`язкості мастильних матеріалів різнились для комбінації конструкційних матеріалів (оргскло, латунь, бронза, мідь). Встановлена залежність в`язкості від їх адгезійних властивостей та їх тісна кореляція із змочувальними властивостями.  10. Запропонована нова характеристика деформаційних властивостей пластичних матеріалів – динамічна твердість, як залежність тиску опору вдавлюванню індентора від часу деформації та метод її визначення на основі механіки контактної взаємодії кулькового індентора і конуса з пластичним середовищем, що має властивість повзучості. Запропонована характеристика усуває недоліки відомого методу пенетрації, в якому число пенетрації визначається в одній часовій точці процесу і деформації вимірюються глибиною занурення, а не граничним тиском, який реально відображає деформаційні процеси. Запропонована характеристика рекомендована для оцінки і порівняння деформаційних властивостей пластичних матеріалів (пластичних мастил) при сертифікаційному контролі, експлуатації і створенні нових типів мастил. Встановлено, що характер зміни динамічної твердості в часі пов`язаний з процесом зношування: більша стабільність твердості в часі мастила Литол-24, наприклад, обумовлює більш стаціонарний режим зношування випробувальних зразків.  11. Проведено математичний опис процесу зношування кульок при випробуваннях за чотирикульковою схемою. Розв`язання прямої і оберненої контактних задач з урахуванням зносу дозволило визначати параметри моделей зношування за результатами випробувань на знос і проводити розрахунки зносу в цьому сполученні при заданих параметрах моделі зношування. Вирішена контактна задача із зносом, яка була зведена до звичайного диференціального рівняння в повних диференціалах, що є важливим внеском у контактну механіку. На відміну від стандартних методів побудова моделі зношування за результатами випробувань дозволяє переносити результати випробувань на інші матеріали і умови роботи реальних трибосистем.  12. Запропонована модель зношування з урахуванням двох визначальних факторів контактного тиску і швидкості ковзання – з використанням характеристик змащувальних і конструкційних матеріалів на основі розв`язку обернених зносоконтактних задач для трьох схем випробувань (чотири кульки, кулька–кільце, конус–кільце). Вказана модель дозволила отримати розрахункові залежності для визначення характеристик зношування, що дозволяє прогнозувати і оптимізувати параметри зносостійкості, порівнювати ефективність застосування у вузлі тертя конструкційних і мастильних матеріалів.  13. Отримана аналітична залежність для розрахунку характеристик гвинтового профілю на циліндричних поверхнях. Встановлена умова постійності площі гвинтових маслоутримувальних канавок у контакті вала і втулки, яка забезпечує рівномірність роботи змащеного циліндричного сполучення і дозволяє підбирати оптимальні параметри мастильного профілю.  14. Для плоских напрямних поверхонь запропонований профіль маслоутримувальних канавок із змінною глибиною від максимальної у центрі несучої поверхні до нуля на границі зони тертя. Встановлено, що такий профіль має оптимальну маслонесучу здатність і мінімальні витікання змащувального матеріалу. Аналітично отримані формули для розрахунку площі поверхні і об’єму маслоутримувального профілю змінної глибини для жорстких сферичного і конічного інденторов і пружного сферичного індентора. У результаті експериментального дослідження змащувальної здатності поверхонь, модифікованих масломісткими канавками різної форми показана ефективність профілю змінної глибини за критерієм збереження несучої здатності масляного шару. | |