

1. ФІЗИЧНІ ТА МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

УДК 621.891

КВАНТОВО-МЕХАНІЧНА ВЗАЄМОДІЯ В КОНТАКТНИХ ТРИБОСИСТЕМАХ

О.В. Диха, *д-р. техн. наук, проф.*,

Ю.П. Заспа, *канд. ф-м. наук, доц.*,

В.О. Дитинюк, *асп.*,

Хмельницький національний університет, м.Хмельницький, Україна

Динамічний контакт, твердих тіл, що деформуються, є джерелом широкого спектру збурень, які попередньо ведуть до катастрофічних наслідків [1-4]. Наявність контактних розривів в режимах сухого і граничного тертя, часова і просторова дискретність контактування обмежують можливості методів механіки суцільного середовища і класичної теорії поля при описі таких режимів. Тут доцільно використовувати ідеї і методи, розвинені в квантовій теорії поля, а також в теорії турбулентності [5-7]. Одним з найбільш ефективних методів такого роду є опис збурень у вигляді квантового ансамблю квазічасточок, які приймають участь у специфічній обмінній взаємодії, відсутній у класичній механіці [5, 6]. Ця взаємодія, яка виникає на фоні звичайних процесів електромагнітного характеру, визначає, зокрема, катастрофічні режими контактно-наведеного флатера і бафтінга, характерні також для гідро (аеро) динамічних систем в умовах розриву суцільності потоку. Разом з тим, рідкісним корисним ефектом, пов'язаним з обмінною взаємодією, є відомий ефект беззношування (вибіркового переносу), теорія якого потребує суттєвого уточнення.

Контраверсивним режимом тут виступає водневе зношування, який описується до теперішнього часу без урахування обмінної взаємодії і вихрехвильового переносу в трибо системах. Специфіка контактного тертя проявляється також в різких градієнтах температури, що обумовлює формування корпускулярно-вихрехвильових термомоделей, які приймають участь в обмінній взаємодії. Колапсні процеси в системі таких термомоделей, по суті і є головним джерелом контактно-наведених збурень. Задачою теперішньої роботи являється формування фізичної моделі контактної генерації збурень в трибосистемах, яка враховує обмінну взаємодію і колапс корпускулярно-вихрехвильових термомоделей.

В роботі розглянуті фізичні механізми утворення і трансформації корпускулярно-вихрехвильових термомоделей в контактних трибосистемах, засновані на квантово-механічній обмінній взаємодії в ансамблях тотожних квазічасточок. Наявність контактного розриву двох термостатів з різними знаками абсолютної температури визначає генерацію пар квазічасточок збурень, стабілізованих по довжині хвилі в кооперації з фотонами вимушеного теплового випромінювання, а також за частотою у взаємодії з фононами. Внутрішня нестійкість і колапсні процеси в такій системі збурень ведуть до дефекту утворення в матеріалі трибопари і лежать в основі аварійних режимів тертя. Наведені конкретні технічні приклади генерації корпускулярно-хвильових термомоделей при фретинзі, терті ковзання і коченні, різанні. Запропонований корпускулярно-хвильовий механізм вибіркового переносу і водневого зношування в трибо системах.

Руйнівний характер фретингу при досить низьких значеннях швидкостей реверсивного ковзання (проковзування) в значному ступеню обумовлений генерацією і колапсом корпускулярно-вихрехвильових термомоделей.

Автори більшості робіт відмічають розділення сигналу акустичної емісії на два кластера – вузькосмуговий низькочастотний і широкосмуговий високочастотний. В нашій інтерпретації це розділення відповідає рівноважному (в кожному з двох термостатів окремо) і нерівноважному складу збурень. В останньому випадку генеруються джетові (смугові)

форми вихрехвильового поля швидкостей, формуючі часточки зносу. Придушення (часткове) таких форм за рахунок збільшення контактного навантаження зменшує знос. Відмітимо, що обміна взаємо дія, яка тут розглядається, має той самий характер, що і адгезія (тяжіння). Тому сумарний ефект може значно перевищити контраверсивну дію сил в під контактних шарах, що веде до схоплення і заїдання. Навпаки, зменшення адгезії, наприклад, за рахунок різномірності матеріалів трибопари, стабілізує процес тертя.

Коллапсна складова генерації збурень значно підсилюється режимах руйнування матеріалів, в т.ч. при різанні. В якості прикладів можна навести спектри акустичної емісії, яка співставляє різання сталевих прутків на токарному верстаті в ненормативних режимах флатера-бафтингу. Тут чітко прослідковується зворотній енергетичний каскад в ансамблі квазидвовимірних сферичних генераторів збурень, який здійснюється на мезоскопічному рівні. Макроскопічна стабілізація цих збурень на власних частотах приводу ($\nu_1 \approx 13$ Гц, $\nu_2 \approx 40$ Гц) обумовлює домінуючи смугові максимуми в центральній частині спектру. Розділення сигналу акустичної емісії при різанні на два кластера, пов'язані з короткохвильовим і довгохвильовим пакетами збурень в цілому ряді випадків формує характерний провал в центральній частині спектру. Відсутність домінуючих дискретних ліній тут свідчить про нерівноважність процесу генерації збурень. Аналогічний провал в спектрі збурень виникає також при ударній взаємодії зубців передаточних шестерень в електромеханічних машинах.

Настільки різні по своєму трибологічному значенню процеси, як вибіркового перенос (ефект беззношуваності) і водневе зношування мають, як не дивно схожі механізми свого виникнення. Відома критичність вибіркового переносу атомів міді (та інших металів) до температурного режиму із складу мастильного матеріалу пояснюється умовою, яка накладає певні обмеження на параметри формування корпускулярно-вихрехвильових термокомплексів в зоні тертя. Зокрема при $m \approx 63$ а.е.м. (мідь) і $T \approx 300^\circ \text{K}$ слідує значення $\rho \approx 1,26 \text{ г/см}^3$, практично рівне щільності гліцерину, або щільності масло фреонової суміші в компресорних системах холодильних установок.

Вихрехвильовий перенос цих збурень вглиб контактної зони пояснює також виражені пластичні деформації в глибині зони тертя при відсутності (в певних випадках) сильних пластичних деформацій безпосередньо на поверхні тертя.

Таким чином, розглянуті практичні приклади підтверджують запропонований фізичний механізм контактної генерації збурень в трибосистемах.

Список літератури

1. Свириденюк А.И., Мышкин Н.К., Калмыкова Т.Ф., Холодилов О.В. Акустические и электрические методы в триботехнике / Под ред. В.А. Белогою – Мн.: Наука и техника. - 1987
2. Akaу A. Acoustics of friction // J. Acoust. Soc. Am. – 2002 (111), №4, 1525-1548.
3. Сергиенко В.П., Бухаров С.Н., Купреев А.В. Вибрация и шум в тормозных системах мобильных машин. Часть 1. Экспериментальные методы исследования (обзор) // Трение и износ. – 2008 (29), №3, 306-314.
4. Сергиенко В.П., Бухаров С.Н. Вибрация и шум в тормозных системах мобильных машин. Часть 2. Теоретические методы исследования // Трение и износ. – 2009 (30), №3, 296-310.
5. Физика микромира. Маленькая энциклопедия / Под ред. Д.В. Ширкова. – М.: Сов. энци. – 1980.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука. – 1975.
7. Данилов С.Д., Гурарий Д. Квазидвумерная турбулентность // УФН. – 2000 (170), №9, 922-968.