

УДК:62-192:658.511

В.О. Слащук, О.О. Слащук*Хмельницький національний університет***ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ТЕРТЯ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ**

Запропоновано метод визначення кількісних характеристик процесу тертя. Суть методу полягає у поєднанні акустичного аналізу процесу тертя та класичного аналізу гістерезисних петель.

Ключові слова: тертя, акустична емісія, коефіцієнт проковзування.

В.О. Слащук, О.О. Слащук*Хмельницький національний університет***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Предложен метод определения числовых характеристик процесса трения. Суть метода заключается в сочетании акустического анализа процесса трения и классического анализа петель гистерезиса.

Ключевые слова: трение, акустическая эмиссия, коэффициент проскальзывания.

V. Slashchuk, O. Slashchuk*Khmelnytsky National University***DETERMINATION OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF FRICTION IN REAL TIME**

In this article presented the method for determining the quantitative characteristics of friction. The method is combination of acoustic analysis of friction and classical analysis of hysteresis loops.

Keywords: friction, acoustic emission, slip coefficient.

Постановка проблеми. Існує проблема дослідження фрикційних з'єднань або вузлів без втручання в їх роботу та розвантаження. Це стосується всіх перехідних режимів роботи, в яких можуть виникати «нерегламентовані» та аварійні випадки, які впливають на процес зношування. Опис та виявлення подібних явищ і досі становлять високу складність, адже вимагають реєстрацію даних в режимі онлайн.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес тертя не являється стаціонарним. При взаємному проковзуванні двох тіл відбувається схоплення, зрив, зрізання мікронерівностей контактуючих поверхонь. Складність протікання таких процесів змушують шукати нові методи аналізу, які здатні надати інформацію про явища, що відбуваються в зоні тертя і оцінити реальний ресурс роботи пари тертя [1, 2].

Перехідні режими експлуатації машин і механізмів (увімкнення, вимкнення, зміна робочих параметрів) є аварійно-небезпечними в зв'язку із значно вищим рівнем інерційних навантажень – в порівнянні з встановленими режимами [3, 4].

Постановка завдань. В роботі поставлено мету – описати метод аналізу явищ, що протікають в номінально-нерухомому фрикційному з'єднанні (ННФЗ) в режимі реального часу. Суть методу полягає у поєднанні акустичного аналізу процесу тертя та класичного аналізу гістерезисних петель.

Викладення основного матеріалу. Для забезпечення нормальної роботи контактів необхідно використовувати методи, що дають змогу визначити кількісні характеристики стану трибовузла. Значною проблемою існуючих методів є необхідність зупиняти роботу і знімати навантаження з контакту. Нами пропонується метод, який дає змогу визначити кількісні характеристики процесу тертя в режимі реального часу.

Дослідження проводились на спеціалізованому обладнанні для дослідження матеріалів в умовах динамічного контактного навантаження. На рисунку 1 та рисунку 2 зображено загальний вигляд дослідної установки.

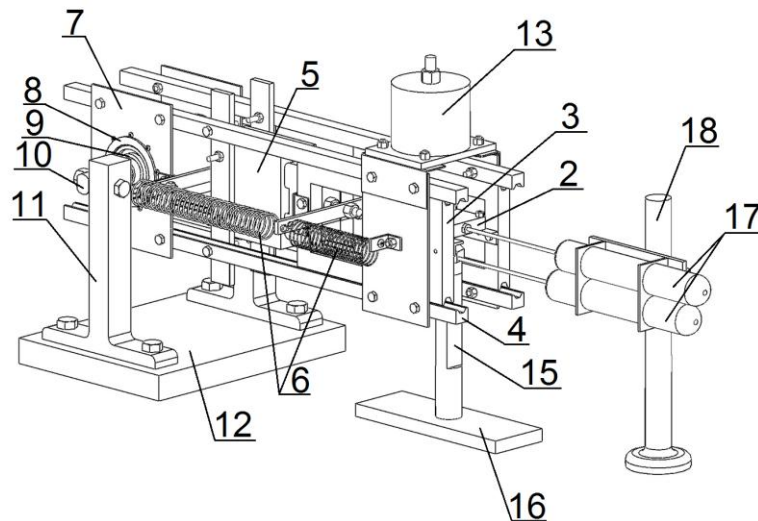


Рис. 1. Загальний вигляд установки

Зразок 1 жорстко закріплюється в тримачі 2. Тримач 2 являється конструктивним елементом каретки 3, що рухається по направляючих 4. Зворотньо-поступальний рух забезпечує електромагніт 5, що прикріплений до направляючих 4, та система пружин 6, які необхідні для плавності ходу. Направляючі 4 закріплюються на пластинах 7, які прикручені до втулки 8. Всередині втулки 8 розміщуються чотири радіально-упорні підшипники 9, які насаджені на вал 10. Така конструкція забезпечує підйом та опускання рухомого елемента конструкції прототипу, а підшипники даного класу обрані для сприйняття навантаження як уздовж, так і поперек осі валу. Вал 10 закріплюється на стояках 11, що в свою чергу кріпляться до станини 12. Нормальне навантаження забезпечує вантаж 13, прикріплений до направляючих 4, який розміщений безпосередньо над зоною контакту. Контртіло 14 розміщується на тензобалці 15, що закріплена на окремій станині 16. Індуктивні датчики мікропереміщень 17 розташовуються на окремій станині 18 [5].

Установка працює наступним чином – досліджуваний зразок 1 закріплюється на каретці 3 у тримачі 2. На котушку електромагніта 5 подається сигнал заданої частоти, що призводить до зворотньо-поступального руху каретки 3, яка передає його досліджуваному контакту. Міняючи параметри сигналу живлення електромагніту 5 (частота та амплітуда струму) можна змінювати значення навантаження контакту. Регулювання нормального навантаження можна здійснювати вантажем 13. Вплив на вище описані фактори призводить до зміни величини та інтенсивності прикладених до з'єднання навантажень [5].

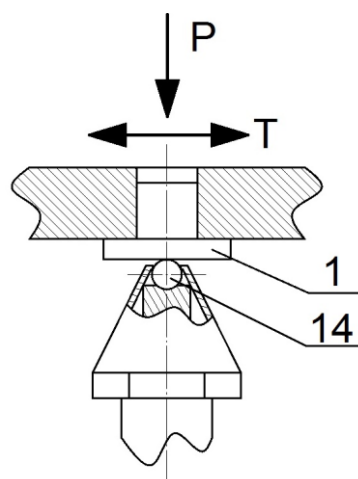


Рис. 2. Робочий вузол установки

Робочий вузол установки працює за схемою, що показана на рисунку 2, на якому схематично показані сили, що діють на з'єднання в процесі проведення експериментів (P – сила притискування, T – тангенціальна сила). Каретка коливається вздовж направляючих, передаючи знакозмінне навантаження на зразок. Зчеплення між зразком та контртілом здійснюється за

рахунок навантаження вантажем. При коливанні каретки в контакті виникають зусилля, які під час коливання каретки змінюються за складним законом [5].

Досліджувався зразок зі сталі 30ХГСА та кульки ШХ 15 діаметром 12 мм. у вигляді контртіла. Характер акустограми свідчить про степінь розсіювання енергії в контакті та контактну генерацію акустичних хвиль [6]. На рисунку 3.а представлена спектрограма на початку роботи установки (до 1000 циклів), 3.б – спектрограма після 528000 циклів (88 хв.), зруйнований контакт.

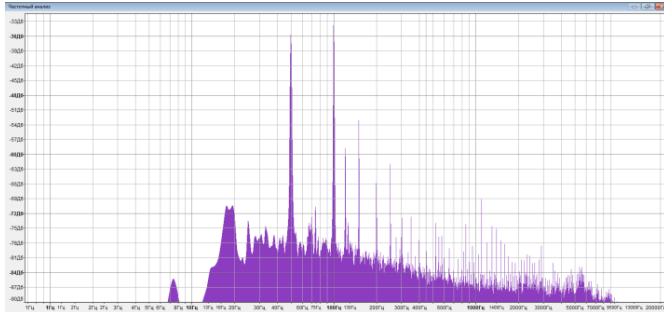


Рис. 3.б. Зруйнований контакт

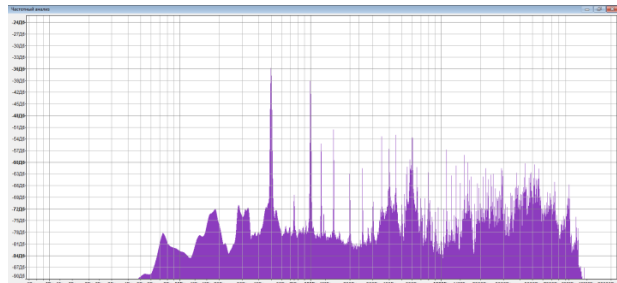


Рис. 3.а. Контакт в нормальному режимі роботи

Рис. 3. Спектрограми процесу тертя

Для отримання кількісних характеристик процесу зношування був введений коефіцієнт проковзування, найпростіший для обрахунку параметр петлі гістерезису, який характеризує степінь цілісності контакту [6].

Коефіцієнт проковзування являється напівякісним параметром, який дорівнює відношенню ширині петлі при нульовому значенні тангенціальної сили до подвійної величини амплітуди коливання контртіла (у нашому випадку кульки, яка закріплена в тензобалці). По осі ОХ відкладається відхилення контртіла, по осі ОУ – тангенціальна сила. Приклад побудованої петлі гістерезису показаний на рисунку 4.

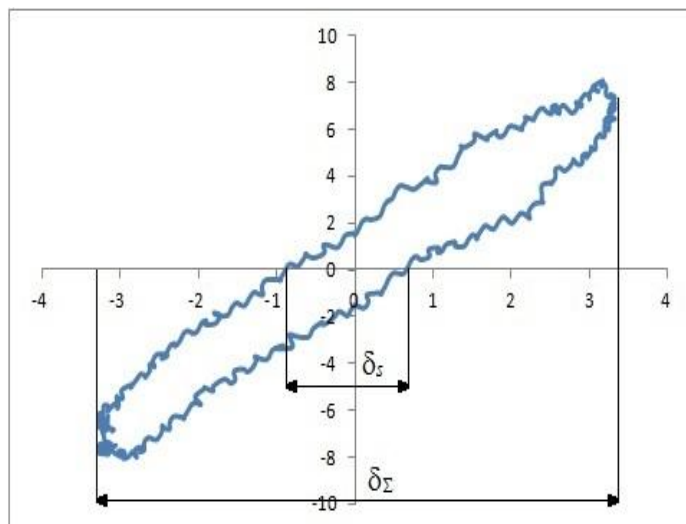


Рис. 4. До визначення коефіцієнт проковзування

Для визначення коефіцієнту проковзування використовується формула

$$\delta = \delta_5 / \delta_z \tag{1}$$

На рисунку 5 показані петлі гістерезису, які відповідають спектрограмам.

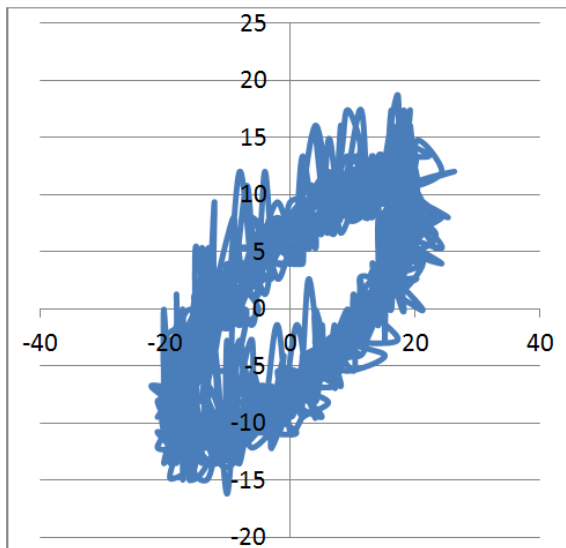


Рис. 5.а. Петля на початку до 1000 циклів

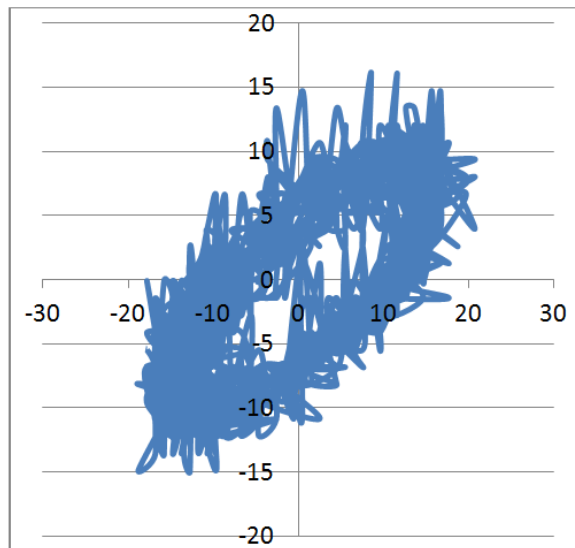


Рис. 5.б. Петля гістерезису 528000 циклів

Рис. 5. Петлі гістерезису

Коефіцієнт проковзування зростає в процесі тертя від 0,7 (при першому зніманні даних) до 0,92 (при останньому). Таке збільшення свідчить про втрату цілісності контакту і про поступове руйнування поверхонь ННФЗ. Графік зміни коефіцієнта проковзування показаний на рисунку 6.

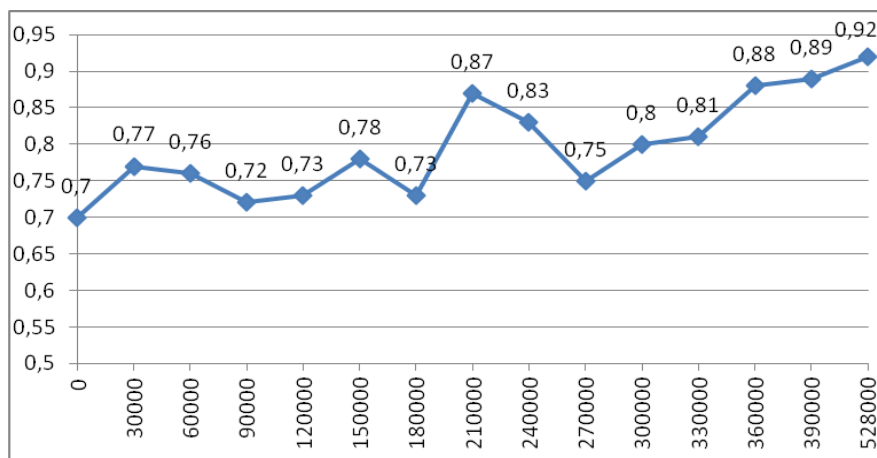


Рис. 6. Зміна коефіцієнта проковзування

Розглядаючи акустограму контактуючих поверхонь можна помітити ділянку зі зміною рівня звуку, який після $\approx 8,5$ секунд повертається до початкового рівня (рисунку 7).

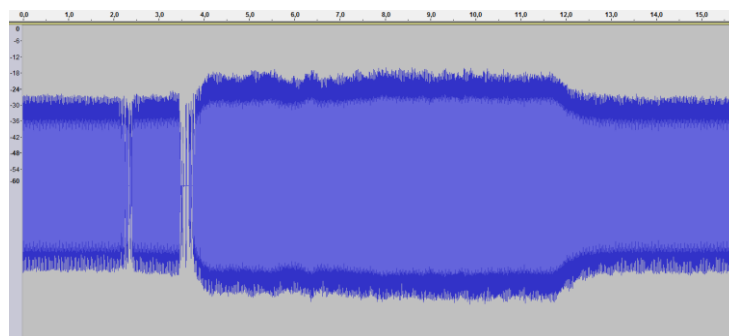


Рис. 7. Зміна рівня звуку в процесі тертя

Аналізуючи ділянку акустограми зі збільшенням масштабу, можна зробити висновок про втрату контакту на певний час роботи (рисунок 8).

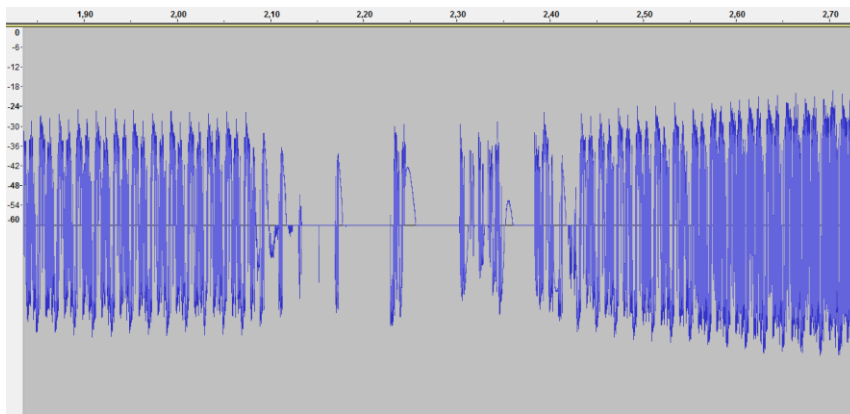


Рис. 8. Втрата контакту між поверхнями

Із спектрограм окремих ділянок акустичного ряду видно, що в момент «ненормативного» режиму збільшується спектр частот за рахунок генерації процесів ударного характеру, які ведуть до втрати цілісності контакту, генерації акустичних хвиль та вібрації усієї трибосистеми.

Повернення до нормального режиму тертя свідчить про тимчасовість руйнації контактних поверхонь локального характеру, що підтверджує адаптаційні можливості фрикційного контакту [7].

Висновки. Описаний в статті метод аналізу, який використовує два параметри, дає можливість визначити характер процесів, які протікають в з'єднанні та отримувати їхні кількісні характеристики в режимі реального часу.

Список використаних джерел:

1. Колубаев Е. А. Особенности акустического излучения при трении стали Гадфильда / Е. А. Колубаев, О.В. Сизова, С. А. Пупынин // Известия Томского политехнического университета. – 2011. Т.319. №2. – С. 62-66.
2. Francesco Massi. Structural modifications for squeal noise reduction: numerical and experimental validation / Francesco Massi, Laurent Baillet, Antonio Culla. // International Journal of Vehicle Design, Inderscience, 2009, 51 (1-2), pp.168-189.
3. Заспа Ю. П. Акустоемісійний аналіз перехідних режимів роботи машини тертя / Ю. П. Заспа, Ю. І. Шалапко, А. Л. Возняк // Проблеми трибології. - 2015. - № 1. - С. 6-10.
4. Заспа, Ю.П. Каскадний транспорт енергії збурень в системах динамічної контактної взаємодії [Текст] / Ю. П. Заспа, С. Г. Костогриз // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 1. – С. 47-52.
5. Патент України на корисну модель №94006 Установа для випробувань матеріалів в умовах динамічного контактного навантаження / Курської В. С., Слащук В. О., Слащук О. О.; заяв. 05.05.2014, опуб. 27.10.2014, Бюл. №20.
6. Шалапко Ю. І. Еволюційні моделі фретинг-процесу у номінально-нерухомому фрикційному контакті : Дис. д-ра наук: 05.02.04 – 2009, ст. 113 – 127 .
7. Шалапко, Ю. І. Процеси фретинг-зношування та фретинг-втоми в номінально-нерухомих з'єднаннях деталей машин / Ю. І. Шалапко // Трибофатика : пр. симп., 23-27 верес. 2002 р., Тернопіль. – Т., 2002. – Т. 1. – С. 279–283.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2016.