

ВПЛИВ СХЕМ КОНТАКТУ ТА УМОВ НАВАНТАЖЕННЯ НА ГЕОМЕТРІЮ ПЛЯМИ ЗНОСУ ПРИ ФРЕТИНГ-ЗНОСІ²⁰

Шепелєв В.В., студент групи МС-31-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У статті описано вплив схем взаємодії двох тіл на геометрію плями фретинг-зносу. Описано етапи механізму фретинг-зносу. Розглянуто зв'язок між механізмом фретинг-зносу та схемою взаємодії двох деталей, що контактують.

Ключові слова: фретинг-знос, контр-тіло, навантаження, знос, пляма зносу, амплітуда.

INFLUENCE OF CONTACT PATTERNS AND LOADING CONDITIONS ON THE GEOMETRY OF THE WEAR SPOT IN FRETTING WEAR

Shepelev V., student of group MC-31-22
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The article describes the influence of two-body interaction schemes on the geometry of the fretting-wear spot. The stages of the fretting wear mechanism are described. The relationship between the fretting wear mechanism and the scheme of interaction between two contacting parts is considered.

Key words: Fretting wear, counter body, load, wear, wear spot, amplitude.

Вступ

Фретинг-знос відбувається в різних вузлах і з'єднаннях промислових споруд, а також механізмів машин. Зокрема, фретинг-знос спостерігається в багатьох галузях і є однією з серйозних проблем сьогодення в автомобільній, аерокосмічній, біомедичній та ядерній промисловості [1].

Механізм фретингу

Для опису фретингу використовують різне трактування цього процесу. Найчастіше використовується вираз «фретинг-знос», «фретинг-втома» і «фретинг-корозія». Згідно з глосарієм термінів (Glossary of terms. ASM Handbook, Friction, Lubrication and Wear Technology, ASM, Vol. 18 (1992)) фретинг визначається як: «Особливий процес зношування, що відбувається в зоні контакту між двома матеріалами під навантаженням і при одночасному відносному русі під дією вібрації або будь-якої іншої сили». При цьому амплітуда відносного взаємного руху становить від мікрометрів до міліметрів, а в окремих випадках може досягати 3-4 нм [2, 3].

Коливальні рухи, які відбуваються під час фретингу з малою амплітудою, зазвичай спрямовані по дотичній між двома твердими поверхнями, що перебувають у контакті.

З вище викладеного розглядатимемо фретинг-знос як фретинг, під час якого невеликі зміщення є наслідком зовнішніх вібрацій, а фретинг-втома - як невеликі зміщення, які є наслідком (циклічної) деформації однієї з двох частин, що стикаються. Термін фретинг-

²⁰ Робота виконана під керівництвом доцента Рижкова Ю.В.

корозія використовуватимемо в тих випадках, коли переважатиме хімічна або електрохімічна реакція.

У процесі фреттинг-зносу величина амплітуди, за якої відбувається зношування поверхні (особливо на початковій стадії), перебуває в межах від 1 до 300 мкм. Під час фреттинг-зносу частинки зносу можуть залишатися в зоні контакту двох матеріалів, що розглядаються, оскільки величина частинок зносу і величина амплітуди коливань співмірні. Під час зносу звичайних пар тертя частинки зносу виводяться із зони контакту двох матеріалів тертя [4].

Під час взаємодії пар тертя зношування відбувається внаслідок навмисного переміщення поверхонь, фреттинг виникає між поверхнями, які практично нерухомі відносно одна одної, але водночас зазнають циклічних коливальних переміщень відносно одна одної або знакозмінних навантажень. Коливальні переміщення часто виникають через зовнішню вібрацію або динамічний вплив. Типовими прикладами місць, де може відбуватися процес фреттингу, є втулки та диски, напресовані на вали, що обертаються, шліцьові муфти, заклепкові або болтові з'єднання, між пасмами канатів, а також між тілами кочення та доріжками підшипників, коли вони нерухомі відносно одне одного. Він також може виникати під час транспортування неправильно упакованих деталей, коли вібрація може призвести до фреттинг-зносу в місцях їхнього контакту між собою. Фреттинг-знос може призвести до ослаблення з'єднань, унаслідок чого підвищується вібрація і, як наслідок, прискорюється подальший знос з'єднувального вузла. Оскільки осколки, що утворюються під час фреттинг-зносу, являють собою переважно оксид, який у більшості металів займає більший об'єм, ніж метал, з якого він утворився, фреттинг-знос може також призвести до заїдання деталей, призначених для ковзання або обертання з невеликим зазором. Якщо частинки зносу не виводяться або погано виводяться із зони контакту, то це може призвести до заїдання і задироутворення [5-8].

На рис.1 схематично показано процес фреттинг-зносу. Контр-тіло здійснює циклічні зворотно-поступальні рухи по зносостійкому покриттю, яке нанесено на поверхню основного металу. Крім того, контр-тіло під дією зовнішнього навантаження впливає на основний метал через покриття. У процесі взаємодії пари матеріалів утворюються мікротріщини та мікрочастинки зносу. Оскільки контр-тіло здійснює зворотно-поступальні рухи високої частоти та малої амплітуди, водночас відчуваючи значне навантаження, перпендикулярне до поверхні основного матеріалу.



Рисунок 1 – Схематичне зображення фреттинг-зносу

Фреттинг-знос умовно можна поділити на чотири схеми взаємодії та утворення плями зносу. Першу схему показано на рис. 2, а, коли контр-тіло під впливом зовнішнього

навантаження притискається до поверхні іншого матеріалу, при цьому здійснює зворотно-поступальні циклічні рухи з малою амплітудою. Пляма зносу має при цьому форму «овалу».

Друга схема рис. 2, б. являє собою схему, коли контр-тіло і основний матеріал залишаються відносно нерухомі один до одного, при цьому контр-тіло зазнає високочастотних циклічних навантажень, спрямованих перпендикулярно на площину поверхні основного матеріалу. Форма плями зносу являє собою «коло». Третя схема (рис. 2, в) - це коли контр-тіло здійснює циклічні обертальні рухи навколо осі, паралельної поверхні матеріалу, водночас зовнішнє навантаження спрямоване перпендикулярно до поверхні матеріалу. Пляма зносу має форму «овалу». Четверта схема (рис. 2, г), коли контр-тіло здійснює циклічні обертальні рухи навколо осі, розташованої перпендикулярно до площини поверхні матеріалу, зовнішнє навантаження спрямоване вздовж осі обертання. Форма плями зносу має форму «кола».

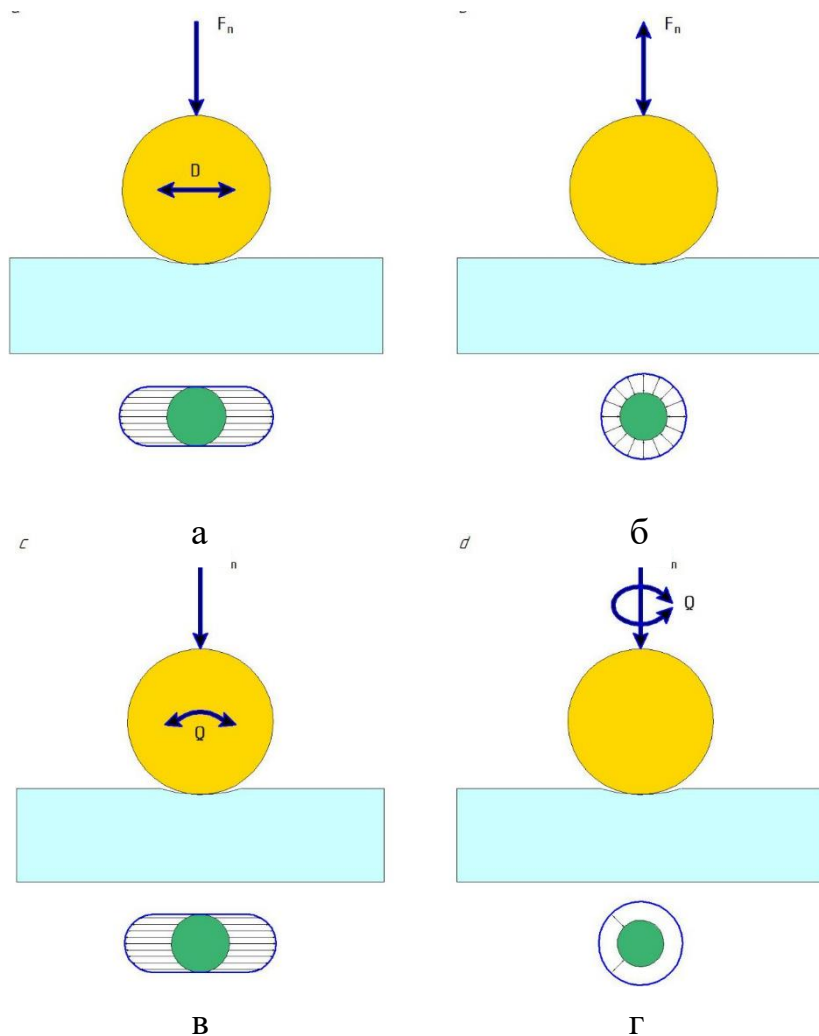


Рисунок 2 – Геометрія плями зносу за різних схем контакту та умов навантаження

Механізм фретингу на поверхні можна умовно поділити на три етапи.

Етап-1. На початковому етапі фретинг-зносу під дією зовнішнього навантаження поверхні дотичних деталей діють одна на одну з однаковою силою. Площа плями контакту сил, що взаємодіють, залежить від геометрії та розміру дотичних деталей, а також величини чинного навантаження. Під дією навантаження відбувається зминання і руйнування вершин і гребінців шорсткості поверхні.

Етап-2. На другому етапі під дією циклічного знакозмінного навантаження або рухом контр-тіла відбувається рух частинок зламаних вершин шорсткості поверхні основного матеріалу. Через малу амплітуду руху, частинки зламу на першому етапі не можуть вийти за межі плями контакту деталей, що взаємодіють. Частинки, що рухаються, внаслідок циклічного руху під дією навантаження призводить до утворення нових частинок зносу.

Етап-3. На третьому етапі підвищується швидкість фреттинг-зносу, що призводить до критичного стану пари контр-тіло і основний матеріал. Підвищення швидкості фреттинг-зносу зумовлене низкою причин: зростання кількості частинок зносу, що перебувають у зоні плями контакту; виникнення мікротріщин та їхнє зростання на межі плями контакту. Яка з причин призводить до критичного стану визначає, що це фреттинг-знос або фреттинг-втома.

Залежно від схеми контакту та умов навантаження механізм фреттинг-зносу змінюється.

Висновок

1. На етапі проєктування деталей і вузлів під час вибору матеріалу необхідно враховувати механізм фреттинг-зносу
2. Механізм фреттинг-зносу і геометрія плями зносу залежить від схеми контакту та умов навантаження.

Література

1. Кузьменко, А.Г., Яріш О.В. Дослідження на фреттинг-знос по схемі стиснених плоских консольних пластин. *Проблеми трибології*. 2013. № 3. С. 28-33.
2. Шалапко Ю.І., Радек Н., Бонек М. Ієрархія глобальної моделі фреттингу. *Проблеми трибології*. 2010. №3. С. 85-89.
3. Журавель Д.П. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.
4. Підвищення стійкості різального інструменту технологічними методами : навчальний посібник / Тарельник В. Б., Конплянченко Є. В., Марцинковський В. С. та ін.; за ред. проф. В. Б. Тарельника. Суми : Університетська книга, 2011. 189 с
5. Розробка та дослідження покриттів для захисту від фреттинг-корозії / В.І. Похмурський, В.М. Мацевітій, О.С. Калахан, І.Б. Казак, К.В. Вакуленко, С.В. Ляшок // Проблеми машинобудування. 2010. Т. 13, № 2. С. 61-67.
6. Kuz'menko A. G. Variacionno-jeksperimental'nyj metod v kontaktojnij mehanike sdvigovyh peremeshhenij i naprjazhenij. *Problemy tribologii*. 2013. № 1. S. 144-153.
7. Kim, H.K.; Lee, Y.H.; Neo, S.P. Mechanical and experimental investigation on nuclear fuel fretting. *Tribol. Int.* 2016, 39. pp 1305–1319.
8. McColl, I.R., Ding, J. and Leen, S.B., 2004. Finite element simulation and experimental validation of fretting wear. *Wear*, 256(11-12). pp.1114-1127.