



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **150405** (13) **U**
(51) МПК
G01N 3/56 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

| | |
|--|--|
| <p>(21) Номер заявки: а 2018 11623</p> <p>(22) Дата подання заявки: 26.11.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 17.02.2022</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 11.03.2019, Бюл.№ 5</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 16.02.2022, Бюл.№ 7</p> | <p>(72) Винахідник(и): Войтов Віктор Анатолійович (UA), Бскіров Аблятіф Шевкетович (UA), Войтов Антон Вікторович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002 (UA), Войтов Віктор Анатолійович, просп. Московський, 296-б, кв. 21, м. Харків, 61110 (UA), Бскіров Аблятіф Шевкетович, вул. Ключківська, 228, к. 31, м. Харків, 61045 (UA), Войтов Антон Вікторович, просп. Московський, 296-б, кв. 21, м. Харків, 61110 (UA)</p> |
|--|--|

(54) СПОСІБ ПРИПРАЦЮВАННЯ ТРИБОСИСТЕМИ

(57) Реферат:

Спосіб припрацювання трибосистеми, у якому трибосистему змащують, здійснюють тертя і навантажують ступінчастим зовнішнім навантаженням до досягнення максимальної здатності навантаження. Діапазон меж навантаження трибосистеми контролюється за параметрами дискретної і безперервної акустичної емісії в певному діапазоні частот. Припрацювання здійснюють спочатку на першому ступені припрацювання, який складається з мінімальної швидкості ковзання і максимального навантаження. Тривалість припрацювання контролюють по дискретним і безперервним сигналам акустичної емісії. По завершенні першого ступеня трибосистему, без зупинки, переводять на другий ступінь, який складається з максимальної швидкості ковзання і мінімального навантаження. Час завершення припрацювання контролюють за сигналами акустичної емісії.

UA 150405 U

Корисна модель належить до способів припрацювання трибосистем, заснованих на застосуванні різних режимів і використанні як контрольованих параметрів акустико-емісійних сигналів, що виникають при контактній взаємодії в трибосистемі.

Відомий спосіб припрацювання трибосистеми, що полягає в тому, що трибосистему змащують, здійснюють тертя і ступінчасте навантажують зовнішнім навантаженням до досягнення максимальної здатності навантаження, на початку кожного ступеня навантажування тертя здійснюють в режимі змішаного тертя, однаковому для всіх ступенів і при цьому забезпечують зменшення приростів сили тертя від ступеня до ступеня, де критерієм оцінки режиму тертя виступає електрична провідність стику, що характеризує режими змішаного тертя (АС СРСР, № 1758505, МПК G01N 3/56, 30.08. 1992 рік).

Недоліком даного способу є те, що електрична провідність стику взаємодіючих (тертьових) поверхонь буде визначатися сумарною поверхнею фактичних плям контакту, а не результатом їх взаємодії. Багатьма дослідниками доведено, що після завершення припрацювання сумарна площа всіх фактичних плям контакту не перевищує 2-3 % номінальної площі тертя. Отже, зміна електричної провідності контакту в трибосистемі в процесі припрацювання не є чутливим параметром, тому що змінюється в незначних межах. Припрацювання трибосистеми на останніх ступенях навантаження може привести до виникнення задиру і пошкодження поверхонь тертя, а отже, до виходу з ладу трибосистеми. Для виключення даних ситуацій необхідно занижувати верхню межу навантаження, що призведе до збільшення часу припрацювання і зниження її ефективності. Крім того, даний спосіб може бути застосований лише до електропровідних матеріалів.

Найбільш близьким аналогом за технічною суттю є спосіб припрацювання трибосистеми, де результат досягається тим, що в процесі припрацювання трибосистеми заданий режим тертя контролюється за параметрами акустичної емісії (АЕ), що однозначно характеризують зміни структурних характеристик поверхонь тертя, а також частоту і характер схоплювання взаємодіючих поверхонь, які передують початку їх ушкодження у вигляді задирав і виривав. При цьому для поліпшення якості припрацювання і підвищення точності і оперативності зворотного зв'язку при підтримці заданого режиму тертя, діапазон меж навантаження контролюється за параметрами дискретної і безперервної акустичної емісії, що дозволяє відстежити процес припрацювання, динамічно його коригувати і вчасно локалізувати розвиток задирав, що зароджуються (патент на винахід, Росія, № 2516345, МПК G01N 3/56, 27.07.2012 рік).

Відмінними ознаками зазначеного способу припрацювання є те, що діапазон меж навантаження трибосистеми контролюється за параметрами дискретної і безперервної акустичної емісії в певному діапазоні частот, при цьому в якості основних інформативних параметрів акустико-емісійного сигналу виступають спектральна щільність, кількість викидів і амплітуда сигналу.

Недоліком даного способу припрацювання є те, що навантаження до трибосистеми прикладається ступінчасте, від мінімального до максимально можливого навантаження, прийнявши допущення, що такий режим є оптимальним. Реєстрація сигналів АЕ збільшує точність визначення останнього ступеня навантаження, що призводить до скорочення часу припрацювання.

Відмінною особливістю запропонованого способу є те, що в процесі припрацювання трибосистеми змінюється програма припрацювання, яка складається з двох ступенів, а час припрацювання на кожному ступені визначається за сигналами АЕ.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб припрацювання трибосистеми, що полягає в тому, що трибосистему змащують, здійснюють тертя і навантажують ступінчастим зовнішнім навантаженням до досягнення максимальної здатності навантаження, а діапазон меж навантаження трибосистеми контролюється за параметрами дискретної і безперервної акустичної емісії в певному діапазоні частот, згідно з корисною моделлю, припрацювання здійснюють спочатку на першому ступені припрацювання, який складається з мінімальної швидкості ковзання і максимального навантаження, а тривалість припрацювання контролюють по дискретним і безперервним сигналам акустичної емісії, по завершенні першого ступеня трибосистему, без зупинки, переводять на другий ступінь, який складається з максимальної швидкості ковзання і мінімального навантаження, а час завершення припрацювання контролюють за сигналами акустичної емісії.

Експериментальна перевірка способу припрацювання трибосистем.

На першому ступені припрацювання забезпечується максимальне навантаження N , яке перевищує навантаження в процесі експлуатації і мінімальна швидкість ковзання $U_{\text{КОВ}}$, яка значно нижче експлуатаційної. Даний ступінь записується у вигляді виразу:

$N = \max; U_{\text{КОВ}} = \min, \text{ при } W, = N * U_{\text{КОВ}} = \text{const.}$

На другому, завершальному ступені припрацювання, забезпечується мінімальне навантаження N , яке нижче експлуатаційного і максимальна швидкість ковзання $u_{ков}$, яка значно вище експлуатаційної. Даний ступінь записується у вигляді виразу:

$$N = \min; u_{ков} = \max, \text{ при } W_2 = \text{const.}$$

5 Особливістю способу припрацювання є рівність потужностей, що підводяться до трибосистеми на першій ступені W_1 , другій ступені W_2 і на режимі експлуатації $W_{екс}$:

$$W_1 = W_2 = W_{екс} = \text{const.}$$

10 Експериментальні дослідження проводилися на трибосистемі: сталь 40X + Бр.АЖ 9-4. Параметри трибосистеми: коефіцієнт форми $K_f = 12,5$ 1/м, мастильне середовище М-10Г_{2к}, $E_y = 3,6 \cdot 10^{14}$ Дж/м³.

В процесі експерименту, через кожні 100 секунд, реєстрували значення моменту тертя, який перераховували в коефіцієнт тертя, а також значення потужності акустичної емісії, за величиною якої визначали швидкість зношування.

15 Час припрацювання визначили по стабілізації швидкості зношування і коефіцієнта тертя щодо сталого значення.

Результати експериментів на кожному з ступенів повторювали 3 рази, з розрахунком значень критерію Кохрена для підтвердження відтворюваності результатів від іспиту до іспиту.

Порівняння результатів експерименту для трибосистеми сталь 40X + Бр.АЖ 9-4 при застосуванні способу, що заявляється, представлено в таблиці 1.

20

Таблиця 1

Порівняння результатів експерименту для трибосистеми сталь 40X + Бр.АЖ 9-4, $K_f = 12,5$ 1/м, мастильне середовище $E_y = 3,6 \cdot 10^{14}$ Дж/м³

| Час процесу припрацювання t, с | $I_m \cdot 10^{-10}$ м ³ /год. | $I_{екс} \cdot 10^{-10}$ м ³ /год. (середнє значення) | e_t , % | f_m | $f_{екс}$ (середнє значення) | e_f , % |
|--|---|--|-----------|--------|------------------------------|-----------|
| Перший ступінь $N=2600$ Н, $v_{ков}=0,2$ м/с | | | | | | |
| 100 | 14,8 | 16,2 | 8,6 | 0,0011 | 0,0012 | 8,3 |
| 200 | 14,5 | 16,2 | 10,4 | 0,0042 | 0,0044 | 9,0 |
| 300 | 14,0 | 15,6 | 10,2 | 0,0088 | 0,0091 | 2,2 |
| 400 | 13,47 | 14,5 | 7Д | 0,014 | 0,015 | 6,6 |
| 500 | 12,8 | 13,4 | 4,4 | 0,02 | 0,022 | 9,0 |
| 600 | 12,2 | 12,8 | 4,6 | 0,026 | 0,028 | 7,1 |
| 700 | 11,6 | 11,8 | 1,7 | 0,033 | 0,03 | 10,0 |
| Другий ступінь $N=650$ Н, $v_{ков}=0,8$ м/с | | | | | | |
| 800 | 9,95 | 9,0 | 10,5 | 0,057 | 0,055 | 3,6 |
| 900 | 9,39 | 9,0 | 4,3 | 0,057 | 0,055 | 3,6 |
| 1000 | 9,06 | 8,8 | 2,9 | 0,055 | 0,052 | 5,7 |
| 1100 | 8,87 | 8,6 | 3,1 | 0,054 | 0,051 | 5,8 |
| Параметри усталеного процесу тертя | | | | | | |
| 1200 | 8,87 | 8,6 | 3,1 | 0,054 | 0,051 | 5,8 |

Порівняння результатів експерименту для аналогічної трибосистеми при застосуванні зворотного способу припрацювання, представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняння результатів експерименту для трибосистеми сталь 40X + Бр.АЖ 9-4, $K_f=12,5$ 1/м, мастильне середовище $E_y=3,6 \cdot 10^{14}$ Дж/м³

| Час процесу припрацювання t, с | $I_m \cdot 10^{-10}$ м ³ /год. | $I_{екс} \cdot 10^{-10}$ м ³ /год. (середнє значення) | e_i , % | f_m | $f_{екс}$ (середнє значення) | e_f , % |
|--|---|--|-----------|--------|------------------------------|-----------|
| Другий ступінь N=650 Н, $v_{ков}=0,8$ м/с | | | | | | |
| 100 | 38,2 | 43,0 | 11,1 | 0,0027 | 0,0029 | 6,8 |
| 200 | 30,6 | 34,0 | 10,0 | 0,023 | 0,025 | 8,0 |
| 300 | 23,7 | 27,0 | 12,2 | 0,037 | 0,042 | 11,9 |
| 400 | 18,4 | 21,0 | 12,3 | 0,048 | 0,054 | 11,1 |
| 500 | 14,8 | 17,0 | 12,9 | 0,054 | 0,06 | 10,0 |
| 600 | 12,4 | 13,0 | 4,6 | 0,057 | 0,064 | 10,9 |
| 700 | 10,88 | 10,0 | 8,8 | 0,057 | 0,062 | 8,0 |
| Перший ступінь N=2600 Н, $v_{ков}=0,2$ м/с | | | | | | |
| 800 | 10,3 | 9,8 | 5,1 | 0,039 | 0,042 | 7,1 |
| 900 | 10,05 | 9,6 | 4,6 | 0,044 | 0,048 | 8,3 |
| 1000 | 10,0 | 9,4 | 6,3 | 0,049 | 0,053 | 7,5 |
| 1100 | 9,6 | 9,2 | 4,3 | 0,053 | 0,057 | 7,0 |
| 1200 | 9,2 | 9,0 | 2,2 | 0,057 | 0,06 | 5,0 |
| 1300 | 8,9 | 8,4 | 5,9 | 0,06 | 0,064 | 6,2 |
| 1400 | 8,84 | 8,6 | 2,7 | 0,062 | 0,066 | 6,0 |
| 1500 | 8,82 | 8,6 | 2,5 | 0,063 | 0,07 | 10,0 |
| 1600 | 8,8 | 8,6 | 2,3 | 0,064 | 0,072 | 12,1 |
| 1700 | 8,82 | 8,6 | 2,5 | 0,065 | 0,076 | 14,4 |
| 1800 | 8,84 | 8,6 | 2,8 | 0,065 | 0,072 | 9,7 |
| 1900 | 8,86 | 8,7 | 1,8 | 0,064 | 0,072 | 11,1 |
| 2000 | 8,88 | 9,0 | 1,3 | 0,064 | 0,072 | 12,1 |
| 2100 | 8,88 | 9,2 | 3,4 | 0,063 | 0,071 | 11,2 |
| 2200 | 8,86 | 9,3 | 4,7 | 0,062 | 0,068 | 8,8 |
| 2300 | 8,84 | 9,3 | 4,9 | 0,061 | 0,064 | 4,6 |
| 2400 | 8,82 | 9,2 | 4,1 | 0,06 | 0,062 | 3,2 |
| 2500 | 8,8 | 9,0 | 2,2 | 0,059 | 0,06 | 1,6 |
| 2600 | 8,8 | 9,0 | 2,2 | 0,059 | 0,062 | 4,8 |
| 2700 | 8,82 | 9,2 | 4,1 | 0,058 | 0,064 | 9,3 |
| 2800 | 8,84 | 9,3 | 4,9 | 0,056 | 0,066 | 13,6 |
| Параметри усталеного процесу тертя | | | | | | |
| 2900 | 8,8 | 9,0 | 2,2 | 0,056 | 0,06 | 6,6 |

5 Результати експерименту підтверджують, що другий (зворотній) спосіб припрацювання, який починається з другого ступеня (N=650 Н; $v_{ков}=0,8$ м/с.), а потім перехід на першу ступінь (N=2600 Н; $v_{ков}=0,2$ м/с), не є ефективний, в порівнянні з першим способом.

Порівняння результатів експерименту для аналогічної трибосистеми при застосуванні третього способу (ступінчастої програми), представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняння результатів експерименту для трибосистеми сталь 40X + Бр.АЖ 9-4, $K_f=12,5$ 1/м, мастильне середовище $E_\gamma=3,6 \cdot 10^{14}$ Дж/м³

| Час процесу припрацювання t, с | $I_m \cdot 10^{-10}$ м ³ /год. | $I_{екс} \cdot 10^{-10}$ м ³ /год. (середнє значення) | $e_i, \%$ | f_m | $f_{екс}$ (середнє значення) | $e_r, \%$ |
|--|---|--|-----------|--------|------------------------------|-----------|
| Перший ступінь N=650 Н, $v_{ков}=0,8$ м/с | | | | | | |
| 100 | 38,2 | 42,0 | 9,0 | 0,0027 | 0,003 | 10,0 |
| 200 | 30,6 | 33,0 | 10,9 | 0,023 | 0,026 | 11,5 |
| 300 | 23,7 | 26,0 | 14,2 | 0,037 | 0,04 | 7,5 |
| 400 | 18,4 | 20,0 | 12,0 | 0,048 | 0,052 | 7,6 |
| 500 | 14,8 | 16,0 | 7,5 | 0,054 | 0,059 | 8,4 |
| 600 | 12,4 | 13,5 | 8,1 | 0,057 | 0,061 | 6,5 |
| 700 | 10,88 | 10,0 | 8,8 | 0,057 | 0,062 | 8,0 |
| Другий ступінь N=1040Н $v_{ков} = 0,5$ м/с | | | | | | |
| 800 | 9,19 | 9,0 | 2,1 | 0,061 | 0,063 | 3,1 |
| 900 | 8,65 | 8,5 | 1,7 | 0,061 | 0,063 | 3,1 |
| 1000 | 8,37 | 8,0 | 4,6 | 0,06 | 0,062 | 3,2 |
| 1100 | 8,27 | 8,0 | 3,3 | 0,059 | 0,06 | 1,6 |
| 1200 | 8,27 | 8,0 | 3,3 | 0,057 | 0,058 | 1,7 |
| 1300 | 8,32 | 8,0 | 4,0 | 0,056 | 0,057 | 1,7 |
| 1400 | 8,63 | 8,5 | 1,5 | 0,054 | 0,055 | 1,8 |
| Параметри усталеного процесу тертя | | | | | | |
| 1500 | 8,65 | 8,5 | 1,7 | 0,054 | 0,055 | 1,8 |

Відмінність третього способу від раніше представлених полягає в тому, що припрацювання здійснюється при ступінчастому збільшенні навантаження до експлуатаційного, при дотриманні умов $W=const$.

Проведені експериментальні дослідження процесів припрацювання трибосистеми за трьома різними способами дозволяють підтвердити ефективність застосування запропонованого способу (першого). Проведені лабораторні випробування підтвердили ефективність запропонованого способу припрацювання трибосистеми.

Запропонована корисна модель може бути використана в умовах сучасного промислового виробництва при припрацюванні різних конструкцій трибосистем машин та обладнання при використанні стандартного устаткування із застосуванням стандартних засобів реєстрації сигналів АЕ.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб припрацювання трибосистеми, що полягає в тому, що трибосистему змащують, здійснюють тертя і навантажують ступінчастим зовнішнім навантаженням до досягнення максимальної здатності навантаження, а діапазон меж навантаження трибосистеми контролюється за параметрами дискретної і безперервної акустичної емісії в певному діапазоні частот, який **відрізняється** тим, що припрацювання здійснюють спочатку на першому ступені припрацювання, який складається з мінімальної швидкості ковзання і максимального навантаження, а тривалість припрацювання контролюють по дискретним і безперервним сигналам акустичної емісії, по завершенні першого ступеня трибосистему, без зупинки, переводять на другий ступінь, який складається з максимальної швидкості ковзання і мінімального навантаження, а час завершення припрацювання контролюють за сигналами акустичної емісії.