



УКРАЇНА

(19) UA (11) 76384 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
C10G 71/00  
C10N 30/06 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

**(54) ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ СПОСІБ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ФОРМУВАННЯ ОБОЛОНОК ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА ПРОДУКТАХ ЗНОСУ В РІДКИХ ЗМАЩУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

1

2

(21) а200505588

(22) 10.06.2005

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Лисіков Євген Миколайович, Воронін Сергій Володимирович, Березан Олександр Михайлович, Шуліка Олександр Сергійович

(73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

(56) SU, 1732232, A1, 07.05.1992

RU, 1730842, C, 30.11.1994

EP, 0730004, A1, 04.09.1996

JP, 9202916, 05.08.2005

МАРЧЕНКО Е.А. О ПРИРОДЕ РАЗРУШЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ ПРИ ТРЕНИИ. М.: НАУКА.- 1979.- 118 С.

ГАРКУНОВ Д.Н. ТРИБОТЕХНИКА.- М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ.- 1985.- С. 267-291

ЛИСІКОВ Є.М., ВОРОНІН С.В. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ АКЦІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ НАСОСІВ В УМОВАХ ОБРОБКИ РОБОЧИХ РІДИН ЗОВНІШНІМ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИМ ПОЛЕМ// ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ УКРДАЗТ. ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ, КОЛІЙНИХ ТА ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ

НА ТРАНСПОРТІ.- ХАРКІВ.- ВИП.58.- 2004.- С.58-62.

ЛИСІКОВ Є.М. ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ТРИБОСПОЛУЧЕНЬ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ШЛЯХОМ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ НА МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ// ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ УКРДАЗТ. ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ, КОЛІЙНИХ ТА ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ТРАНСПОРТІ.- ХАРКІВ.- ВИП. 58.- 2004.- С. 5-10.

(57) Електростатичний спосіб інтенсифікації формування оболонок поверхнево-активних речовин на продуктах зносу в рідких змащувальних матеріалах технічних систем, який відрізняється тим, що під дією зовнішнього електростатичного поля навколо продуктів зносу створюються локальні поля, напруженість яких близька до напруженості поля насичення діелектриків  $4,2 \cdot 10^8$  В/м, при цьому продукти зносу покриваються оболонкою молекул поверхнево-активних речовин (ПАР) максимальної товщини і отримують більш високий дипольний момент, в результаті, в парах тертя реалізується двохшаровий варіант змащення, при якому перший шар утворюють продукти зносу, покриті оболонкою ПАР, а другий - мономери молекул ПАР.

Винахід належить до технічних систем, в яких для змащення вузлів тертя застосовуються рідкі матеріали на вуглеводневій основі.

Всі пари тертя технічних систем постійно або періодично працюють в режимі граничного змащення. В такому режимі має місце самоорганізація вузлів тертя, яка виявляється в утворенні на поверхнях специфічних шарів, що складаються з молекул поверхнево-активних речовин (ПАР) змащувального матеріалу, мілкодисперсних частинок продуктів зносу, продуктів окислення і хімічних реакцій цих елементів з поверхнями тертя. Швидкість формування і структура таких шарів визначають інтенсивність зносу деталей технічних систем.

Відоме явище «избирательного переноса» при терті, в якому забезпечується тривала робота механізмів з мінімальним зносом їх деталей [1]. Це явище полягає в утворенні нових ПАР, що є з'єднаннями іонів металу (як правило, мідь) з молекулами змащувального матеріалу. Накопичення іонів міді в системі змащення є результатом розчинення матеріалу поверхонь тертя в мастильній рідині, а утворення ПАР - результатом електростатичної взаємодії цих іонів з молекулами рідини. ПАР, які утворюються, володіють високою поверхневою активністю і, взаємодіючи з поверхнями тертя, створюють міцні граничні шари, здатні тривалий час запобігати зносу деталей. Не дивлячись на значний ефект зниження зносу пар тертя, аж до

(19) UA (11) 76384 (13) C2

його усунення, явище «избирательного переноса» не реалізовано в багатьох технічних системах, оскільки формування вказаних ПАР при терті можливе тільки в специфічних умовах (найсильніший ефект отримано при змащенні гліцерином).

Найближчим аналогом запропонованого способу є застосування в технічних системах металоплакуючих мастил [2]. Додавання в змащувальний матеріал мілкодисперсного металевого порошку істотно знижує знос пар тертя. Такий ефект можливий за рахунок того, що металева частинка є сильним адсорбентом, внаслідок чього на її поверхні відбувається адсорбція молекул ПАР з складу змащувального матеріалу. Сформовані таким чином агрегати (частинка металу - шар ПАР) виконують функцію протизносної присадки, вступаючи у взаємодію з поверхнями тертя вони заповнюють западини мікронерівностей і, тим самим, знижують контактний тиск при терті. Сили зв'язків цих агрегатів з поверхнями тертя носять електростатичний характер, тобто, при постійному полі поверхні величини цих сил залежать тільки від значень дипольних моментів агрегатів. Проте наявність вільної енергії є причиною взаємодії агрегатів між собою з утворенням більш крупних частинок - коагулянтів, які осідають у фільтрах систем змащення. Це, в цілому, приводить до зниження концентрації ПАР в змащувальному матеріалі і втраті його якостей. Крім того, схильність молекул рідких присадок, що вводяться в базове мастило, утворювати міцели і інші молекулярні з'єднання знижує ефективність їх адсорбції на поверхнях введених в це ж мастило частинок металу.

Спосіб полягає в інтенсифікації формування оболонки ПАР навколо продуктів зносу при обробці рідких змащувальних матеріалів зовнішнім електростатичним полем.

Продукти зносу володіють такими ж фізичними і хімічними властивостями як і поверхневі шари пар тертя і, з урахуванням великої питомої поверхні, є сильними адсорбентами [3]. Їх кількість в  $1\text{см}^3$  змащувального матеріалу обчислюється сотнями тисяч, а найбільша кількість має розміри до 5мкм. На продуктах зносу адсорбуються молекули ПАР, формуючи оболонки різної товщини. Цей процес пропонується інтенсифікувати шляхом обробки змащувального матеріалу зовнішнім електростатичним полем.

При попаданні металевої частинки зносу в зовнішнє електростатичне поле на її поверхні відбувається перерозподіл зарядів, Фіг.1, внаслідок чого навколо частинки утворюється локальне поле, яке за своїм значенням набагато перевищує власне поле поверхні металу. Для сферичної частинки напруженість локального поля визначається виразом

$$E_{\text{л}}^{\text{с}} = 3E_{\text{вн}} \cos \Theta \quad (1)$$

де  $E_{\text{вн}}$  - напруженість зовнішнього електростатичного поля, В/м;

$\Theta$  - кут між лінією дії зовнішнього поля і радіус-вектором, проведеним з центру сфери в довільну точку її поверхні М.

Руйнування металів при терті відбувається по межах зерен і граням кристалів, тому частинки зносу мають на поверхні мікроступи різних роз-

мірів.

Величина напруженості локального поля поблизу мікроступу відмінна від локального поля сферичної частинки і дорівнює [4]

$$E_{\text{л}}^{\text{в}} = \frac{R}{r} E_{\text{л}}^{\text{с}} = 3 \frac{R}{r} E_{\text{вн}} \cos \Theta \quad (2)$$

де R - радіус кривизни частинки;

r - радіус кривизни мікроступу.

Під дією таких локальних полів відбувається інтенсивна адсорбція молекул ПАР на продуктах зносу, при цьому перерозподілені заряди, стають зв'язаними. Утворений агрегат (продукт зносу, покритий оболонкою ПАР) при знятті зовнішнього поля є електричним диполем. Величини дипольних моментів таких агрегатів на декілька порядків перевищують дипольні моменти молекул ПАР і в кілька разів перевищують дипольні моменти аналогічних агрегатів, утворюваних без дії зовнішнього поля. Тому вони взаємодіють з поверхнями тертя в першу чергу. В результаті, на поверхнях тертя спочатку формується перший шар, що складається з продуктів зносу, покритих оболонкою ПАР, а потім на ньому адсорбуються окремі молекули ПАР, які утворюють другий шар, фіг.2. При організації такого двошарового варіанту змащення пар тертя мають місце наступні позитивні явища: сформований шар нівелює шорсткості поверхні і, тим самим, знижує контактний тиск; екранується власне поле поверхонь тертя, тому при великих зовнішніх навантаженнях значно знижується адгезійна складова сили тертя.

Основним чинником, що визначає інтенсивність адсорбції ПАР на продуктах зносу, є напруженість локального електростатичного поля мікроступів, яка, згідно (2) залежить від напруженості зовнішнього поля і співвідношення радіусів кривизни продуктів зносу і мікроступів. Величина локального поля повинна бути рівний  $E_{\text{л}}^{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^8$  В/м, що відповідає значенню напруженості поля насичення для полярних діелектриків [5]. Необхідність досягнення такої напруженості обумовлена тим, що молекули ПАР в сучасних змащувальних матеріалах знаходяться, переважно, в зв'язаній формі: у вигляді різних асоціатів-димерів, міцел і т. ін. Такий стан ПАР перешкоджає їх адсорбції на поверхнях металів, тому ефективне формування двошарового мастила можливе лише при попередньому руйнуванні молекулярних агрегатів, що знаходяться поблизу продуктів зносу.

Враховуючи, що співвідношення радіусів кривизни продуктів зносу і мікроступів лежать в межах  $50 \div 100$ , напруженість зовнішнього електростатичного поля, в якому повинна відбуватися обробка змащувальних матеріалів, рівна

$$E_{\text{вн}} = (4 \div 2,8) \cdot 10^6 \text{ В/м.}$$

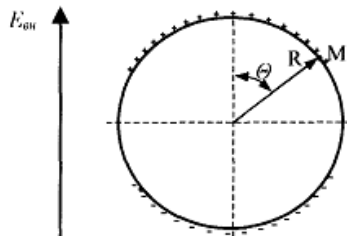
При експлуатації технічних систем, обробку змащувальних матеріалів слід проводити в спеціальних пристроях, вбудованих в систему змащення або гідравлічну систему, з підведенням напруги на електроди пристрою ззовні - від бортового або стаціонарного джерела живлення. Конструктивні параметри пристроїв для реалізації способу необхідно вибирати з наступних міркувань: поєднання таких параметрів як форма електродів, зазор між ними, напруга на електродах, діелектрична прони-

кність оброблюваної рідини і дипольний момент молекул ПАР повинен забезпечувати напруженість електростатичного поля в зазорі між електродами рівну  $E_{вн}$ . Крім того, геометричні параметри пристрою вибираються з умов мінімізації гідравлічних опорів, що виникають при русі оброблюваної рідини. Схема одного з можливих варіантів такого пристрою приведена на Фіг.3.

Технічним результатом пропонованого способу є зниження зносу пар тертя технічних систем до 5 разів залежно від концентрації продуктів зносу в змащувальному матеріалі.

Проведені експериментальні дослідження зміни концентрації продуктів зносу в гідроприводі екскаватора залежно від його напрацювання [6]. З періодичністю 5 маш.-годин роботи машини вимірювався процентний вміст заліза в робочій рідині. Після 250 маш.-годин в гідросистему екскаватора був вбудований пристрій для обробки робочої рідини зовнішнім електростатичним полем напруженістю  $1,4 \cdot 10^6$  В/м. Встановлено, що при обробці робочої рідини концентрація заліза в ній різко знижується - до 2,5 разів протягом перших 50 годин, після чого накопичення заліза стабілізується, Фіг.4.

Випробування зносу на машині СМТ-1 при використуванні робочої рідини МГЕ-46В показали, що обробка рідини зовнішнім електростатичним полем напруженістю  $1,4 \cdot 10^6$  В/м дозволяє зменшити знос пари тертя «колодка-ролик до 5 разів, за-



Фіг. 1. Металева частка в зовнішньому електростатичному полі

лежно від класу чистоти робочої рідини. Причому, із збільшенням класу чистоти ефект зниження зносу підвищується, Фіг.5.

Література:

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. - М.: Машиностроение -1985 -424с.

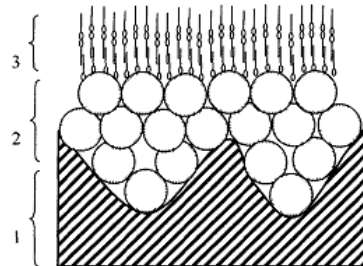
2. Патент RU 1730842 С1. МПК С10М125/04 // (С10М125/04, 125:02), С10N 30:06. Заявлено 14.02.90. Опубл. 30.11.94, бюл. №22. Смазочный состав. Научно-исследовательский институт высоких напряжений при Томском политехническом институте им. С.М.Кирова.

3. Марченко Е.А. О природе разрушения металла при трении. - 1979 -М.:Наука -118с.

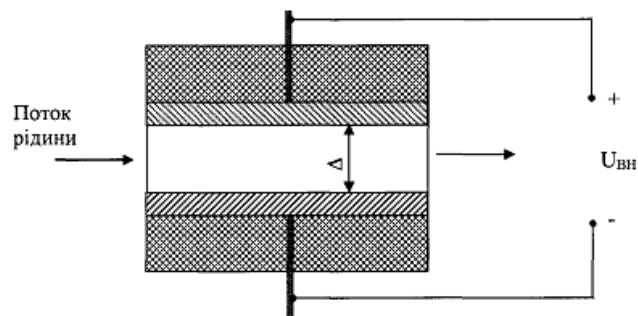
4. Лисіков Є.М. Підвищення ресурсу трибосполучень технічних систем шляхом впливу електростатичного поля на мастильні матеріали. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Техніка та технологія виконання будівельних, колійних та перевантажувальних робіт на транспорті. -Харків -2004. -Вип. 58. С.5-10.

5. Матвеев А.М. Электричество и магнетизм. - Москва: Высшая школа, 1983.-464с.

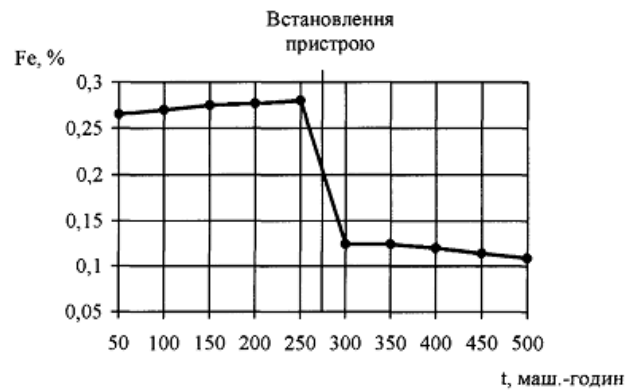
6. Лисіков Є.М., Вороній С.В. Експлуатаційні випробування аксіально-поршневих насосів в умовах обробки РР зовнішнім ЕП / Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Техніка та технологія виконання будівельних, колійних та перевантажувальних робіт на транспорті. -Харків -2004. -Вип.58. С.58-62.



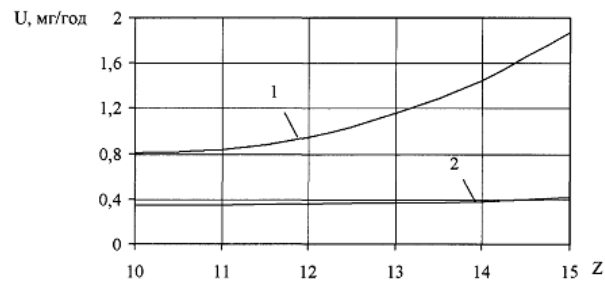
Фіг. 2. Двошарове змащення поверхонь тертя при обробці рідких змащувальних матеріалів на вуглеводневій основі зовнішнім електростатичним полем. 1 - поверхня тертя; 2 - шар продуктів зносу, вкритих оболонкою ПАР; 3 - адсорбований шар молекул ПАР



Фіг. 3. Схема пристрою с плоскими электродами



**Фіг. 4.** Зміна вмісту заліза в робочій рідині в залежності від напрацювання машини



**Фіг. 5.** Залежність інтенсивності зносу пари тертя від класу чистоти робочої рідини. 1 - змащення необробленою рідиною; 2 - змащення обробленою рідиною