



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **106912** (13) **C2**  
(51) МПК  
**G01N 3/56** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2012 13664</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>29.11.2012</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>27.10.2014</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>10.06.2014, Бюл.№ 11</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.10.2014, Бюл.№ 20</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Бурда Мирослав Йосипович (UA), Криль Андрій Орестович (UA), Бурда Юрій Мирославович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ,</b> вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2308706 C1; 20.10.2007 RU 2150688 C1; 10.06.2000 RU 2247360 C2; 27.02.2005 SU 188106 A; 22.03.1967 SU 1388768 A1; 15.04.1988 SU 1552075 A1; 23.03.1990 SU 998924 A; 23.02.1983 US 3977231 A; 31.08.1976 US 5490410 A; 13.02.1996</p>
---	---

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ СПОКОЮ

### (57) Реферат:

Винахід належить до галузі дослідження матеріалів на тертя і може бути використаний в машинобудуванні для визначення фрикційних характеристик робочих поверхонь. Пристрій, який містить основу, поступальну пару, напрямна якої закріплена на основі, а повзун служить утримувачем плоского зразка, кронштейн із жорстко закріпленим на ньому приводом лінійного переміщення повзуна у вигляді мікрометричного гвинта, вертикальну стійку із горизонтальною балкою, на якій встановлено у горизонтальній площині верхню траверсу, до якої, за допомогою двох гнучких зв'язків, закріплено нижню траверсу, посередині якої встановлено вимірювальний щуп із утримувачем сферичного контрзразка, та засіб для створення нормального навантаження між робочими поверхнями зразка та контрзразка, згідно з винаходом, новим є те, що додатково містить платформу та шарнір, який з'єднує її із повзуном, причому вісь шарніра перпендикулярна до площини, що проходить через вектори напрямку переміщення між зразком і контрзразком та дії нормального навантаження, крім того пристрій містить кулачковий механізм, кулачок якого закріплений на боковій поверхні платформи, а штовхач - на боковій поверхні напрямної. Винахід дозволяє збільшити точність та достовірність даних отриманих в результаті досліджень.

UA 106912 C2



Винахід належить до області трибологічних досліджень матеріалів і може бути використаний в машинобудуванні для визначення фрикційних характеристик робочих поверхонь.

Відомий пристрій для визначення хімічної чистоти поверхні зразка з використанням вимірювального щупа, який дозволяє визначити силу тертя між поверхнею зразка і вимірювальним щупом в момент відриву останнього від зразка, причому використовують щуп такої конструкції, яка забезпечує точковий контакт з поверхнею зразка, наприклад диск або ролик. Досліджуваний зразок закріплюють на предметному столику і встановлюють щуп на поверхні зразка. Поступово збільшуючи тягове зусилля, фіксують момент зсуву і замірюють покази динамометра по еталонній моделі [патент SU 188106 C1, кл. G01N 13/00, 1996 р.].

Недоліком даного пристрою, є неможливість його використання для вимірювання коефіцієнта тертя та необхідність порівняння отриманих результатів з вимірюваннями на еталонному зразку.

Найбільш близьким по технічній суті і очікуваному результату є пристрій для визначення коефіцієнта тертя спокою [патент RU 2308706 C1, кл. G01N 19/02, 20.10.2007 р.], який містить основу, поступальну пару, напрямна якої закріплена на основі, а повзун служить утримувачем плоского зразка, кронштейн із жорстко закріпленим на ньому приводом лінійного переміщення повзуна, виконаного у вигляді мікрометричного гвинта, вертикальну стійку із закріпленою на ній із можливістю зворотно-поступального переміщення у вертикальній площині балки. На балці з можливістю зворотно-поступального переміщення у горизонтальній площині закріплена верхня траверса, на кінцях якої закріплено гнучкі зв'язки. Іншими кінцями ці зв'язки закріплені на нижній траверсі, причому осі верхньої та нижньої траверси паралельні, що забезпечується однаковою довжиною гнучких зв'язків. Посередині нижньої траверси закріплено вимірювальний щуп. На одному із кінців вимірювального щупа встановлено утримувач сферичного контрзразка та засіб для створення нормального навантаження між робочими поверхнями зразка та контрзразка. На протилежному кінці вимірювального щупа для його збалансування закріплено противагу.

Відомий пристрій працює наступним чином. Досліджуваний зразок із плоскою робочою поверхнею встановлений на поверхні утримувача зразка - повзуна. Переміщуючи противагу, на вимірювальному щупі приводять останній у стан рівноваги відносно осі нижньої траверси. Переміщуючи балку по вертикальній стійці забезпечують горизонтальне положення вимірювального щупа та контакт між зразком і контрзразком у вибраній точці. Після цього за допомогою засобу для створення нормального навантаження створюють задане програмою досліджень навантаження. Наступний етап роботи на відомому пристрої полягає у створенні за допомогою мікрометричного гвинта переміщення зразка у горизонтальній площині. В результаті дії сили тертя вимірювальний щуп переміщується разом із зразком, а гнучкі зв'язки, на яких підвішений вимірювальний щуп, відхиляються від вертикального положення до тих пір, поки горизонтальна складова сил реакції гнучких зв'язків не перевершить значення сили тертя спокою між поверхнями зразка і контрзразка і не відбудеться зсув зразка відносно контрзразка. На шкалі мікрометричного гвинта фіксують величину цього переміщення і по ньому згідно із запропонованою формулою розраховують силу тертя спокою.

Недоліком даного пристрою, є те, що в процесі випробування, при переміщенні зразка у горизонтальній площині, відбувається відхилення гнучких зв'язків від вертикального положення. Це викликає відповідне відхилення вимірювального щупа від початкового горизонтального положення. Автори [Несторова И.Н. Микротрибометр - прибор для экспериментального исследования фрикционных параметров тонких поверхностных слоев и покрытий / И.Н. Несторова, А.Ф. Гусев // Трение и износ. - 1995. - Т. 16. № 6. - С. 1152-1158] вважають, що значення цього кута є достатньо малим і тому ним нехтують у розрахунковій залежності, згідно з якою розраховують коефіцієнт тертя. Цей факт призводить до зниження точності та достовірності результатів дослідження, тобто до погіршення якості інформації, отриманої в результаті випробування.

Крім того в результаті випробування, при поступовому відхиленні вимірювального щупа від горизонтального положення, до моменту зсуву контрзразка відносно зразка, відбувається певне прокочування сферичної поверхні контрзразка по плоскій поверхні зразка. Це супроводжується утворенням та руйнуванням фрикційних зв'язків між нерівностями взаємодіючих поверхонь, яке суперечить априорі самій суті тертя спокою. Тобто, до моменту зсуву уже відбувались певні контактні процеси, які притаманні тертю руху. Оскільки відомо, що сила тертя руху завжди є меншою за силу тертя спокою, то отримані в результаті випробувань значення коефіцієнта тертя спокою будуть дещо занижені.

Задача даного винаходу полягає у розробленні пристрою, який забезпечить збільшення точності вимірювань та покращить достовірність отриманих результатів. В основу винаходу поставлена задача вдосконалення пристрою для визначення коефіцієнта тертя спокою, в якому

шляхом модифікації конструкції вузла утримувача контрзразка, забезпечується паралельність між вимірювальним щупом та поверхнею контрзразка в процесі випробовування. За рахунок цього збільшується точність та достовірність даних, отриманих в результаті випробувань.

5 Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для визначення коефіцієнта тертя спокою, який містить основу, поступальну пару, напрямна якої закріплена на основі, а повзун служить утримувачем плоского зразка, кронштейн із жорстко закріпленим на ньому приводом лінійного переміщення повзуна у вигляді мікрометричного гвинта, вертикальну стійку із горизонтальною балкою, на якій встановлено у горизонтальній площині верхню траверсу, до якої, за допомогою двох гнучких зв'язків, закріплено нижню траверсу, посередині якої встановлено вимірювальний щуп із утримувачем сферичного контрзразка, та засіб для створення нормального навантаження між робочими поверхнями зразка та контрзразка, згідно з винаходом, додатково містить платформу та шарнір, який з'єднує її із повзуном, причому вісь шарніра перпендикулярна до площини, що проходить через вектори напряму переміщення між зразком і контрзразком та дії нормального навантаження, крім того пристрій містить кулачковий механізм, кулачок якого закріплений на боковій поверхні платформи, а штовхач - на боковій поверхні напрямної.

Введення в конструкцію пристрою платформи та шарніра, який з'єднує її з повзуном, дозволяє в процесі випробовування повертати робочу поверхню зразка на кут повороту вимірювального щупа, що забезпечить стабільне тертя спокою між взаємодіючими поверхнями.

20 Спрямування осі шарніра перпендикулярно до площини, що проходить через вектор напряму переміщення між зразком і контрзразком та вектор дії нормального навантаження, забезпечить поворот робочої поверхні зразка на кут повороту вимірювального щупа, який виникає в процесі випробовувань при відхиленні гнучких зв'язків від вертикального положення.

25 Наявність кулачкового механізму, кулачок якого закріплений на боковій поверхні платформи, а штовхач - на боковій поверхні напрямної, забезпечує поворот платформи, а разом з нею і поверхні зразка на кут повороту вимірювального щупа, при переміщенні повзуна відносно напрямної.

30 Суть запропонованого винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 зображено пристрій для вимірювання коефіцієнта тертя спокою, а на фіг. 2 зображена схема вимірювання коефіцієнта тертя спокою.

35 Пристрій для визначення коефіцієнта тертя спокою містить основу 1 (фіг. 1), поступальну пару, яка складається з напрямної 2, що закріплена на основі 1, і повзуна 3. Останній шарнірно з'єднаний з платформою 5 за допомогою осі 4. Платформа 5 служить утримувачем плоского зразка 6. Пристрій також містить кронштейн 7, який сполучений з приводом лінійного переміщення повзуна 3 у вигляді мікрометричного гвинта 8. Окрім того, в конструкції пристрою передбачено вертикальну стійку 9 із горизонтальною балкою 10, причому остання виконана з можливою переміщення відносно вертикальної стійки 9. Фіксація горизонтальної балки 10 відносно вертикальної стійки 9 здійснюється за допомогою фіксуючого гвинта 11. На горизонтальній балці 10 встановлено у горизонтальній площині верхню траверсу 12. До верхньої траверси 12, за допомогою двох гнучких зв'язків 13, закріплено нижню траверсу 14, посередині якої встановлено вимірювальний щуп 15. На одному кінці вимірювального щупа 15 встановлено утримувач 16 сферичного контрзразка 17, та засіб для створення навантаження 18 величиною  $G$  між робочими поверхнями плоского зразка 6 та сферичного контрзразка 17. Засіб для створення навантаження 18 може бути виконаний, наприклад, у вигляді набору тягарців заданої маси. Для зрівноваження утримувача 16 сферичного контрзразка 17, на вимірювальному щупі 15 для збалансування встановлена противага 19, яка виконана з можливістю переміщення вздовж осі вимірювального щупа 15. Крім того, пристрій містить кулачковий механізм, що складається з кулачка 20, який закріплений на боковій поверхні платформи 5, а штовхач 21 - на поверхні напрямної 2. Кулачок 20 фіксується за допомогою гвинтів 22.

50 Пристрій працює наступним чином.

Горизонтальна балка 10 відводиться вздовж вертикальної стійки 9 у верхнє положення і фіксується за допомогою гвинта 11. Плоский зразок 6 (фіг. 1) встановлюється на поверхню платформи 5. Переміщуючи противагу 19, збалансовують вимірювальний щуп 15 відносно осі нижньої траверси, що проходить через точки його підвісу на гнучких зв'язках 13, таким чином, щоб він прийняв горизонтальне положення. По вертикальній стійці 9, яка встановлена нерухомо на основі 1, переміщують горизонтальну балку 10 із верхньою траверсою 12 і приводиться в контакт робочі поверхні сферичного контрзразка 17 та плоского зразка 6 у вибраній початковій точці (положення А на фіг. 2). В такому положенні затягується фіксуючий гвинт 11 і знерухомлюється горизонтальна балка 10 відносно вертикальної стійки 9. Далі, за допомогою

засобу для створення нормального навантаження 18 між робочими поверхнями плоского зразка 6 та сферичного контрзразка 17 створюється задане програмою випробувань навантаження величиною G. Плавно обертаючи мікрометричний гвинт 8, встановлений на кронштейні 7, лінійно, у напрямку v показаному на фіг. 1 стрілкою, переміщують повзун 3, який шарнірно з'єднаний за допомогою осі 4 з платформою 5, на котрій встановлено плоский зразок 6. В результаті взаємодії поверхонь плоского зразка 6 і сферичного контрзразка 17 і виникнення між ними сили тертя спокою, вимірювальний щуп 15 - утримувач сферичного контрзразка 17 переміщується разом із плоским зразком 6, а гнучкі зв'язки 13, на яких через нижню траверсу 14 підвішений вимірювальний щуп 15, відхиляються від вертикального положення на кут  $\phi$  (фіг. 2).

Платформа 5, сполучена з повзуном 3 за допомогою осі 4, тобто вона має можливість повертатись відносно неї. Такий поворот реалізується за допомогою кулачкового механізму, який містить кулачок 20, встановлений на платформі 5 за допомогою гвинтів 22, та штовхач 21, який розміщений на напрямній 2 і виконаний у вигляді ролика, що взаємодіє із робочою поверхнею кулачка 20. Таким чином, при лінійному переміщенні повзуна 3 із платформою 5 та плоским зразком 6 у напрямі v, відбувається одночасне повертання платформи 5 із плоским зразком 6 на кут  $\alpha$  (фіг. 2), яке забезпечує стабільність контакту між плоским зразком 6 і сферичним контрзразком 17, і постійність сформованих при початковому дотику робочих поверхонь зразків. Між зразком 6 і контрзразком 17 виникає тертя спокою.

При подальшому русі повзуна 3 зростає горизонтальна складова сил R реакції T гнучких зв'язків 13. При досягненні нею величини, що перевищує значення сили тертя спокою F (положення B на фіг. 2) між робочими поверхнями плоского зразка 6 та сферичного контрзразка 17 відбудеться зсув і їх зміщення одна відносно іншої.

Переміщення плоского зразка 6 із сферичним контрзразком 17 до початку їх взаємного проковзування  $\delta$  визначають по шкалі мікрометричного гвинта 8.

Коефіцієнт тертя спокою розраховують згідно формули:

$$f = \frac{P \cdot \delta}{G \cdot L},$$

де P - вага вимірювального щупу;

$\delta$  - величина переміщення контрзразка по поверхні зразка (вимірюється по шкалі мікрометричного гвинта 8);

G - навантаження на контрзразок;

L - довжина гнучких зв'язків.

Введення в конструкцію відомого пристрою для визначення коефіцієнта тертя спокою, додаткових елементів, а саме платформи, шарніра та кулачкового механізму, дозволяє за рахунок додаткового приводу платформи - утримувача зразка, забезпечити між взаємодіючими поверхнями тертя спокою, аж до моменту зриву - початку відносного переміщення. Це значно збільшує точність вимірювань та покращить достовірність даних, отриманих в результаті досліджень.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Пристрій для визначення коефіцієнта тертя спокою, який містить основу, поступальну пару, напрямна якої закріплена на основі, а повзун служить утримувачем плоского зразка, кронштейн із жорстко закріпленим на ньому приводом лінійного переміщення повзуна у вигляді мікрометричного гвинта, вертикальну стійку із горизонтальною балкою, на якій встановлено у горизонтальній площині верхню траверсу, до якої, за допомогою двох гнучких зв'язків, закріплено нижню траверсу, посередині якої встановлено вимірювальний щуп із утримувачем сферичного контрзразка, та засіб для створення нормального навантаження між робочими поверхнями зразка та контрзразка, який **відрізняється** тим, що додатково містить платформу та шарнір, який з'єднує її із повзуном, причому вісь шарніра перпендикулярна до площини, що проходить через вектори напряму переміщення між зразком і контрзразком та дії нормального навантаження, крім того пристрій містить кулачковий механізм, кулачок якого закріплений на боковій поверхні платформи, а штовхач - на боковій поверхні напрямної.

