



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117625** (13) **C2**
(51) МПК
G01N 3/56 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

| | |
|---|--|
| <p>(21) Номер заявки: а 2017 00398</p> <p>(22) Дата подання заявки: 16.01.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 27.08.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.07.2017, Бюл.№ 14</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.08.2018, Бюл.№ 16</p> | <p>(72) Винахідник(и): Бурда Мирослав Йосипович (UA), Роп'як Любомир Ярославович (UA), Бурда Юрій Мирославович (UA), Рогаль Олександр Васильович (UA), Перепічка Василь Васильович (UA), Витвицький Василь Степанович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Вальдма Л. Э. Лабораторные испытания металлов на износостойкость при трении с абразивной прослойкой / Л. Э. Вальдма // Труды Таллинского политехнического института, Серия А, № 237, 1966. - С. 113-126. Цыпин Н. В. Износостойкость композиционных алмазосодержащих материалов для бурового инструмента / Н. В. Цыпин - К.: Наукова думка, 1983. - С. 69-71. UA 14682 U, 15.05.2006 SU 1188580 A1, 30.10.1985 RU 2327138 C1, 20.06.2008 RU 2601502 C2, 10.11.2016 US 2016377520 A1, 29.12.2016</p> |
|---|--|

(54) СПОСІБ ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА ЗНОШУВАННЯ ПРИ ТЕРТІ ПО АБРАЗИВНОМУ ПРОШАРКУ

(57) Реферат:

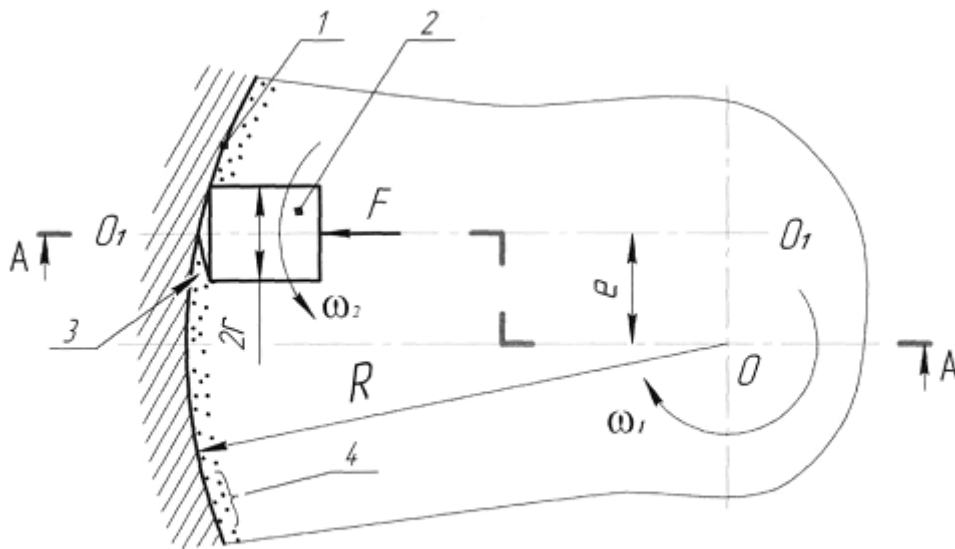
Об'єкт винаходу: спосіб випробовування матеріалів на зношування при терті по абразивному прошарку. Галузь застосування: випробовувальна техніка для трибологічних досліджень матеріалів та покриттів. Суть винаходу: спосіб, що включає встановлення циліндричного зразка із матеріалу, що досліджується, відносно циліндричного кільцевого притира шляхом суміщення його осі з радіусом-вектором циліндричного кільцевого притира, який обертається навколо вертикальної осі та має осцилююче осьове переміщення, створення навантаження між торцевою поверхнею циліндричного зразка і кільцевим притиром та подачу частинок абразиву в зону тертя. Циліндричному зразку надають обертання навколо його осі, розміщують відносно циліндричного кільцевого притира таким чином, що вісь циліндричного зразка знаходиться у площині, паралельній до осі обертання циліндричного кільцевого притира, і зміщена відносно осі обертання кільцевого притира в напрямку вектора його лінійної швидкості, направленою всередину клиноподібної щілини, утвореної між робочою поверхнею циліндричного кільцевого

UA 117625 C2

притира і торцевою поверхнею зразка, при цьому величину зміщення при контакті циліндричного зразка із внутрішньою (зовнішньою) робочою поверхнею визначають із виразу $e = \sqrt{2dR - d^2} - r$, і при отриманні від'ємного значення зміщення ($e \leq 0$), приймають величину зміщення рівну нулю ($e = 0$), а при отриманні додатнього значення зміщення ($e > 0$) порівнюють його із радіусом циліндричного зразка r , і в процесі якого за виконання умови $e \leq r$ приймають це розрахункове значення e , а при невиконанні цієї умови, тобто $e > r$, величину зміщення e

визначають із виразу $e = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{4R^2}{d^2 + 4r_2} - 1}$, де d - максимальний діаметр частинки абразиву, мм; R

- радіус внутрішньої (зовнішньої) циліндричної робочої поверхні кільцевого притира, мм; r - радіус циліндричного зразка, мм. Технічний результат: забезпечується підвищення точності та достовірності отриманих результатів досліджень за рахунок стабільної подачі частинок абразиву в зону тертя, що дозволяє здійснювати раціональний вибір матеріалів і покриттів для деталей вузлів тертя.



Фіг. 1

Винахід належить до випробовувальної техніки, а саме до способів трибологічних досліджень матеріалів та покриттів, у тому числі для вибору матеріалів пар тертя гальм, і може бути використаний в заводських лабораторіях машинобудівних підприємств, науково-дослідних інститутах і навчальних закладах.

5 Відомий спосіб випробовування матеріалів на зношування при терті по абразивному прошарку [1], який включає встановлення циліндричного зразка із матеріалу, що досліджується, шляхом суміщення його осі з віссю такого ж самого зразка, нанесення між плоскими торцевими поверхнями зразків прошарку зволоженого маслом абразиву, створення між цими зразками нормального навантаження в осьовому напрямку та надання обертання нижньому зразку
10 навколо вертикальної осі. Випробовування зразків матеріалу згідно з цим способом здійснюють на пристрої K2-AV наступним чином. Між плоскими поверхнями зразків наносять прошарок зволоженого маслом абразиву. За рахунок прикладання нормальної сили створюють між цими поверхнями нормальне навантаження. Вмикають вузол обертання тримача зразка, що забезпечує швидкість відносного ковзання, і внаслідок тертя зразків по абразивному прошарку
15 відбувається їх зношування. Результати досліджень встановлюють за зміною (зменшенням) маси зразків.

До недоліків способу можна віднести наступне:

торцева схема взаємодії зразків із коефіцієнтом взаємного перекриття, близьким до одиниці, утруднює виведення продуктів зношування із зони тертя. Внаслідок цього, в процесі
20 випробовувань частинки абразивного матеріалу поступово будуть притуплюватися і забруднюватися продуктами зношування, що призведе до порушення стабільності умов випробовування і, як наслідок, до спотворення результатів дослідження;

торцева схема взаємодії зразків спричиняє зміну швидкості ковзання в залежності від відстані до осі їх обертання. Таким чином, в результаті дослідження отримують певне усереднене значення величини зносу при зміні швидкості ковзання від нуля на осі обертання, до
25 максимальної - на периферії зразків. Це утруднює інтерпретацію отриманих результатів випробовувань та їх використання в інженерних розрахунках.

Відомий також, вибраний як прототип, спосіб випробовування матеріалів на зношування при терті по абразивному прошарку [2], який включає встановлення в циліндричному кільцевому притирі циліндричного зразка із матеріалу, що досліджується, шляхом суміщення його осі з радіусом-вектором циліндричного кільцевого притира, який має обертання навколо
30 вертикальної осі та осцилююче осьове переміщення, створення навантаження між торцевою поверхнею циліндричного зразка і циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира та подачу частинок абразиву в зону тертя. Пристрій АІ-2 для реалізації відомого способу працює наступним чином. Абразивний матеріал у вигляді суспензії вводять всередину порожнини чаші циліндричного кільцевого притиру, якому надають обертання навколо вертикальної осі. Відцентрова сила відкидає абразивну суспензію на внутрішню циліндричну робочу поверхню кільцевого притиру, формуючи на ній абразивний прошарок. Зважений або вимірний зразок встановлюють в тримачі і за допомогою двоплечого важеля і тягарів притискають до
40 внутрішньої циліндричної робочої поверхні кільцевого притиру із заданим навантаженням відповідно до програми випробовувань. Для забезпечення рівномірного зношування внутрішньої циліндричної робочої поверхні кільцевого притиру і більш повного використання абразиву, кільцевому притиру надають осьовий осцилюючий рух. У процесі випробовування зразок взаємодіє із кільцевим притиром з частинками абразиву на його внутрішній циліндричній
45 поверхні та зношується. Після закінчення випробовування зразок очищають і повторно зважують або вимірюють для встановлення величини зносу.

До недоліків відомого способу можна віднести наступне. В процесі випробовувань зразок із матеріалу, що досліджується, притискається до внутрішньої циліндричної робочої поверхні кільцевого притиру із значною силою. Враховуючи те, що робочі поверхні зразка і кільцевого
50 притиру конгруентні та щільно прилягають між собою, імовірність попадання частинок абразиву між ними достатньо мала. Нерухомий зразок, відносно якого рухається кільцевий притир, розсікає абразивний прошарок, оскільки останній не має достатньої міцності, бо сформований за рахунок дії відцентрових сил. Це призводить до того, що зношування, в основному, відбувається по бічних поверхнях зразка, а не по всій його робочій торцевій поверхні. Втрачається основна ідея методу - дослідження абразивного зношування поверхонь при терті по абразивному прошарку. Використання цього відомого способу випробовувань для моделювання процесу зношування та вибору зносостійких матеріалів для елементів вузлів, що працюють при терті по абразивному прошарку між робочими поверхнями є не зовсім коректним.

В основу винаходу поставлена задача: у способі випробовування матеріалів на зношування
60 при терті по абразивному прошарку шляхом надання циліндричному зразку обертання навколо

його осі та зміщення цього зразка відносно вертикальної осі кільцевого притира створюється така схема контактної взаємодії поверхонь зразка з циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира (контртілом) по абразивному прошарку, при якій інтенсивне зношування зосереджується на всій торцевій поверхні циліндричного зразка і забезпечується створення

5 сприятливих умов для попадання частинок абразиву в міжконтактний простір - зону тертя, що дозволяє підвищити точність і достовірність результатів випробовувань.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі випробовування матеріалів на зношування при терті по абразивному прошарку, який включає встановлення в циліндричному кільцевому притирі циліндричного зразка із матеріалу, що досліджується, шляхом суміщення

10 його осі з радіусом-вектором циліндричного кільцевого притира, який має обертання навколо вертикальної осі та осцилююче осьове переміщення, створення навантаження між торцевою поверхнею циліндричного зразка і циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира та подачу частинок абразиву в зону тертя, згідно з винаходом, циліндричному зразку надають обертання навколо його осі, розміщують відносно циліндричного кільцевого притира таким

15 чином, що вісь циліндричного зразка знаходиться у площині, паралельній до осі обертання циліндричного кільцевого притира, і зміщена відносно осі обертання циліндричного кільцевого притира в напрямку вектора його лінійної швидкості, направленої всередину клиноподібної щілини, утвореної між циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира і торцевою

20 поверхнею циліндричного зразка, при цьому величину зміщення e при контакті циліндричного зразка із внутрішньою (зовнішньою) циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира визначають із виразу

$$e = \sqrt{2dR - d^2} - r \quad (1)$$

і при отриманні від'ємного значення зміщення ($e \leq 0$), приймають величину зміщення рівну нулю ($e = 0$), а при отриманні додатного значення зміщення ($e > 0$) порівнюють його із

25 радіусом циліндричного зразка r , і в процесі якого за виконання умови $e \leq r$ приймають це розрахункове значення e , а при невиконанні цієї умови, тобто $e > r$, величину зміщення e визначають із виразу

$$e = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{4R^2}{d^2 + 4r_2} - 1} \quad (2)$$

де d - максимальний діаметр частинки абразиву, мм;

R - радіус внутрішньої (зовнішньої) циліндричної робочої поверхні кільцевого притира, мм;

30 r - радіус циліндричного зразка, мм.

Розміщення циліндричного зразка в площині, паралельній до вертикальної осі обертання кільцевого притира і зміщення його в напрямку кутової швидкості обертання цього притира на величину e призводить до утворення між торцевою поверхнею зразка, що випробовується, і внутрішньою (зовнішньою) циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира клиноподібної

35 щілини із великим кутом розкриття, достатнім для вільного проникнення частинок абразиву, які взаємодіючи із зразком сприяють його інтенсивному зносу по всій робочій торцевій поверхні. Зміщення площини, в якій розташована вісь обертання циліндричного зразка у напрямку кутової швидкості обертання кільцевого притира, забезпечує розкриття клиноподібної щілини назустріч набігаючому потоку частинок абразиву та формування у зоні тертя абразивного прошарку. Крім цього, надання обертання циліндричному зразку із матеріалу, що досліджується, унеможливило

40 формування конгруентного контакту між торцевою робочою поверхнею циліндричного зразка та внутрішньою (зовнішньою) циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира, і цим самим підтримує динамічне формування клиноподібної щілини, яка сприяє захопленню частинок абразиву і забезпечує зношування зразка при терті по абразивному прошарку.

45 Суть винаходу пояснюється кресленнями, де зображені на:

- фіг. 1 - Схема контакту циліндричного зразка із внутрішньою вгнутою циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира;

- фіг. 2 - Переріз А-А на фіг. 1;

- фіг. 3 - Схема контакту циліндричного зразка із зовнішньою випуклою циліндричною робочою поверхнею кільцевого притира;

50 - фіг. 4 - Переріз Б-Б на фіг. 3;

- фіг. 4 - Переріз Б-Б на фіг. 3;

Заявлений спосіб випробовування матеріалів на зношування при терті по абразивному прошарку реалізують таким чином.

Для реалізації заявленого способу величини кутових швидкостей обертання ω_1 і ω_2 кільцевого притиру 1 і циліндричного зразка 2 з матеріалу, що досліджується, відповідно вибирають із таких міркувань. Куту швидкість обертання ω_1 кільцевого притиру 1 вибирають такою, щоби відцентрові сили, які діють на частинки абразиву 4 забезпечили їх рівномірний розподіл та утримання на його внутрішній циліндричній робочій поверхні для здійснення зношування циліндричного зразка 2 при терті по абразивному прошарку. В свою чергу, куту швидкість обертання ω_2 циліндричного зразка 2 і його навантаження силою F вибирають відповідно до умов роботи елементів пари тертя для яких проводять вибір матеріалів або покриттів. Надання обертання циліндричному зразку 2 відносно горизонтальної осі O_1-O_1 з куту швидкістю ω_2 у поєднанні зі зміщенням його осі відносно вертикальної осі обертання $O-O$ кільцевого притиру 1 на величину e , забезпечує формування між торцевою поверхнею циліндричного зразка 2 та внутрішньою циліндричною робочою поверхнею кільцевого притиру 1 клиноподібної щілини 3, в яку вільно проникають абразивні частинки 4 з максимальним діаметром d і забезпечують зношування цього зразка при терті по абразивному прошарку.

При контактуванні циліндричного зразка 2 із внутрішньою циліндричною робочою поверхнею кільцевого притиру 1 частинки абразиву 4 засипають у порожнину цього притиру (фіг. 1, 2). При обертанні останнього навколо вертикальної осі частинки абразиву 4 під дією відцентрових сил притискаються до циліндричної робочої поверхні і потрапляють у зону тертя (клиноподібну щілину 3). При контактуванні циліндричного зразка 2 із зовнішньою циліндричною робочою поверхнею кільцевого притиру 1 (фіг 3, 4) частинки абразиву 4 подають у зону тертя - клиноподібну щілину 3 із живильника (на фіг. 3, 4 непоказаний).

Для проведення випробовувань циліндричний зразок 2 з матеріалу, що досліджується, зміщують відносно вертикальної осі обертання $O-O$ циліндричного кільцевого притиру 1 на розраховану за виразом (1) або (2) величину зміщення e в напрямку його куту швидкості обертання ω_1 . Крім цього, також надають кільцевому притиру 1 періодичне осцилююче осьове переміщення із амплітудою $2S$ у вертикальному напрямку. Це забезпечує переміщення внутрішньої циліндричної робочої поверхні кільцевого притиру 1 відносно робочої торцевої поверхні циліндричного зразка 2 по новому сліду (треку). Осцилюючий рух кільцевого притиру 1 забезпечує також і раціональне використання частинок абразиву 4 в процесі трибологічних випробовувань.

Одночасно надають також обертання циліндричному зразку 2 і прикладають до нього силу F силу, яка забезпечує створення необхідного навантаження між робочою торцевою поверхнею циліндричного зразка 2 та внутрішньою (зовнішньою) циліндричною робочою поверхнею кільцевого притиру 1, який обертається. Процес приробки здійснюють до моменту утворення на робочому торці циліндричного зразка 2 поверхні усталеної форми. Після цього зупиняють кільцевий притир 1, і при повній його зупинці, виймають циліндричний зразок 2, очищають, промивають, висушують і зважують його на аналітичній вазі для встановлення початкової маси. Для продовження трибологічних досліджень циліндричний зразок 2 знову встановлюють аналогічно первинній його орієнтації та здійснюють випробовування (протягом виконують повторне зважування циліндричного зразка 2 для встановлення втрати маси і визначення зносостійкості матеріалу, що досліджується).

Суть винаходу пояснюється конкретними прикладами трибологічних випробовувань № 1-6.

Радіус внутрішньої (зовнішньої) циліндричної робочої поверхні кільцевого притиру $R=100$ мм; радіус циліндричного зразка $r=5$ мм. При проведенні випробовувань максимальний діаметр частинок абразиву d встановив: 0,050; 0,12508; 0,150; 0,50126; 1,00; 1,50 мм відповідно. Величину зміщення e осі циліндричного зразка, необхідну для забезпечення умов зношування при терті по абразивному прошарку, утвореному із частинок абразиву заданого діаметра, розраховану згідно з вище наведених виразів (1) і (2) відповідно, представлено у таблиці.

Таблиця

Результати визначення величини зміщення e циліндричного зразка

| Параметри | Приклади | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Радіус кільцевого притиру R , мм | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Радіус циліндричного зразка r , мм | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Результати визначення величини зміщення є циліндричного зразка

| Параметри | Приклади | | | | | |
|---|----------|---------|------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Максимальний діаметр частинки абразиву d, мм | 0,050 | 0,12508 | 0,150 | 0,50126 | 1,00 | 1,500 |
| Розрахунок зміщення за виразом (1), мм $e = \sqrt{2dR - d^2} - r$ | -1,838 | 0 | +0,475 | +5,000 | +9,107 | +12,255 |
| Порівняння зміщення $e \leq 0$ | Від'ємне | Нуль | - | - | - | - |
| Прийняте зміщення $e = 0$ | 0 | 0 | - | - | - | - |
| Порівняння зміщення $e > 0$ | - | - | Додатне | Додатне | Додатне | Додатне |
| Порівняння зміщення $e \leq r$ | - | - | Менше за радіус зразка | Рівне радіусу зразка | - | - |
| Прийняте зміщення e, мм | - | - | 0,475 | 5,000 | - | - |
| Порівняння зміщення $e > r$ | - | - | - | - | Більше за радіус зразка | Більше за радіус зразка |
| Розрахунок заміщення за виразом (2), мм $e = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{4R^2}{d^2 + 4r_2} - 1}$ | - | - | - | - | +9,938 | +14,815 |
| Прийняте зміщення e, мм | - | - | - | - | 9,938 | 14,815 |

У прикладі 1 отримали від'ємну величину зміщення, розраховану за виразом (1), тому прийняли $e=0$.

У прикладі 2 отримали величину зміщення, розраховану за виразом (1), рівну нулю, тому і прийняли $e=0$.

У прикладі 3 отримали додатну величину зміщення, розраховану за виразом (1), меншу за радіус циліндричного зразка, тому прийняли $e=0,475$ мм.

У прикладі 4 отримали додатну величину зміщення, розраховану за виразом (1), рівну радіусу циліндричного зразка, тому і прийняли $e=5,0$ мм.

У прикладах 5 і 6 отримали додатну величину зміщення, розраховану за виразом (1), порівняли із радіусом циліндричного зразка (більша за радіус циліндричного зразка), тому розрахунок провели за виразом (2) і прийняли $e = 9,938$ мм і $e = 14,815$ мм відповідно.

Таким чином, заявлений спосіб випробовування матеріалів на зношування при терті по абразивному прошарку, забезпечує підвищення точності та достовірності отриманих результатів досліджень за рахунок стабільної подачі частинок абразиву в зону тертя, що дозволяє здійснювати раціональний вибір матеріалів і покриттів для деталей вузлів тертя.

Джерела інформації:

1. Вальдма Л. Э. Лабораторные испытания металлов на износостойкость при трении с абразивной прослойкой / Л. Э. Вальдма // Труды Таллинского политехнического института, Серия А, № 237, 1966. - С. 113-126.

2. Цыпин Н. В. Износостойкость композиционных алмазосодержащих материалов для бурового инструмента / Н. В. Цыпин - К.: Наукова думка, 1983. - С. 69-71.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб випробовування матеріалів на зношування при терті по абразивному прошарку, який включає встановлення в циліндричному кільцевому притирі циліндричного зразка із матеріалу, що досліджується, шляхом суміщення його осі з радіусом-вектором циліндричного кільцевого притира, який має обертання навколо вертикальної осі та осцилює осьове переміщення, створення навантаження між торцевою поверхнею циліндричного зразка і циліндричною

робочою поверхнею кільцевого притира та подачу частинок абразиву в зону тертя, який **відрізняється** тим, що циліндричному зразку надають обертання навколо його осі, розміщують відносно циліндричного кільцевого притира таким чином, що вісь циліндричного зразка знаходиться у площині, паралельній до осі обертання циліндричного кільцевого притира, і

5

$$e = \sqrt{2dR - d^2} - r,$$

10

і при отриманні від'ємного значення зміщення ($e \leq 0$), приймають величину зміщення рівну нулю ($e = 0$), а при отриманні додатного значення зміщення ($e > 0$) порівнюють його із радіусом циліндричного зразка r , і в процесі якого за виконання умови $e \leq r$ приймають це розрахункове значення e , а при невиконанні цієї умови, тобто $e > r$, величину зміщення e визначають із

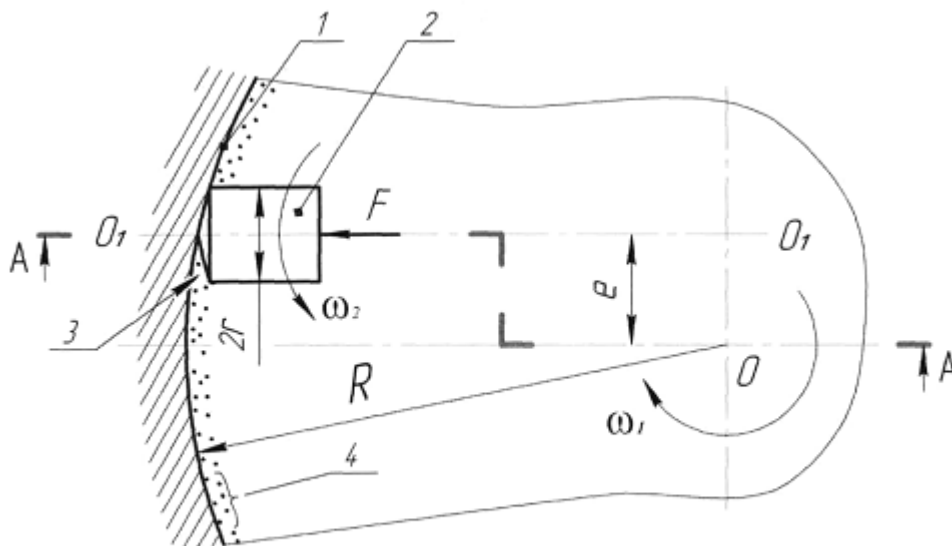
15

$$e = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{4R^2}{d^2 + 4r^2} - 1},$$

де d - максимальний діаметр частинки абразиву, мм;

R - радіус внутрішньої (зовнішньої) циліндричної робочої поверхні кільцевого притира, мм;

r - радіус циліндричного зразка, мм.



Фіг. 1

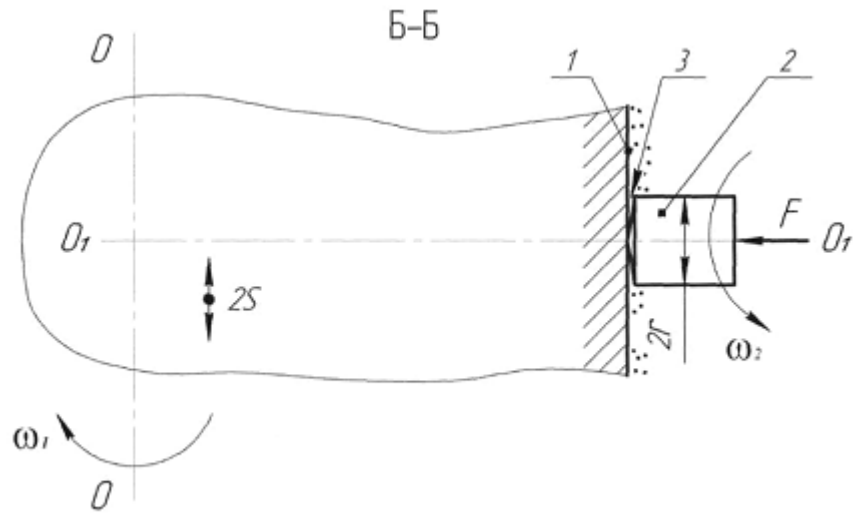


Fig. 4

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601