



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154872** (13) **U**
(51) МПК
G01N 3/56 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2023 02597</p> <p>(22) Дата подання заявки: 29.05.2023</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 28.12.2023</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 27.12.2023, Бюл.№ 52</p>	<p>(72) Винахідник(и): Стечишин Мирослав Степанович (UA), Диха Олександр Володимирович (UA), Стечишина Надія Мирославівна (UA), Лук'янюк Микола Васильович (UA), Здоренко Денис Вікторович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA)</p>
---	--

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ЗНОСОСТІЙКОСТІ АЗОТОВАНИХ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ

(57) Реферат:

Спосіб оцінки зносостійкості азотованих металевих поверхонь включає визначення зносостійкості зразків металів, після безводного азотування в тліючому розряді, шляхом випробовування в режимі сухого тертя при тиску на фрикційному контакті 16 МПа і швидкості ковзання 0,1 м/с.

UA 154872 U

UA 154872 U

Корисна модель належить до галузі металознавства та хіміко-термічної обробки металів і може бути використана для оцінки зносостійкості деталей машин.

В роботі [1] були проаналізовані результати досліджень зносостійкості, які одержані в умовах граничного тертя. Головний висновок з аналізу зводився до того, що будь-який процес зношування є сукупністю послідовного ущільнення приповерхневих шарів та їх видалення. При цьому вирішальне значення мають параметри випробувань, які повинні вибиратись з огляду на матеріал та попередню обробку поверхні. Результати експериментів свідчать про те, що в умовах граничного тертя надзвичайно важко, а в деяких випадках неможливо використовувати такі значення питомого тиску на поверхню тертя, при яких реальним було б співставлення результатів, одержаних для різних зразків, виготовлених з різних марок та оброблених за допомогою різних технологічних процесів зміцнення металів. Оскільки в ході випробувань забезпечувалось постійне змащування зони тертя, то до певного значення тиску на поверхні тертя був присутній шар мастила, що призводило до надзвичайно малих показників лінійного зношування. Однак, залежно від характеристик модифікованої поверхні, існувало критичне значення тиску, при якому шар мастила витискувався із зони тертя, що приводило до миттєвого схоплювання поверхонь. Про наявність ущільнення і структурних перетворень поверхні свідчить той факт, що при поступовому збільшенні тиску вдавалось досягати відносно великих значень критичного тиску. Спроба зразу ж проводити на нових зразках випробування при тиску, близькому до цих критичних значень, неминуче викликала схоплювання поверхонь. Причиною подібного явища могло бути тільки поетапне ущільнення поверхні та її зміцнення, пов'язане із зміною структури приповерхневого шару. Зазначене вище і неможливість об'єктивного порівнювання результатів випробувань, отриманих при різних тисках, пояснює необхідність переходу до іншої схеми експериментів.

В основу корисної моделі поставлена задача розробки методики і критеріїв оцінки експериментальних досліджень зносостійкості зразків після їх азотування в циклічно-комутованому розряді (ЦКР) для досягнення результатів лабораторних випробувань, які відповідають реальним умовам експлуатації деталей.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб оцінки зносостійкості азотованих металевих поверхонь, що включає визначення зносостійкості зразків металів, після безводневого азотування в тліючому розряді, шляхом випробування в режимі сухого тертя при тиску на фрикційному контакті 16 МПа і швидкості ковзання 0,1 м/с.

На кресленнях:

фіг. 1 - показана залежність лінійного зносу від шляху тертя та тиску: 1 - сталь 20, $p=16$ МПа; 2 - сталь 45, $p=16$ МПа; 3 - сталь 20, $p=10$ МПа; 4 - сталь 40Х, $p=16$ МПа; 5 - сталь 45, $p=10$ МПа; 6 - сталь 38 × 2МЮА, $p=16$ МПа;

фіг. 2 - характер зношування поверхні в початковий період: 1 - сталь 20, 2 - сталь 40Х, 3 - сталь 38 × 2МЮА;

фіг. 3 - ефект релаксаційних структурних перетворень поверхні: 1, 2-сталь 20; 3, 4 - сталь 40Х; 5, 6 - сталь 38 × 2МЮА (на кресленнях крапками відмічені моменти зупинки випробувань).

Експериментальні дослідження зразків на зносостійкість проводились на універсальній машині для випробування матеріалів на тертя моделі 2168УМТ, модернізованій для проведення випробувань в режимі сухого тертя. Схема тертя - "диск - палець"; тип контакту - ковзання площини по площині (торець циліндричного зразка ковзає по плоскому металевому диску); матеріал контртіла - сталь ШХ15 із твердістю основи HRC61; тиск у зоні контакту $p=16$ МПа; швидкість ковзання $v=0,1$ м/с.

Для перевірки можливості подальшого співставлення процесів зношування вибирались об'єкти з суттєво відмінними характеристиками поверхні: м'які поверхні представлені зразками із сталі 20 без модифікації, модифіковані - зі сталі 45 після їх азотування в тліючому розряді. Останні до азотування мали поверхневу твердість HV0,1 215, після модифікації HV0,1 700...730.

Контрольований параметр - лінійний знос d , що визначався як зміна у результаті проходження ділянки довжиною L лінійного розміру зразка, виміряного по нормалі до поверхні тертя.

БАТР здійснювали на промисловій установці УАТР, яка відповідає моделі діодного типу. В схему добавлено блок живлення від незалежного джерела, а також блок комутації і контролю циклічно-комутованого розряду. Крім того, установка додатково укомплектована нагрівальними елементами, розміщеними в газорозрядній камері, що дало можливість довільно міняти енергетичні параметри - напругу U , і значення густини струму j (відношення струму до загальної площі садки і підвіски).

Металографічні дослідження азотованих зразків проводили після травлення у 3 % спиртовому розчині азотної кислоти. Вимірювання товщини нітридної зони проводили на мікроскопі RX50M. Мікротвердість визначали на мікротвердомірі DuraScan-20 при навантаженні 1,0 Н з фіксацією значень мікротвердості як на поверхні, так і на відстані від неї 0; 25; 50; 100; 200; 300; 500 мкм.

Вимірювання товщини нітридної зони проводили на мікроскопі МИМ-10, що дозволяє проводити кількісний аналіз фазового та структурного складу азотованих поверхонь.

Рентгенофазовий аналіз азотованих зразків проводили на дифрактометрі ДРОН-3 у фільтрованому випромінюванні залізного аноду в діапазоні кутів φ від 20° до 100° з кроком сканування $0,1^\circ$ і часом експозиції 10 с. Рентгенозйомка проводилася від поверхні в глибину азотованого шару.

Приклад використання способу

Результати попередніх випробувань показані на фіг. 1. З фіг. 1 випливає, що в режимі сухого тертя суттєво зростає інтенсивність процесу зношування, що означає значне підвищення продуктивності експериментальних досліджень. Так, один експеримент в режимі граничного тертя тривав тижнями, а в режимі сухого його вдавалось виконати за декілька змін. Крім того, підтвердилась теза відносно вирішального впливу на інтенсивність зношування тиску на поверхні тертя: одні і ті ж показники лінійного зносу d досягались із збільшенням тиску при суттєво меншому шляхові тертя L . Марка матеріалу і початкові значення його фізико-механічних показників в сукупності з наявною модифікацією поверхні також суттєво впливали на інтенсивність зношування. Так, для азотованої в тліючому розряді сталі 38 × 2МЮА інтенсивність зношування практично на порядок менша в порівнянні зі сталлю 20, (фіг. 1).

На відміну від методики експериментальних досліджень при граничному терті, в режимі сухого тертя результатів можна досягти при однакових значеннях тиску практично для всіх сталей, що виключає при аналізі результатів досліджень питання порівняльності. Про важливість цього положення свідчить співставлення кривих зношування для одних і тих же сталей при різних значеннях тиску (фіг. 1). Оскільки одне і те ж значення лінійного зносу для одного матеріалу, але при різних тисках, досягається при суттєво різних значеннях шляху тертя, то встановлення взаємозв'язку між перерахованими факторами становило би певну проблему.

Криві на фіг. 1 підтверджують також вплив на інтенсивність зношування фізико-механічних параметрів поверхні та її модифікації. Так, сталі із вищими фізико-хімічними характеристиками (40X і 38 × 2МЮА), а також сталі, котрі пройшли певну модифікаційну обробку, зношуються при однакових умовах (тиск та швидкість відносного руху) з меншою інтенсивністю зношування, що на графіках відповідає куту їх нахилу.

Ефект структурних перетворень поверхні підтверджується фіг. 2, на якому приведені результати фіксації лінійного зносу з малим інтервалом шляху тертя. Графік зношування в цьому випадку являє собою ступінчасту криву періодів утворення зміцнених структур на поверхні, коли зношування практично відсутнє, та періодів руйнування цих поверхневих структур (фіг. 2).

Для модифікованих поверхонь подібне явище особливо характерне в початковий період, коли зношується зона нітридів та внутрішнього азотування.

Встановлене ще одне важливе явище для аналізу впливу результатів модифікації на характеристики зносостійкості поверхні - ефект релаксаційних процесів в приповерхневих шарах, які вже набули структурних перетворень під дією тиску в зоні тертя.

Чорними крапками на кривих 2, 4, 6 зафіксовані точки, коли випробування на зносостійкість призупинялися і відновлювалися наступної доби (фіг. 3). Для всіх сталей відмічається деяке сповільнення інтенсивності зношування після перерви з поступовим поверненням до інтенсивності, характерної для певної марки сталі (фіг. 3). Причиною такого явища може бути лише релаксація напружень і вирівнювання характеристик структури в приповерхневих шарах. При цьому наслідком є зміцнення поверхні, що і пояснює зниження інтенсивності процесу зношування, з часом, в міру руйнування зміцненого прошарку, показники стану поверхні стають рівними з тими, що були до перерви і інтенсивність зношування відновлюється, (фіг. 3).

Таким чином, дослідження зносостійкості при сухому режимі тертя забезпечує суттєво більшу продуктивність експериментів. На відміну від експериментів при граничному терті сухе тертя може застосовуватись для різних сталей при однаковому значенні тиску, що виключає проблему порівняльності результатів та сприяє об'єктивності висновків стосовно ефективності різних процесів модифікації. За результатами попередніх експериментів таким компромісним значенням тиску може бути 16 МПа.

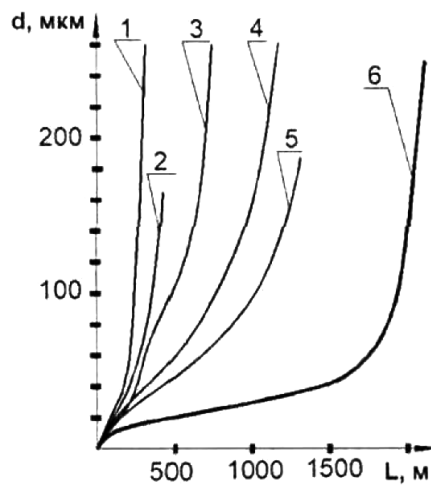
Встановлено ефект релаксаційних перетворень поверхневих структур, на основі чого рекомендується проводити дослідження зносостійкості протягом однієї безперервної сесії.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ:

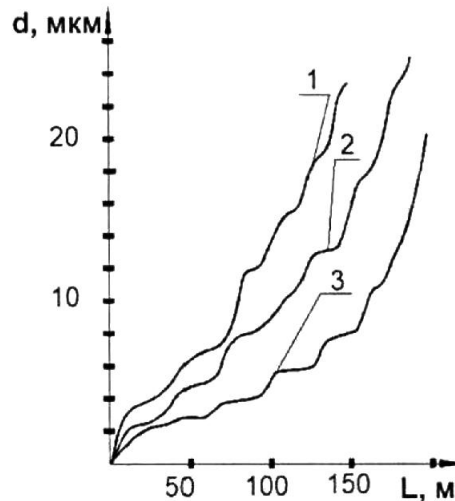
1. M.S. Stechyshyn, V.V. Lyukhovets, N.M. Stechyshyn, M.I. Tsepenyuk. Wear resistance of structural steels nitroded in cyclic-commuted discharge at limit modes of friction /M.S. Stechyshyn, V.V. Lyukhovets, N.M. Stechyshyn, M.I. Tsepenyuk.// Problems of Tribology. - Khmelnytskyi: KHNU, 2022. - V. 27. - №3/105. - P. 27-33.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

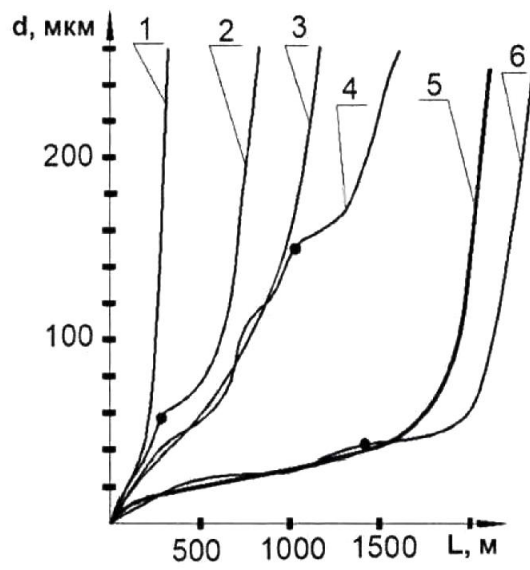
- 10 1. Спосіб оцінки зносостійкості азотованих металевих поверхонь, який **відрізняється** тим, що визначають зносостійкість зразків металів, після безводневого азотування в тліючому розряді, шляхом випробовування в режимі сухого тертя при тиску на фрикційному контакті 16 МПа і швидкості ковзання 0,1 м/с.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що дослідження зносостійкості проводять протягом однієї безперервної сесії.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3