



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **152541** (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 2022 02709</p> <p>(22) Дата подання заявки: 28.07.2022</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 09.03.2023</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 08.03.2023, Бюл.№ 10</p>	<p>(72) Винахідник(и): Стечишин Мирослав Степанович (UA), Скиба Микола Єгорович (UA), Диха Олександр Володимирович (UA), Лук'янюк Микола Васильович (UA), Стечишина Надія Мирославівна (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA)</p>
---	--

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ КАВІТАЦІЙНО-ЕРОЗІЙНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ МЕТАЛІВ

(57) Реферат:

Спосіб, який включає отримання даних інтенсивності кавітаційно-ерозійного зношування металів безпосередньо в умовах експлуатації або за відповідними їм даними, отриманими на спрощеній конструкції гідродинамічної труби з наступними прискореними випробуваннями на установці з магнітострикційним вібратором з анодною поляризацією зразків густиною струму, яка забезпечує рівність співвідношення механічного і корозійного факторів зношування в умовах експлуатації і прискорених лабораторних випробуваннях.

UA 152541 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування і матеріалознавства і може бути використаний для отримання даних кавітаційно-ерозійної зносостійкості матеріалів та покриттів в лабораторних умовах, що відповідають даним натурних випробувань.

Більшість досліджень кавітаційно-ерозійного зношування присвячена вивченню закономірностей механічного фактора руйнування. В той же час відомо, що при кавітаційно-ерозійному зношуванні в корозійно-активних середовищах корозійні втрати маси можуть сягати 60 % від загальних втрат. Залежно від умов експлуатації і проведення випробувань співвідношення між корозійним і механічними факторами може бути різним. Відповідно до цього співвідношення змінюється відносна зносостійкість металів при кавітаційно-ерозійному зношуванні. Так, порядок розміщення матеріалів по їх кавітаційній стійкості при випробуванні на установках з магнітострикційним вібратором (МСВ) дещо відрізняється від порядку зносостійкості знайденого при проведенні випробувань на ударно-ерозійному стенді (УЕС). Особливо різко показана відмінність проявляється при порівнянні даних лабораторних випробувань з показниками, отриманими безпосередньо в умовах експлуатації обладнання. При випробуваннях на МСВ сталь 12×18Н9 покаже кавітаційну стійкість порівняну із стійкістю низьколегованих середньовуглецевих сталей і в той же час лопаті робочих коліс турбін облицьовані цією сталлю успішно, на протязі декількох років, експлуатуються на ряді гідроелектростанцій країни.

Вказана відмінність показників зносостійкості пояснюється тим, що при випробуваннях на МСВ і УЕС практично не проявляється дія корозійного фактора внаслідок високої інтенсивності механічної дії кавітації або струменя на зразки і невеликої тривалості проведення випробувань (2...3 год. на МСВ і 6...12 год. на УЕС).

Для отримання більш надійної залежності між лабораторними та експлуатаційними показниками зносостійкості матеріалів було запропоновано проводити випробування на МСВ з чергування кавітаційного (5 хв.) і корозійного (24 год.) впливу з одночасним зниженням амплітуди коливань магнітострикційного вібратора. Застосовується також імпульсний метод кавітаційних випробувань [1]. Таке поєднання механічних навантажень з корозійним впливом дозволяє отримувати дані відносно зносостійкості металів, які наближаються до умов експлуатації. Однак, суттєвим недоліком усіх запропонованих методів є їх тривалість (36 діб і більше).

Відомі найбільш близькі до натурних випробувань є дані отримані при випробуваннях в гідродинамічних грубах (ГТ) і дифузорах. Та ці установки дуже громіздкі та енергоємні і для отримання помітного руйнування міцних і корозійностійких матеріалів необхідні дуже тривалі випробування. Такими ж недоліками характеризуються установки з дисками, що обертаються (УВД).

Таким чином, відомі на даний час лабораторні способи та установки для їх реалізації з метою отримання даних кавітаційної зносостійкості матеріалів близьких до натурних випробувань направлені на збільшення часу корозійної взаємодії середовища з металом з одночасним зменшення інтенсивності впливу механічного фактора руйнування.

Для використання переваг випробувань на МСВ (незначна тривалість досліджень, незначні витрати робочих середовищ, висока відтворюваність результатів) необхідно забезпечити в ході проведення досліджень підвищення інтенсивності корозійного фактора кавітаційного руйнування для отримання результатів наближених до результатів натурних випробувань.

Як найближчий аналог обрано [А.С СССР № 1569668. - 1990 "Способ исследования гидроэрозионной стойкости металлов"], де при випробуваннях на МСВ в процесі кавітації проводять анодну поляризацію зразків. Значення струму поляризації t_n задають за величиною струму корозії $t_{кор}$, та коефіцієнта прискорення зношування зразків при випробуваннях на МСВ K_y , порівняно із зношуванням в умовах експлуатації. Недоліком цього способу є проведення попередніх довготривалих натурних випробувань для знаходження коефіцієнта K_y та величини струму корозії $t_{кор}$.

В основу корисної моделі поставлена задача, яка досягається інтенсифікацією корозійних процесів при кавітаційно-ерозійному зношуванні зразків на МСВ за допомогою їх анодної поляризації, а дані натурних випробувань для зменшення трудоємності і часу проведення досліджень отримують на спеціально сконструйованій і виготовленій установці, яка являє собою спрощений варіант гідродинамічної труби (ГТ) [2]. ГТ включається в робочу магістраль підприємства без порушення його технологічного циклу, у результаті проведення таких випробувань знаходять інтенсивність кавітаційно-ерозійного зношування матеріалів у відповідному середовищі, що відповідає умовам експлуатації деталей обладнання.

Поставлена вирішується тим, що спосіб оцінки кавітаційно-ерозійної зносостійкості металів, що включає проведення випробувань на установці з магнітострикційним вібратором моделі УЗДН з одночасною анодною поляризацією зразків, який згідно запропонованого рішення значення густини струму поляризації для кожного з порівнюваних матеріалів знаходять з умови
 5 рівності відношення інтенсивностей механічного і корозійного факторів руйнування поверхонь при випробуваннях на магнітострикційному вібраторі (МСВ) і спрощеному варіанті гідродинамічної труби (ГТ) шляхом його збільшення в K_y разів із співвідношення:

$$t_{ni} = K_{yi} \cdot t_{корі}$$

$$\text{де } K_{yi} = v_i^{МСВ} / v_i^e = \Delta G_i^{МСВ} / \Delta G_i^e - \text{коефіцієнт підсилення механічного фактора руйнування}$$

10 при випробуваннях на МСВ для кожного з металів; $t_{кор}$ - густина струму корозії металів при випробуваннях на МСВ; $v_i^{МСВ}$, v_i^e , $\Delta G_i^{МСВ}$, ΔG_i^e - втрати об'єму і маси зразків при випробуваннях на МСВ і спрощеному варіанті ГТ, відповідно, при цьому дані експлуатаційних випробувань отримують на спрощеній конструкції гідродинамічної труби де зміною швидкості потоку середовища і анодною поляризацією зразків забезпечують експлуатаційні режими
 15 зношування

Приклади використання способу:

Приклад 1.

1. За втратами маси зразків при проведенні випробувань в ГТ знаходять інтенсивність втрат матеріалів в умовах їх експлуатації $v^e = \Delta G / \rho S \tau$, де G - втрати маси за час проведення
 20 випробувань τ ; ρ - густина матеріалу досліджуваного зразка; S - його площа поверхні.

Для дюралюмінію Д16Т в дифузійному соковій цукрового виробництва $v_{Д16Т}^e = 0,021$ мкм/год,
 для чавуна СЧ20 $v_{СЧ20}^e = 0,09$ мкм/год.

2. При випробуваннях на МСВ в дифузійному соковій (амплітуда коливань магнітострикційного вібратора 36 мкм, частота 22 кГц) для дюралюмінію $v_{Д16Т}^{МСВ} = 2,64$ мкм/год і
 25 $K_{yД16Т} = v_{Д16Т}^{МСВ} / v_{Д16Т}^e = 2,64 / 0,021 = 125,7$; для СЧ20 $v_{СЧ20}^{МСВ} = 12,3$ мкм/год і
 $K_{yСЧ20} = 12,3 / 0,09 = 136,7$

3. Знімаються поляризаційні криві і по відомій методиці знаходять струми корозії досліджуваних матеріалів при випробуваннях на МСВ в заданому середовищі:
 $t_{корД16Т} = 0,01$ мА/см², а $t_{корСЧ20} = 0,0256$ мА/см².

30 4. Знаходять величину струму поляризації, що визначає режим проведення випробувань на установці з МСВ який відповідає умовам роботи матеріалу в експлуатаційних умовах ($t_{пол} = K_y \cdot t_{кор}$): $t_{полД16Т} = 125,7 \cdot 0,01 = 1,26$ мА/см²; $t_{полСЧ20} = 136,7 \cdot 0,0256 = 3,5$ мА/см².

5. Проводять випробування на МСВ при анодній поляризації зразків за знайденими густинами струмів поляризації та визначають інтенсивність зношування матеріалів у
 35 лабораторних умовах, які відповідають умовам експлуатації: $v_{Д16Т}^{МСВ} = 3,14$ мкм/год;
 $v_{СЧ20}^{МСВ} = 14,4$ мкм/год.

Оцінка відносної кавітаційно-ерозійної зносостійкості сплаву алюмінію Д16Т і чавуна СЧ20 показала, що відношення інтенсивностей руйнування $v_{СЧ20} / v_{Д16Т}$ дифузійному соковій цукрових заводів в експлуатаційних умовах (0,09/0,02), за відомим способом випробувань на МСВ
 40 (12,3/2,64) і за пропонуваним способом при анодній поляризації зразків (14,4/3,14) складає 4,5; 4,66 і 4,58 відповідно. Відносна похибка при застосуванні запропонованого способу складає 1,7 %, що менше за похибку 7 %, яку отримали з порівнюваним способом.

Приклад 2.

45 За даними експлуатації відносна кавітаційно-ерозійна зносостійкість робочих коліс із сталей 45 і 12×18Н10Т насосів СОР-30 при перекачці водопровідної води складає 5,75.

Результати обчислень, виконаних в послідовності дій наведених в прикладі 1, зведені в таблицю 1. Аналіз результатів таблиці показує, що відносна кавітаційна зносостійкість сталей 45 і 12×18Н10Т знайдена запропонованим способом оцінки становить 5,9, а за прототипом - 5,4. Відхилення від експлуатаційних даних складає 2,6 % і 6,1 % відповідно.

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє на базі прискорених лабораторних випробувань, отримати дані кавітаційно-ерозійної зносостійкості металів в корозійних середовищах з врахуванням корозійного фактора руйнування поверхонь. Змінюючи співвідношення корозійного і механічного факторів зношування, можливо отримувати дані зносостійкості металів в лабораторних умовах, які відповідають експлуатаційним даним зношування.

Таблица 1

Порівнювальна характеристика знаходження відносно кавітаційно-ерозійної зносостійкості сталей 45 і 12×18Н10Т у водопровідній воді запропонованим способом і за прототипом

Показник	Позначення і розмірність	Матеріал	
		Сталь 45	Сталь 12×18Н10Т
Втрати маси на МСВ без поляризації	$\Delta G^{МСВ}$ мг/см ² год	7,6	3,05
Струм корозії при кавітації на МСВ	$t_{кор}$, мА/см ²	0,1410	0,0083
Втрати маси в умовах експлуатації	ΔG^e мг/см ² год	0,30	0,13
Коефіцієнт підсилення	$K_y = \Delta G^{МСВ} / \Delta G^e$	25,3	23,5
Струм поляризації	t_n , мА/см ²	3,57/3,31*	0,195/0,195*
Інтенсивність зношування при анодній поляризації	v , мкм/год.	12,80/11,72*	2,17/2,17*
Відносна зносостійкість	$v_{cm45} / v_{12 \times 18H10T}$	5,9/5,4*	

Примітка: Чисельник - результати отримані запропонованим способом; знаменник - згідно прототипу

Джерела інформації:

- Кнепп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация: Пер. с англ. Мир, 1974. - 687 с.
- Стечишин М.С. Методи оцінки та прогнозування довговічності при корозійно-механічному руйнуванні металів і сплавів // Вісник технологічного університету Поділля: Хмельницький, 2001. - № 3. - С. 61-69.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб оцінки кавітаційно-ерозійної зносостійкості металів, що включає проведення випробувань на установці з магнітострикційним вібратором моделі УЗДН з одночасною анодною поляризацією зразків, який **відрізняється** тим, що значення густини струму поляризації для кожного з порівнюваних матеріалів знаходять з умови рівності відношення інтенсивностей механічного і корозійного факторів руйнування поверхонь при випробуваннях на магнітострикційному вібраторі (МСВ) і спрощеному варіанті гідродинамічної труби (ГТ) шляхом його збільшення в K_y разів із співвідношення:

$$t_{nt} = K_{yi} \cdot t_{корі}$$

де $K_{yi} = v_i^{МСВ} / v_i^e = \Delta G_i^{МСВ} / \Delta G_i^e$ - коефіцієнт підсилення механічного фактора руйнування при випробуваннях на МСВ для кожного з металів; $t_{кор}$ - густина струму корозії металів при випробуваннях на МСВ; $v_i^{МСВ}$, v_i^e , $\Delta G_i^{МСВ}$, ΔG_i^e - втрати об'єму і маси зразків при випробуваннях на МСВ і спрощеному варіанті ГТ, відповідно.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що дані експлуатаційних випробувань отримують на спрощеній конструкції гідродинамічної труби, де зміною швидкості потоку середовища і анодною поляризацією зразків забезпечують експлуатаційні режими зношування.