



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40802 (13) A

(51) 7 G01N29/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КАВІТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙС-
НЕННЯ

(21) 2000052682

(22) 12.05.2000

(24) 15.08.2001

(46) 15.08.2001, Бюл. № 7, 2001 р.

(72) Розіна Олена Юріївна, Розін Юрій Петрович

(73) ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ

(57) 1. Спосіб визначення кавітаційної стійкості матеріалів, який полягає у тому, що зразок матеріалу зважують, після цього занурюють в рідину, у якій збуджено ультразвукові коливання, після кавітаційної дії на поверхню матеріалу зразок знову зважують та по різниці мас визначають кавітаційну стійкість матеріалу, який **відрізняється** тим, що в рідину над поверхнею ультразвукового перетворювача занурюють капіляр, зразок матеріалу у вигляді дроту або тонкої фольги зважують, після чого розташовують у капілярі уздовж його осі таким чином, щоб кінець дроту виходив з каналу капіляра в рідину, у рідині збуджують ультразвукові коливання, амплітуда яких недостатня для виникнення кавітації

у об'ємі рідини та на поверхні перетворювача, після цього підвищують тиск у капілярній системі, щоб збудити кавітацію на перерізі у каналі капіляра та забезпечити стаціонарний потік рідини через капіляр, після кавітаційної дії зразок знову зважують і визначають кавітаційну стійкість матеріалу по зменшенню маси зразка.

2. Пристрій для визначення кавітаційної стійкості матеріалів, який вміщує посуд з рідиною, у якому розташовано ультразвуковий перетворювач, електрично сполучений з генератором, який **відрізняється** тим, що над поверхнею перетворювача розташовано капіляр, який з'єднано через трубку більшого діаметра з компресором та випускною трубкою, уздовж осі капіляра механічно закріплено зразок матеріалу таким чином, щоб його кінець виходив з каналу капіляра на довжину, не більшу 1мм, а посудину з рідиною обладнано випускною трубкою та регулятором рівня рідини у посудині.

Винахід належить до галузі ультразвукових технологій та може знайти застосування у суднобудівництві, теплотехніці, машино- та приладобудуванні. А саме, в машино- та приладобудуванні існують технологічні операції ультразвукового, зокрема кавітаційного, очищення деталей. Найбільш вірогідною зоною виникнення кавітації у багатьох випадках є поверхня ультразвукового перетворювача. Отже, щоб подовжити його строк дії необхідно виконувати цю поверхню з найбільш кавітаційно стійкого матеріалу, або використовувати стійке захисне покриття. У суднобудуванні існує проблема захисту гребних гвинтів від дії гідродинамічної кавітації. В теплотехніці пошкодження активної поверхні, через яку відводять тепло, може зумовити кавітація кипіння. Отже існує базова проблема розробки кавітаційно стійких матеріалів, а, як наслідок, необхідно експериментально визначати та порівнювати реальну кавітаційну стійкість різних матеріалів у рідинах з різними електрохімічними властивостями.

На даному рівні техніки відомі способи визначення кавітаційної активності рідини, послідовність дій у яких спрямована на визначення кавіта-

ційної стійкості матеріала зразка у даній рідині, і які обрані нами за аналог та прототип (Б.А.Агранат и др. Ультразвук в гидрометаллургии. Москва. Металлургия. 1969, с.35; Мощные ультразвуковые поля, под.ред.Л.Д.Розенберга, Москва. Наука, 1968, с.207). Суть способу визначення кавітаційної активності рідини (зокрема води) (Б.А.Агранат и др. Ультразвук в гидрометаллургии. Москва. Металлургия. 1969, с.35) полягає у тому, що у рідину занурюють дослідний зразок з алюмінію у вигляді фольги, у рідині збуджують ультразвукові коливання з амплітудою, достатньою для виникнення кавітації в об'ємі рідини. Якщо кавітаційний процес збуджується на поверхні алюмінієвого зразка, у ньому виникають наскрізні отвори. Після закінчення дії кавітації визначають ступінь руйнування фольги, наприклад площину утворених наскрізних отворів, і цю величину визнають за міру кавітаційної активності рідини. Як було зазначено вище, вказану вимірювальну технологію можна розглядати як спосіб визначення кавітаційної стійкості алюмінію у даній рідині (зокрема у воді). Основним недоліком такого способу є довільність області середовища, де може виникнути кавітаційний

процес. Якщо кавітація виникла не тільки в зоні розташування зразка, ступінь його руйнування значно зменшиться не тому що змінилися властивості рідини, або матеріалу, а тому що змінилися параметри ультразвукового поля (зокрема амплітуда звукового тиску). Отже похибка тестування може сягати сотен процентів. Крім того, не можна тестувати матеріали, кавітаційна стійкість яких висока і потребує значного часу кавітаційного впливу. Збільшення часу тестування веде до зростання ймовірності виникнення кавітації на поверхні перетворювача, і, як наслідок, буде відбуватись кавітаційне руйнування поверхні перетворювача, а не зразка для тестування. Це, по-перше, скорочує строк служби перетворювача, по-друге, знижує точність тестування.

Ця проблема вирішена у способі визначення кавітаційної активності рідини (Мощные ультразвуковые поля, под ред. Л.Д. Розенберга, Москва. Наука, 1968, с.207), послідовність дій у якому спрямована на визначення кавітаційної стійкості алюмінію у воді, який є найбільш близьким до запропонованого, і який прийнято нами за прототип. У вказаному способі зважують алюмінієвий зразок для тестування. Рідиною заповнюють посудину дно якої є напівсферичною поверхнею; внутрішня поверхня полусфери утворена з великої кількості плоских перетворювачів. На кожний з перетворювачів подають напругу однакової частоти, та підвищують амплітуду до такого значення, щоб у фокальній області сумарна амплітуда звукового тиску від усіх перетворювачів перебільшила поріг виникнення кавітаційного процесу. Зразок для тестування розміщують у фокальній області та піддають дії кавітації. Після закінчення дії кавітації зразок зважують повторно, та по різниці мас визначають кавітаційну активність рідини. Очевидно, якщо використовувати зразки з різних матеріалів в одній і тій самій рідині, піддаючи їх кавітаційному впливу однаковий час, можна таку послідовність дій використовувати для визначення кавітаційної стійкості матеріалів. У такому способі вирішена проблема захисту поверхні перетворювачів шляхом створення ультразвукового поля спеціальної форми, у якому відбувається концентрація ультразвукової енергії у певній області (так званій фокальній області) на відстані від поверхні перетворювачів. Саме цей елемент способу робить його надзвичайно дорогим, та запобігає його широкому використанню. Друга проблема, яка існує у такому способі, пов'язана з механізмом кавітаційної ерозії поверхні. Руйнування зразка у фокальній області концентратора веде до часткового розчинення матеріалу у рідині, що суттєво змінює її електрохімічні властивості, зокрема її іонний склад. Відомо, що збудження та протікання кавітаційних процесів (зокрема ерозії) залежать від іонного складу води та інших рідин. Таким чином, у способі, прийнятому нами за прототип протягом тестування змінюються умови для кавітаційної ерозії зразка, що зумовлює зниження точності тестування.

Технічна задача, на вирішення якої спрямовано запропонований винахід, полягає у тому, щоб, по-перше, запобігти виникненню кавітації на робочій поверхні перетворювача в ультразвукових полях довільної форми (без використання дорогіших концентраторів); по-друге, забезпечити нез-

мінні параметри рідини, у якій відбувається тестування матеріалу.

Ця задача вирішується тим, що зразок матеріалу для тестування використовують у вигляді дроту, який може вільно рухатися уздовж капіляра; в рідині збуджують ультразвукові коливання, амплітуда яких недостатня для виникнення кавітації в усьому об'ємі рідини; в рідині над поверхнею перетворювача розміщують капіляр, визначають масу зразка для тестування і через канал капіляра вводять його у рідину, підвищують тиск у капілярній системі для стимулювання кавітаційного процесу під перерізом капіляра; під час дії кавітації на зразок відводять рідину, яка піднімається по капіляру в окрему посудину, та забезпечують надходження чистої рідини до ванни з такою же швидкістю, після кавітаційної дії на зразок зважують його знову, і по різниці мас до і після кавітаційної дії визначають кавітаційну стійкість матеріалу.

У порівнянні з прототипом у запропонованому способі, крім двократного зважування зразка матеріалу та збудження ультразвукових коливань, у рідині необхідно додатково виконати такі дії. В рідині, де збуджують ультразвукові коливання, розміщують капіляр, через який у рідину вводять зразок для тестування. Підвищують тиск у капілярі і примусово стимулюють кавітаційний процес у каналі капіляра на його перерізі за умов, коли в усьому об'ємі рідини та на поверхні перетворювача кавітація не виникає. Під час тестування зразка, тобто при наявності кавітації під каналом капіляра, відводять рідину, яка піднімається по капіляру (і збагачена продуктами руйнування зразка) в окрему посудину та забезпечують надходження чистої рідини з такою же швидкістю. Ще одною характерною ознакою запропонованого способу є амплітуда ультразвукових коливань, які збуджують: у способі, прийнятому за прототип, амплітуда звукового тиску у фокальній області концентратора перевищує порогове значення самозбудження кавітації в рідині, а в запропонованому способі амплітуда звукового тиску по всьому об'єму рідини та на поверхні перетворювача менша, ніж це порогове значення.

В основу запропонованого способу покладені наші експериментальні дослідження звукокапілярного ефекту. Одним з проявів цього ефекту є збудження стабільного кавітаційного процесу у каналі капіляра на його перерізі. У цьому відіграють роль два фактори: переміщення меніска до перерізу капіляра веде до швидкого локального розчинення газу і збудження кавітації в області локального підвищення концентрації зародків кавітації; розповсюдженню та випадковому переміщенню стимульованого кавітаційного процесу запобігає дія на кавітаційну хмару звукокапілярної сили, спрямованої до каналу капіляра. Отже, кавітаційна хмара, розмір якої порядку 1,0-2,0 мм, може існувати практично необмежений час під каналом капіляра на відстані, більшій ніж 12 мм; від поверхні перетворювача, якщо властивості рідини підтримують у стабільному стані. Тобто у такий спосіб задача захисту поверхні перетворювача без застосування мозаїчних концентраторів вирішена. Як зазначалось вище, кавітаційна ерозія веде до зміни іонного складу рідини, тобто змінює електрохімічні властивості рідини. Запропонована в спо-

собі поспідовність дій дозволяє запобігти цьому явищу. Ще одним проявом звукокапілярного ефекту є формування потоку рідини в капілярі під час існування стабільного кавітаційного процесу під його перерізом. У випадку, коли зразок у вигляді дроту вільно переміщується у каналі капіляра, зформованої між ними капілярної щілини виявляється достатньо для того, щоб рідина, яка збагачена іонами, кавітаційним потоком була відведена в окрему посудину. Щоб не змінювалось акустичне навантаження на перетворювач, необхідно забезпечити надходження нових порцій рідини. Отже, у такий спосіб задача забезпечення незмінності параметрів рідини і умов тестування матеріала виявляється вирішеною.

На сучасному рівні техніки відомий пристрій для визначення кавітаційної активності рідини (зокрема води) (Б.А.Агранат і др. Ультразвук в гидрометаллургии. Москва. Металлургия. 1969, с.35), який, як було зазначено вище, може бути застосований для визначення кавітаційної стійкості матеріала. Цей пристрій вміщує ультразвукову ванну, у якій змонтовано ультразвуковий перетворювач, електрично зв'язаний з генератором ультразвукової частоти. У рідину, яка заповнює ультразвукову ванну, занурено алюмінієву фольгу для тестування. У такому пристрої не можна тестувати матеріали, кавітаційна стійкість яких висока і потребує значного часу кавітаційного впливу. Збільшення часу тестування веде до зростання ймовірності виникнення кавітації на поверхні перетворювача, і, як наслідок, буде відбуватись кавітаційне руйнування поверхні перетворювача, а не зразка для тестування. Це, по-перше, скорочує строк служби перетворювача, по-друге, знижує точність тестування.

Існує пристрій для визначення кавітаційної активності рідини (Мощные ультразвуковые поля, под.ред.Л.Д.Розенберга. Москва. Наука. 1968. с. 198,207), у якому визначають кавітаційну стійкість алюмінію у воді. Цей пристрій можна використовувати для визначення кавітаційної стійкості різних матеріалів у різних рідинах, він найбільш близький за своїми ознаками до запропонованого, і його прийнято за прототип. Цей пристрій вміщує ультразвукову ванну з мозаїчним концентратором, внутрішня сферична поверхня якого змонтована з великої кількості плоских ультразвукових перетворювачів, електрично зв'язаних з генератором ультразвукової частоти. У рідину, яка заповнює ультразвукову ванну, занурено алюмінієвий зразок, який розташований у фокальній зоні концентратора. У такому пристрої кавітаційний процес виникає тільки у фокальній зоні концентратора, отже поверхня перетворювачів захищена від дії кавітації. Але велика кількість перетворювачів, які повинні мати однакову резонансну частоту, необхідність їх електроакустичної узгодженості, жорсткі геометричні вимоги до орієнтації перетворювачів та їх відстані до фокальної області робить такий пристрій надзвичайно дорогим коштовним. Крім того, у такому пристрої не передбачена система обміну рідини. Це означає, що під час тестування може відбуватися зміна електрохімічних параметрів рідини, зокрема концентрація іонів, які утворюються завдяки кавітації. Отже змінюються умови за яких відбувається

тестування, що веде до зниження точності способу.

Технічна задача, на вирішення якої спрямовано винахід полягає у тому, щоб, по-перше, запобігти виникненню кавітації на робочій поверхні перетворювача без використання дорогіших концентраторів; по-друге, забезпечити незмінні параметри рідини, у якій відбувається тестування матеріалу.

Ця задача вирішується тим що, в ультразвуковій ванні над поверхнею перетворювача встановлено капіляр, на перерізі якого зафіксовано зразок для тестування. На рис. 1 наведено схему пристрою для визначення кавітаційної стійкості матеріалів, який складається з ультразвукової ванни 1, яка у донній частині має плоский магнітострикційний або п'єзокерамічний перетворювач 2, електрично зв'язаний з генератором ультразвукової частоти 3. Над поверхнею перетворювача закріплено капіляр 4 так, щоб його нижній переріз знаходився на достатній відстані від поверхні перетворювача. Капіляр герметично закріплено у трубці 5 більшого діаметра, яка через систему кранів 6 та 7 зв'язана з компресором 8 та випускною трубою 9. Зразок матеріалу, який підлягає тестуванню, використовують у формі дроту 10 або вузької полоски фольги. Зразок проходить через капіляр так, щоб його нижній кінець виходив з капіляру на довжину, не більшу 1 мм. Верхній кінець зразку механічно закріплено на стержні 11, який розташований уздовж вісі трубки 5 та закріплено у ній жорсткою герметичною втулкою 12. На ультразвуковій ванні механічно закріплено електронний датчик рівня 13, який електрично зв'язаний з реле 14, яке забезпечує впуск рідини. Сукупність елементів 13-14 призначена підтримувати необхідний рівень рідини у ванні, тобто постійність акустичного навантаження на перетворювач.

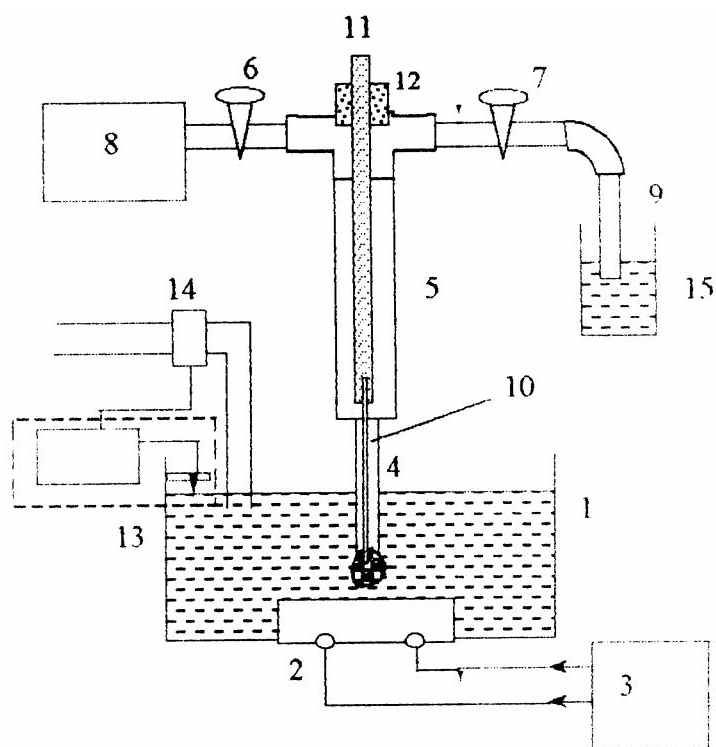
У порівнянні з прототипом, у склад пристрою крім ультразвукової ванни, яка заповнена рідиною, ультразвукового перетворювача, генератора входять такі елементи. Капіляр 4, який через систему кранів поєднано з компресором та випускною трубою. Електронно-механічна система елементів 13-14, яка разом з випускною трубою 9 забезпечує можливість безперервної роботи у стабільних умовах.

Робота пристрою, який запропоновано, відбувається таким чином. Зразок 10 зважують, закріплюють за допомогою стержня 5 та втулки 12, і вводять у капіляр, як описано вище. Рідиною заповнюють ультразвукову ванну до рівня, який задовільняє акустичним вимогам. Підвищують напругу на перетворювачі і задають амплітуду звукового тиску в рідині таку, що забезпечує режим стимульованої кавітації в звуко-капілярному ефекті. Кран 7 перекидають, поступово компресором 8 підвищують тиск у капілярі до тих пір, поки меніск переміститься до перерізу капіляра, де його руйнування спричинить формування стаціонарної зони кавітації. Характерний розмір зони кавітації становить 1,2-2,0 мм, отже кінець зразку 10 знаходиться в області максимальної концентрації кавітаційних порожнин. Тестування кавітаційно стійких матеріалів потребує значного часу дії кавітації. Відомо, що кавітаційний процес, стимульований під каналом капіляра, зумовлює формування ста-

ціонарного потоку рідини по капіляру. Тому кран 7 відкривають так, щоб встановити стаціонарний випуск рідини у резервуар 15. Кран 6 необхідно перекрити, щоб потік рідини не попадав до компресора. Електронна система 13 реагує на зменшення рівня рідини і подає електричний сигнал на реле 14, яке забезпечує впуск рідини. Після обробки матеріал повторно зважують. Різниця в масах, або швидкість зменшення маси можуть бути мірою кавітаційної стійкості матеріала.

У такому пристрої кавітаційний процес стабілізований під перерізом капіляра на відстані, більшій за 10 мм, від поверхні перетворювача. Характерний розмір зони кавітації не перевищує 1,2-2,0 мм, тобто поверхня перетворювача не контактує з зоною кавітації. Якщо фізико-хімічні параметри рідини, висота її рівня над поверхнею перетво-

рювача, напруга на перетворювачі залишаються сталими, така зона кавітації може існувати під перерізом капіляра практично необмежений час. Тому у такому пристрої існує можливість тестування матеріалів, кавітаційна стійкість яких значно перевищує кавітаційну стійкість поверхні перетворювача. Формування стаціонарного потоку рідини тільки в одному напрямку - з об'єму ванн через капіляр, трубку 5, випускную трубку 9 у зовнішню посудину 15 - забезпечує відведення рідини з підвищеною концентрацією іонів металів, і таким чином, забезпечує стабільність умов тестування матеріалів. В лабораторних умовах проводили тестування алюмінію, ніхрому, міді у дегазованій дистильованій воді. Оптимальними для застосування є капіляри з внутрішнім діаметром з діапазону (0,5-2,0)мм.



Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»

Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101

(03122) 3 – 72 – 89 (03122) 2 – 57 – 03