



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **58829** (13) **U**
(51) МПК (2011.01)
G01N 11/00
G01N 29/02 (2011.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ РІДИНИ НА РОЗРИВ

1

2

(21) u201011908

(22) 07.10.2010

(24) 26.04.2011

(46) 26.04.2011, Бюл.№ 8, 2011 р.

(72) ДУДЗІНСЬКИЙ ЮРІЙ МИХАЙЛОВИЧ, ЖУКОВА АНАСТАСІЯ ВОЛОДИМИРІВНА, ВІТКОВ ВІТАЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) ДУДЗІНСЬКИЙ ЮРІЙ МИХАЙЛОВИЧ, ЖУКОВА АНАСТАСІЯ ВОЛОДИМИРІВНА, ВІТКОВ ВІТАЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(57) 1. Спосіб визначення міцності рідини на розрив, що включає створення акустичних хвиль, які генерує тороїдальна кавітаційна область, створена осесиметричним гідродинамічним випромінювачем, який працює в режимі максимального рівня тонального акустичного сигналу, вимірювання найменшої частоти тонального акустичного сигналу та надлишкового статичного тиску на глибині кавітаційної області, який **відрізняється** тим, що акустичні хвилі генерують під дією пульсацій тороїдального вихору всередині конічної струминної оболонки кільцевого перерізу з розвинутою кавітацією, який одержують за допомогою осесиметричного гідродинамічного випромінювача протиточного типу, шляхом збудження поперечних коливань згину, а частоту нижчої гармоніки у спектрі тонального акустичного сигналу вимірюють у режимі його максимального рівня, при цьому міцність рідини на розрив визначають за виразом:

$$P^* = -A - \Delta P_{\text{ст}} - \frac{B}{\left(D + \sqrt{F + D^2}\right)^{\frac{1}{3}}} + C \cdot \left(D + \sqrt{F + D^2}\right)^{\frac{1}{3}},$$

де P^* [Па] - величина міцності рідини на розрив;
 $\Delta P_{\text{ст}}$ [Па] - надлишковий статичний тиск (у порівнянні з атмосферним), A , B , C , F - постійні величини, а величина D залежить від надлишкового статичного тиску і частоти f_0 [Гц] нижчої гармоніки у спектрі тонального акустичного сигналу

$$F = a + b \cdot \Delta P_{\text{ст}} + c \cdot \Delta P_{\text{ст}}^3 + d \cdot f_0^2,$$

де a , b , c , d - постійні величини.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що осесиметричний гідродинамічний випромінювач протиточного типу працює на максимальному рівні генерованого звуку.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що тороїдальний вихор всередині конічної струминної оболонки кільцевого перерізу з розвинутою кавітацією формують за допомогою сопла з круговим отвором і відбивачем з параболическою лункою на торці.

Корисна модель відноситься до вимірювальної техніки і може бути використана в різних галузях промисловості для інтенсифікації фізико-механічних процесів емульгування, диспергування, очищення та ін., у яких використовують технологічні ефекти розвинутої кавітації.

Відомий спосіб визначення об'ємної міцності рідини, який включає трубку, один кінець якої поміщають у посудину з досліджуваною рідиною, а

інший розташовують на рівні меншої висоти першого кінця. Трубку заповнюють досліджуваною рідиною і після початку витікання рідини піднімають петлю, розташовану між кінцями трубки з формуванням сифона, до рівня, при якому відбувається розрив потоку рідини в утвореному сифоні. Об'ємну міцність рідини оцінюють по різниці рівнів рідини у верхній точці трубки і рівнем рідини в тру-

(19) **UA** (11) **58829** (13) **U**

бці в момент розриву потоку рідини в трубці з урахуванням питомої ваги досліджуваної рідини [1].

Недоліками наведеного способу є одержання результатів обмірюваних значень міцності на розрив для даної рідини в широкому діапазоні, що обумовлено різною силою налипання рідини до стінок трубки, виготовленої з різних матеріалів (скло, різні метали та ін.). У зазначеному способі неможливо визначення міцності рідини на розрив без зупинки технологічного процесу, а також необхідне витрачання значного часу на приведення у вихідний стан внутрішньої поверхні трубки. Якщо ж використовують герметичну ємність, у якій створено гідростатичний тиск, то необхідно брати проби робочої рідини, що незручно і не завжди можливо, а вилучення проб рідини з реакторів - небезпечно.

Найбільш близьким технічним рішенням, є спосіб визначення міцності рідини на розрив, згідно з яким тороїдальною кавітаційною областю, що створена вісесиметричним прямоточним гідродинамічним випромінювачем генерують акустичні хвилі. При цьому вимірюють найменшу частоту тонального акустичного сигналу та надлишковий статичний тиск на глибині кавітаційної області при відомих геометричних параметрах означеного гідродинамічного випромінювача. Міцність рідини на розрив визначають з наведеного співвідношення [2]. Зазначене технічне рішення вибрано в якості прототипу.

Одним із недоліків відомого способу є те, що в спектрі сигналу, що генерується вісесиметричним прямоточним гідродинамічним випромінювачем не завжди нижча (за частотою) гармоніка має найбільший рівень. В залежності від типу рідини (чиста рідина, або розчин) та її стану (температура, гідростатичний тиск, кількість розчиненого газу) друга чи третя гармоніка може мати рівень приблизно як нижча, або значно перевищувати його. Це може привести до похибки, якщо в розрахунковому вираженні використовувати значення частоти іншої гармоніки. Інший недолік пов'язаний з тим, що використовують кільцеве сопло з дуже малою шириною щілини - 0,5 мм, що приводить до незадовільної його роботи. Вузьке сопло в процесі вимірювання може забиватися твердими домішками в рідині тобто частками в процесі диспергування речовини в рідині, частками експлуатаційних і технологічних забруднювачів, коли очищують поверхні деталей машин та ін. Враховуючи зазначене під час вимірювань виникає потреба проведення очищення кільцевого сопла, що не завжди можливо. Також недоліком є великі витрати рідини через кільцеве сопло, що обумовлено конструктивними особливостями прямоточного гідродинамічного випромінювача, а це в свою чергу потребує використання насоса відповідної гідродинамічної потужності.

До причин, що перешкоджають досягненню очікуваного технічного результату при використанні відомого способу є те, що в ньому не можливо досягти більш якісних показників в роботі, тобто отримати однозначний рівень кавітації рідини, а також зменшити витрати рідини та знизити гідродинамічну потужність насоса.

Якщо в реальній рідині негативний тиск або температура набувають критичного значення (порог кавітації), то її суцільність руйнується. При цьому в об'ємі рідини виникають кавітаційні пухирці: парові, парогазові або газові, а поріг кавітації залежить від типу рідини (сили молекулярної взаємодії), від її температури, від гідростатичного тиску в незбуреній рідині, наявності домішок: твердих частинок, розчинених в даній рідині на молекулярному рівні речовин, парогазових мікропухирців (зародків кавітації). За означених вище фізико-механічних процесів, а також під впливом акустичних хвиль високої інтенсивності змінюється співвідношення газу, розчиненого в рідині на молекулярному рівні й у вигляді зародків кавітації. Також змінюється склад домішок в рідині, особливо в технологіях очищення поверхні деталей від технологічних і експлуатаційних забруднювачів. Тому необхідно контролювати з часом міцність рідини на розрив, що ідентично визначенню порогу виникнення кавітації.

Поставлена задача вирішується тим, що визначають міцність рідини на розрив, шляхом створення акустичних хвиль, які генерує тороїдальна кавітаційна область, створена вісесиметричним гідродинамічним випромінювачем, який працює в режимі максимального рівня тонального акустичного сигналу та вимірювання найменшої частоти тонального акустичного сигналу та надлишкового статичного тиску на глибині кавітаційної області, при цьому акустичні хвилі генерують під дією пульсації тороїдального вихору всередині конічної струминної оболонки кільцевого перетину з розвинутою кавітацією, який одержують за допомогою вісесиметричного гідродинамічного випромінювача протиточного типу, шляхом збудження поперечних коливань згину, а частоту нижчої гармоніки, у спектрі тонального акустичного сигналу, вимірюють у режимі його максимального рівня, а міцність рідини на розрив визначають за виразом:

$$P_* = -A - \Delta P_{\text{ст}} - \frac{B}{\left(D + \sqrt{F + D^2}\right)^{1/3}} + C \cdot \left(D + \sqrt{F + D^2}\right)^{1/3},$$

де P_* [Па] - величина міцності рідини на розрив; $\Delta P_{\text{ст}}$ [Па] - надлишковий статичний тиск (у порівнянні з атмосферним), A , B , C , F - постійні величини, а величина D залежить від надлишкового статичного тиску і частоти f_0 [Гц] нижчої гармоніки у спектрі тонального акустичного сигналу

$$F = a + b \cdot \Delta P_{\text{ст}} + c \cdot \Delta P_{\text{ст}}^3 + d \cdot f_0^2,$$

де a , b , c , d - постійні величини, а вісесиметричний гідродинамічний випромінювач протиточного типу працює на максимальному рівні генерованого звуку, а тороїдальний вихор конічної струминної оболонки кільцевого перетину з розвинутою кавітацією формують за допомогою сопла з круговим отвором і відбивачем з параболічною лункою на торці.

Виходячи із зазначеного, саме поєднання наведених відомих ознак і сукупність суттєвих ознак способу, що заявляється, забезпечує одержання оптимальної інтенсивності акустичних хвиль в технологічному процесі очищення деталей, емульгування, диспергування та ін.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленнями, що зображені на: На Фіг.1 - Структурна схема пристрою, що забезпечує реалізацію способу, що заявляється, визначення міцності рідини на розрив. На Фіг.2 - Структурна схема вісесиметричного протиточного гідродинамічного випромінювача, зоною звукоутворення якого є занурена конічна струминна оболонка кільцевого перетину з розвинутою кавітацією всередині.

Вісесиметричний протиточний гідродинамічний випромінювач 2 (Фіг.1) розміщують в зануреному стані на кришці технологічної ємності 1 з робочою рідиною.

Робочими елементами пристрою 2 є співвісні сопло 3 і відбивач з параболічною лункою на торці 4. Для встановлення оптимального режиму роботи гідродинамічного випромінювача використовують насос 5 із плавно регульованими витратами, на вхід якого надходить рідина з технологічної ємності 1. Манометр 6 використовують для виміру надлишкового (у порівнянні із атмосферним) статичного тиску на глибині. В технологічній ємності 1 розташований гідрофон 7 та електронний вольтметр 8 з аналізатором спектру звукових та ультразвукових частот 9.

Використовуваний вісесиметричний протиточний гідродинамічний випромінювач включає наступні елементи співвісне сопло 3 з відбивачем 4, який має параболічну лунку на торці, струминну оболонку 10 та тороїдальний вихор з розвинутою кавітацією 11 (Фіг.2).

Спосіб визначення міцності рідини на розрив може бути реалізований наступним чином.

Після запуску насоса 5 із циліндричного отвору сопла 3 витікає з регульованою швидкістю v занурений струмінь кругового перетину, який за допомогою параболічної лунки відбивача 4 формується у струминну оболонку кільцевого перетину 10. Після несиметричного натікання на прямокутний клин (зовнішній край сопла 3) частина потоку рідини загортається у внутрішню область, формуючи тороїдальний вихор з розвинутою кавітацією 11. Починаючи з деякого значення швидкості v зануреного струменя у тороїдальному вихорі 11 виникає кавітація, внаслідок чого суттєво зменшуються щільність і пружність двофазного середовища (рідина з парогазовими пухирцями), що призводить до суттєвого зменшення акустичного імпедансу середовища у внутрішній області струминної оболонки 10 (у порівнянні з імпедансом

суцільної рідини зовні). Після цього у струминній оболонці 10, яка натікає на зовнішній край сопла, під дією пульсацій тороїдального вихору з розвинутою кавітацією 11 збуджують поперечні коливання згину, внаслідок чого генеруються акустичні хвилі. Регулюючи витрати насоса 5 встановлюють оптимальну швидкість $v_{\text{опт}}$ витікання зануреного струменя з отвору сопла 3, за якої генерують тональний акустичний сигнал максимального рівня, що спостерігають за допомогою електронного вольтметра 8.

Регулюючи витрати насоса 5 встановлюють оптимальну швидкість $v_{\text{опт}}$ витікання зануреного струменя з отвору сопла 3, за якої генерується тональний акустичний сигнал максимального рівня, що спостерігають за допомогою електронного вольтметра 8. За допомогою аналізатора спектра звукових та ультразвукових частот 9 в спектрі генерованого акустичного сигналу вимірюють частоту f_0 найнижчої гармоніки, рівень якої є максимальним. Одночасно зразковим манометром 6 вимірюють надлишковий статичний тиск $\Delta P_{\text{ст}}$ на глибині зануреної струминної оболонки 10 - джерела випромінюваного звуку. Отримані значення $\Delta P_{\text{ст}}$ [Па] і f_0 [Гц] підставляють у формулу для визначення міцності рідини на розрив:

$$P_* = -A - \Delta P_{\text{ст}} - \frac{B}{\left(D + \sqrt{F + D^2}\right)^{1/3}} + C \cdot \left(D + \sqrt{F + D^2}\right)^{1/3},$$

$$D = a + b \cdot \Delta P_{\text{ст}} + c \cdot \Delta P_{\text{ст}}^3 + d \cdot f_0^2,$$

Конкретний приклад здійснення способу визначення міцності рідини на розрив.

Для визначення міцності води (водного розчину) на розрив використовують вісесиметричний протиточний гідродинамічний випромінювач (Фіг.2), у якого наступні геометричні параметри: діаметр прохідного отвору сопла 3 - $3,4 \cdot 10^{-3}$ м, діаметр зовнішнього краю сопла 3 - $11,4 \cdot 10^{-3}$ м, діаметр параболічної лунки на торці відбивача 4 - $7,0 \cdot 10^{-3}$ м відстань між торцями сопла 3 і відбивача 4 - $3,45 \cdot 10^{-3}$ м. Відповідно параметри зануреної струминної оболонки 10: середній радіус $r = 4,725 \cdot 10^{-3}$ м, довжина $l = 3,45 \cdot 10^{-3}$ м, товщина $h = 5 \cdot 10^{-4}$ м. Відповідно до розроблених математичних моделей власних і змущених коливань зануреної струминної оболонки 10 для даного пристрою отримана наступна розрахункова формула визначення міцності води (водного розчину) на розрив:

$$P_* = -1.1348 \cdot 10^5 - \Delta P_{\text{ст}} - \frac{9.2207}{\left(D + \sqrt{4.1276 \cdot 10^{-10} + F^2}\right)^{1/3}} + 5.6291 \cdot 10^{10} \cdot \left(D + \sqrt{4.1276 \cdot 10^{-10} + F^2}\right)^{1/3},$$

$$D = 4.9941 \cdot 10^{-16} + 7.5232 \cdot 10^{-37} \cdot \Delta P_{\text{ст}} + 1.3685 \cdot 10^{-48} \cdot \Delta P_{\text{ст}}^3 + 1.5682 \cdot 10^{-21} \cdot f_0^2$$

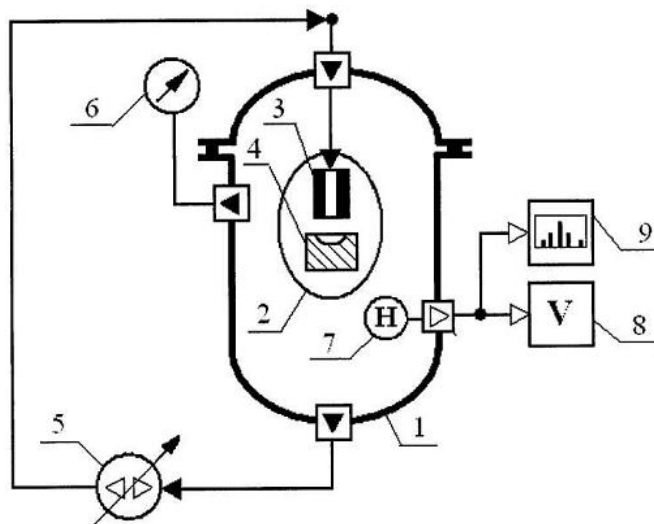
Дослідження показали, що спосіб, який заявляється, може бути застосований для визначення міцності, зокрема води і водних розчинів з концентрацією солей та органічних речовин до 20%, в діапазоні температури 0-90°C, в діапазоні надлишкового статичного тиску 0-3 МПа. За цих умов по-

хибка виміру величини міцності рідини на розрив не перевищує 10%.

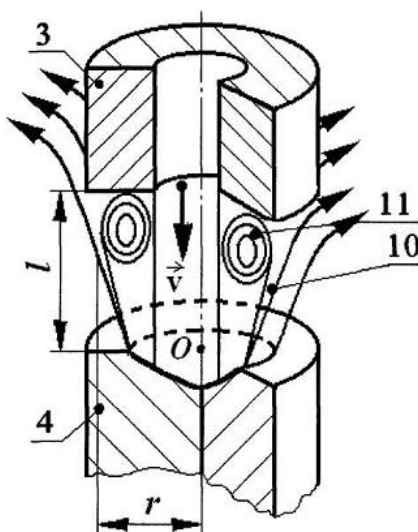
Джерела інформації:

1. Заявка на винахід Російської Федерації №95104654, опубл. 27.09.1997.

2. Патент України №33982, опубл. 25.07.2008, Бюл. №14.



Фиг. 1



Фиг. 2