



УКРАЇНА

(19) UA (11) 53409 (13) A

(51) 7 B08B3/12, C02F1/36,

C02F1/48

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОЧИСТКИ ВИРОБІВ

1

2

(21) 2002054074

(22) 20 05 2002

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Чорний Валерій Іванович, Луговський Олександр Федорович, Мовчанюк Андрій Валерійович, Фесіч Володимир Петрович

(73) Чорний Валерій Іванович, Луговський Олександр Федорович, Мовчанюк Андрій Валерійович, Фесіч Володимир Петрович

(57) 1 Спосіб ультразвукової очистки виробів, що включає занурення виробів в мийну рідину і збудження в ній ультразвукових коливань, які створю-

ються п'єзоелектричними перетворювачами, кожен з яких збуджується з дев'ятию частоти (відхиленням від деякого середнього рівня), який відрізняється тим, що вибирають електричні характеристики кожного п'єзоелектричного перетворювача, останні і діапазон зміни частоти встановлюють, виходячи із максимального індексу кавітації в мийній рідині при мінімальній електричній потужності, що споживається для збудження

2 Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що зміну частоти ультразвукових коливань, що збуджуються, проводять за лінійним законом

Винахід відноситься до області ультразвукової очистки в рідкому середовищі виробів від забруднень і подібної ультразвукової обробки, в якій використовуються технологічні ефекти розвинутої кавітації, може бути використаний в різних галузях промисловості для ультразвукової інтенсифікації технологічних процесів

Зростає роль фізичних факторів впливу на технологічні процеси в промисловості, зокрема енергії ультразвукових коливань. Найбільш широко в науці і техніці використовується енергія ультразвукових хвиль в процесах очистки виробів і деталей від різного роду забруднень в медицині - очистка інструментів, посуду, в ювелірній справі - відмивка ювелірних виробів, складних і недоступних поверхонь, в електронній промисловості - відмивка кремнієвих пластин, друкованих плат, кварцевих пластин, в машинобудуванні - очистка деталей, труб

Значимість і ефективність згаданих процесів очистки залежать від багатьох факторів, що характеризують режими ультразвукового поля і від пристроїв для створення цих ультразвукових полів. Тому підбір і підтримання параметрів ультразвукового поля прямо впливає на к.к.д., надійність роботи, основні технічні характеристики ультразвукового пристрою і є актуальним

Відомий спосіб очистки виробів з використанням ультразвукових коливань, що включає зану-

рення виробів в мийну рідину і збудження в ній ультразвукових коливань різних частот, що створюються п'єзоелектричними перетворювачами, згідно якому ультразвукові коливання збуджують від кожного перетворювача на визначеній частоті, що визначається можливістю отримання оптимального значення амплітуди кожного п'єзоелектричного перетворювача (Св. на П.м. 0003704 Росія, МПКВ08 В 3/12, 1997)

Складно отримати повне співпадання характеристик п'єзоелектричних перетворювачів, що працюють на одній частоті, тому в пристрої, що реалізує відомий спосіб, оптимальні частоти коливань п'єзоелектричних перетворювачів відрізняються по величині, конструкція пристрою містить для кожного ультразвукового п'єзоперетворювача окремий ультразвуковий генератор, підсилювач потужності, блоки автопідстройки частоти і захисту від перевантажень, що ускладнює конструкцію, підвищує потужність, яка споживається, знижує к.к.д. пристрою. Крім того, постійність характеристик ультразвукового поля в зоні впливу кожного п'єзоелектричного перетворювача приводить, у випадку виникнення локальних зон з критичним значенням звукового тиску, до зниження якості очистки із-за постійно зростаючої кількості і об'ємів пульсуючих бульбашок в цих зонах, що поглинають частину ультразвукової енергії. При цьому п'єзоперетворювачі змінюють свої електроакусти-

(13) A

(11) 53409

(19) UA

чні характеристики, нагріваються, що знижує надійність роботи пристрою і стабільність процесу очистки

Відомий спосіб і пристрій для ультразвукової очистки в широкому діапазоні частот (заявка Японії №2-144 181, МПК В08В 3/12, 1990), в якому вироби занурюють в мийну рідину і накладають ультразвукові коливання від ультразвукових перетворювачів, що працюють на різних резонансних частотах. Проте в відомому способі створюється ультразвукове поле з кавтаційними зонами різних частот, але з постійними характеристиками, що накопичує надлишкові пульсуючі бульбашки, які поглинають значну частину ультразвукової енергії. Це знижує ефективність, к.к.д. очистки і надійність роботи пристрою.

Найбільш близьким до запропонованого способу по сукупності ознак і технічному результату є спосіб очистки виробів з використанням ультразвукових коливань (патент Росії №212 9921, МПК В08В 3/12, 1998), який містить занурення виробів в мийну рідину і збудження в ній ультразвукових коливань різних частот, що створюються різними п'єзоелектричними перетворювачами, ґрунтується на тому, що ультразвукові коливання збуджують від кожного перетворювача з девіацією частоти (відхиленням від деякого середнього значення), при цьому діапазон зміни частоти вибирають виходячи із можливості отримання максимальних значень амплітуди коливань кожного п'єзоелектричного перетворювача.

У відомому способі при визначеному діапазоні девіації частоти кожен п'єзоперетворювач працює у вузькому діапазоні частот, при якому отримують максимальну амплітуду його коливань. Проте відомий спосіб не враховує, що практично неможливо отримати повне співпадання електроакустичних характеристик п'єзоелектричних перетворювачів (по внутрішньому еквівалентному опору, резонансній частоті, к.к.д. і інше), тому їх еквівалентні опори по відношенню до внутрішнього опору ультразвукового генератора є неоптимальними, тобто практично кожен п'єзоперетворювач, що включений в паралель працює не на своїй оптимальній коливальній потужності. Через це одні перетворювачі працюють із недовантаженням, а інші - із перевантаженням по потужності, що приводить із-за неконтрольованого перегріву до ще більшого дрейфу їх електроакустичних характеристик і збільшення неоднорідності характеристик. Крім того, є великий взаємний вплив паралельно включених п'єзоперетворювачів. В результаті цього локальні зони з критичним значенням звукового тиску (збільшення кількості і об'ємів пульсуючих бульбашок, які поглинають частину ультразвукової енергії) виникають неконтрольовано, довгий час не зникають і залежать від багатьох випадкових факторів, що знижує стабільність і якість очистки. Пристрої, які реалізують відомий спосіб, із-за цього працюють нестабільно і мають понижений ресурс роботи.

В основу винаходу поставлено задачу розробки способу ультразвукової очистки виробів, що включає занурення виробів в мийну рідину і збудження в ній ультразвукових коливань п'єзоелектричними перетворювачами, кожен з яких збуджу-

ють з девіацією частоти, а оптимізацію їх коливальної потужності проводять встановленням електричних характеристик кожного п'єзоперетворювача, діапазону й закону зміни частоти по критерію максимального електроакустичного к.к.д. для підвищення якості очистки, стабільності роботи і надійності пристрою, що реалізований по даному способу.

Для вирішення поставленої задачі в способі ультразвукової очистки виробів, що включає занурення виробів в мийну рідину і збудження в ній ультразвукових коливань, що створюються п'єзоелектричними перетворювачами, кожен з яких збуджується з девіацією частоти (відхиленням від деякого середнього рівня) згідно з винаходом, вибирають електричні характеристики кожного п'єзоелектричного перетворювача, останні і діапазон зміни частоти встановлюють, виходячи із максимального індекса кавтації при мінімальній електричній потужності, що споживається для збудження.

Вибір (коригування) електричних характеристик кожного п'єзоперетворювача вирівнює їх електроакустичні параметри, що, наприклад, при живленні від одного ультразвукового генератора оптимізує їх коливальну потужність, тобто кожен п'єзоперетворювач працює на тій резонансній частоті і при тій коливальній потужності, при яких він створює максимальну кавтацію при мінімальних затратах енергії на його збудження. Крім того, при апаратній реалізації згаданого способу елементи коригування електричних характеристик розв'язують кожен п'єзоперетворювач, що знижує їх взаємний вплив при зміні, наприклад температурній, електроакустичних характеристик і навіть при виході із ладу (закорочуванні) одного із них або декількох. Вибір (завдання) діапазону зміни частоти по критерію максимального індекса кавтації при мінімальних енергетичних затратах на це дозволяє не тільки отримати уже відоме структуроване по часу ультразвукове поле, але й знову ж таки додатково оптимізувати коливальну потужність п'єзоперетворювачів.

Додатково, як варіант, зміна частоти ультразвукових коливань по лінійному закону (по закону пилки) створює більш широкий спектр додаткових частот і, як наслідок, в рідині генерується ультразвукове поле з кавтаційними зонами різних частот структуроване по часу, що приводить до більш інтенсивної циркуляції акустичних макро- і мікротечей.

В результаті цього досягається рівномірний розподіл максимально випромінюваної ультразвукової енергії на весь об'єм рідини (однорідна щільність кавтаційних бульбашок) при деякій періодичній зміні звукового тиску і акустичних течей, що підвищує якість очистки. Пристрій, який реалізує приведений спосіб, працює стабільно і надійно незалежно від, наприклад, температури і завантаження об'єму рідини виробами при мінімальних затратах енергії, що підводиться до п'єзоперетворювачів. Такий режим роботи подовжує строк служби пристрою.

Сутність винаходу пояснюється рисунками, де на фіг.1 представлено варіант схеми пристрою для реалізації запропонованого способу, в якій всі

п'єзоелектричні перетворювачі підключені паралельно до вихідної обмотки трансформатора ультразвукового генератора. На фіг 2 представлено варіант схеми пристрою, в якій кожен п'єзоелектричний перетворювач підключений до своєї секції вихідної обмотки трансформатора ультразвукового генератора.

Пристрій для ультразвукової очистки виробів (фіг 1) складається із заповненої мийною рідиною ванни (на рисунку не показана), до якої прикріплені (наприклад - приклеєні), наприклад, три п'єзоелектричні перетворювачі 1-3, які одними своїми електродами з'єднані із одним кінцем вторинної обмотки вихідного трансформатора 4 скануючого ультразвукового генератора 5. Другий електрод перетворювачів 1 - 3 підключений відповідно до коригуючих елементів 6-8 (наприклад дроселів із сердечниками), які своїми іншими виводами з'єднані із другим кінцем вторинної обмотки II вихідного трансформатора.

Пристрій для ультразвукової очистки виробів у варіанті, що показаний на фіг 2 має ті ж самі складові, але вторинна обмотка вихідного трансформатора 4 складається із трьох секцій II, VI, IV, до кожної з яких підключені через свій коригуючий елемент 6-8 п'єзоелектричні перетворювачі 1 - 3. При цьому на секціях II, III, IV вторинної обмотки може бути різна амплітуда електричних коливань.

Запропонований спосіб реалізується в пристрої на фіг 1 наступним чином. В підігріту до заданої температури мийну рідину, що налита в ультразвукову ванну, поміщають вироби, які знаходяться в перфорованій корзині. Включають скануючий ультразвуковий генератор 5, що настроєний на якийсь мінімальний діапазон девації частоти коливань, регулятором девації частоти. При цьому на вторинній обмотці вихідного трансформатора виставлена визначена амплітуда електричних коливань. Потім регулятором середньої частоти скануючого ультразвукового генератора 5 добиваються максимального індекса кавтації в мийній рідині від усіх трьох п'єзоелектричних перетворювачів 1 - 3, що є критерієм оцінки ступеня розвиненості кавтації в об'ємі, її ефективності (див Агранат Б.А. Ультразвук в порошковой металлургии - М "Металлургия", 1986, -с 19).

Після цього сердечниками дроселів коригуючих елементів 6-8 встановлюють (вибирають) такі електричні характеристики відповідних п'єзоперетворювачів 1-3 (резонансну частоту, повний внутрішній опір), при яких індекс кавтації в ультразвуковій ванні стане максимальним при мінімальній електричній енергії, що споживається (що підводиться до п'єзоперетворювачів). Наступним кроком вибирають (збільшують) діапазон зміни частоти (девації), знову виходячи із критерію максимального індекса кавтації. При цьому скануючий ультразвуковий генератор змінює свою частоту по лінійному закону, що дає цілий ряд частот, які періодично повторюються і створюють рівномірно-змінне кавтаційне поле. Якби скануючий генератор змінював свою частоту по нелінійному закону, наприклад, синусоїдальному, то кавтаційне поле по часу змінювалося б нерівномірно і в якийсь момент виникали б локальні зони із надлишковою кількістю бульбашок, що поглинали б ве-

лику частину ультразвукової енергії.

Запропонований спосіб реалізується в пристрої у варіанті на фіг 2 таким же чином, але додатково можливо на кожен п'єзоперетворювач подавати таку амплітуду електричної напруги, щоб кожен із них працював при оптимальній коливальній потужності.

Наявність індивідуальних коригуючих елементів, що встановлюють електричні характеристики відповідних п'єзоперетворювачів, дає можливість значно знизити вплив останніх один на одного в процесі роботи (різні акустичні навантаження) і в процесі регулювання. Так, навіть при виході із ладу якого-небудь п'єзоперетворювача (тепловий пробій і закорочення електродів) пристрій буде продовжувати роботу на п'єзоперетворювачах, які залишилися, так як відповідний коригуючий елемент буде розв'язувати несправний п'єзоперетворювач від працюючих. Індивідуальні коригуючі елементи піддаються незначним електричним і тепловим навантаженням в порівнянні з відомими пристроями, де використовують один коригуючий елемент, розрахований на всю потужність пристрою. Тому коригуючі елементи в пристрої, що реалізує запропонований спосіб, працюють стабільно, що підвищує його надійність.

Таким чином, до можливостей впливати на ефективність очистки діапазоном і швидкістю девації частоти в відомому способі очистки пропонується вплив підбором (встановленням) електричних характеристик (резонансної частоти, повного внутрішнього опору, амплітуди електричної напруги), що дозволить сформулювати більш оптимальне ультразвукове середовище, яке при експлуатації під впливом, наприклад, температури і різкої зміни акустичного навантаження не змінює (не знижує) своїх очисних характеристик.

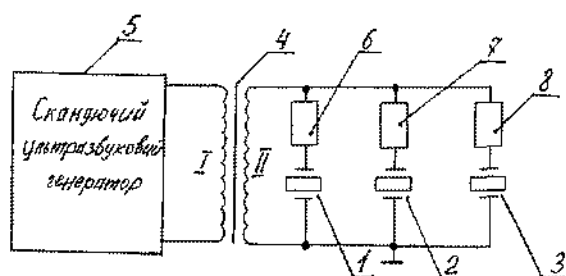
Встановлення електричних характеристик по критерію максимального індекса кавтації, а не максимальної амплітуди коливань, є більш точним параметром, що визначає ефективність кавтації і оптимальність технологічного режиму очистки.

Наприклад, було реалізовано пристрій для ультразвукової очистки по запропонованому способу, в якому було використано три п'єзокерамічні перетворювачі, кожен із яких мав свій коригуючий елемент, якими були підібрані електричні характеристики перетворювачів. При зміні температури мийної рідини (води) від +20°C до +70°C і зміни завантаження ванни виробами від мінімальної до максимальної потужності, що споживалася, була постійна, складала біля 150Вт і не залежала від рівня наливу рідини. Коригуючі елементи мали температуру практично оточуючого середовища. П'єзоперетворювачі мали свої резонансні частоти, що відрізнялися більш ніж на 1кГц, але під час роботи кожен із них працював стабільно і мав приблизно однакову температуру. Ефективність очистки слабо залежала від завантаження ванни виробами.

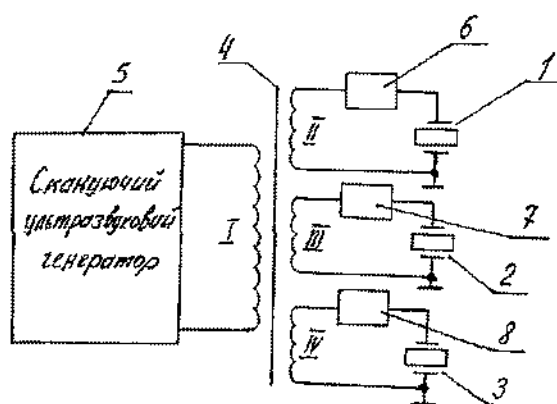
При реалізації пристрою по відомому способу один коригуючий елемент (дросель) мав температуру більше 60°C, а кожен із п'єзоперетворювачів під час роботи мав свою температуру від +40°C до +70°C. При тій же ж зміні температури мийної рідини, ступені завантаження виробами ванни поту-

жність, що споживалася змінювалася від 100 до 180 Вт, що знижувало ефективність і к.к.д. процесу очистки. П'єзоперетворювачі необхідно було під-

бирати із різницею по резонансній частоті не більше 100 - 200 Гц, що збільшило затрати на реалізацію пристрою.



Фіг. 1



Фіг. 2