



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **99027** (13) **C2**
(51) МПК
G01N 27/90 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2010 15085	(72) Винахідник(и): Учанін Валентин Миколайович (UA), Шаповалов Георгій Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 15.12.2010	
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.07.2012	(73) Власник(и): ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В.КАРПЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Наукова, 5, м. Львів, 79601 (UA)
(41) Публікація відомостей про заяву: 25.06.2012, Бюл.№ 12	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2012, Бюл.№ 13	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 4625165 A; 25.11.1986 SU 1326982 A; 30.07.1987 SU 748239; 15.07.1980 UA 50074 A; 15.10.2002 RU 2229120 C1; 20.05.2004 GB 1488833 A; 12.10.1977 US 4851773 A; 25.07.1989

(54) ОБЕРТАЛЬНИЙ ВИХРОСТРУМОВИЙ ЗОНД ДЛЯ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ТРУБ

(57) Реферат:

Винахід належить до методів вихрострумowego контролю труб і може бути використаний, наприклад, для дефектоскопії труб теплообмінників в атомній і тепловій енергетиці, хімічній промисловості, комунальному господарстві тощо. Обертальний вихрострумний зонд для дефектоскопії внутрішньої поверхні труб складається з корпусу, двигуна, ротора, накладного вихрострумowego перетворювача, схеми обміну сигналами між обертальною і нерухою частинами зонда, механізму центрування зонда відносно внутрішньої поверхні труб і кабелю для підключення накладного вихрострумowego перетворювача до системи контролю. При цьому схема обміну сигналами між обертальною і нерухою частинами зонда складається з нерухої і обертальної складових, які розміщено на корпусі і роторі відповідно. Двигун і механізм центрування з'єднано з корпусом. Вісь двигуна пов'язана з ротором, вісь обертання якого співпадає з віссю контрольованої труби. Ротор встановлений на підшипнику, нерухоме кільце якого закріплено на корпусі. Вихрострумний накладний перетворювач встановлено на роторі і забезпечено пружним механізмом притискання його до внутрішньої поверхні контрольованої труби з заданим проміжком. У зонд введено додатковий механізм центрування і другий підшипник, внутрішнє кільце якого закріплено до протилежного від двигуна кінця ротора, а зовнішнє кільце пов'язано з додатковим механізмом центрування. Схема обміну сигналами між обертальною і нерухою частинами зонда виконана у вигляді обертального трансформатора, обмотки якого розміщено в концентричних пазах на торцевій поверхні тороїдальних магнітодіелектричних осердь прямокутного перерізу. Обмотки в нерухомому і обертальному осердях обертального трансформатора виконано однакового діаметра. При цьому нерухоме осердя з'єднано з основним корпусом, а обертальне осердя з'єднано з ротором. Нерухоме і обертальне осердя розміщено коаксіально з мінімальним проміжком таким чином, щоб пази з обмотками обертального трансформатора примикали один до другого. Технічний результат полягає у тому, що запропонований зонд дозволяє збільшити чутливість

UA 99027 C2

контролю за рахунок зменшення завад при реєстрації вихідних сигналів накладного вихрострумового перетворювача, який обертається разом з ротором.

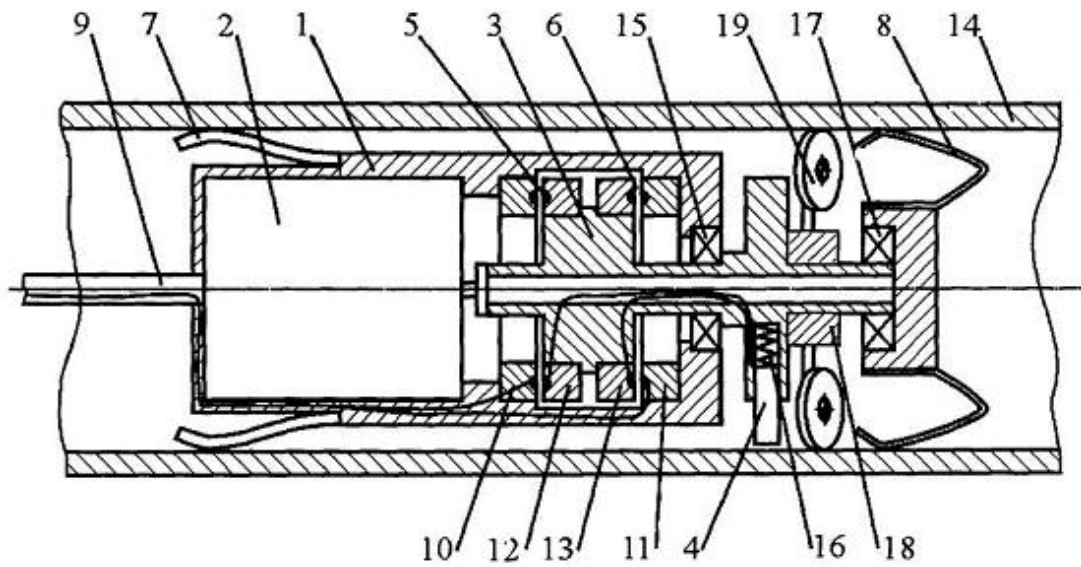


Fig. 1

Винахід належить до методів вихрострумового контролю труб і може бути використаний, наприклад, для дефектоскопії труб теплообмінників в атомній і тепловій енергетиці, хімічній промисловості, комунальному господарстві тощо. В процесі експлуатації в трубах теплообмінників виникають дефекти втомного і корозійного походження, які розташовані на зовнішній і внутрішній поверхнях по всій довжині труб [1]. Доступ до кожної труби теплообмінника з зовнішньої сторони обмежений іншими трубами, кількість яких може сягати декількох тисяч. Тому труби теплообмінників в процесі їх експлуатації (тобто без демонтажу) можуть контролюватись по всій довжині тільки шляхом введення вихрострумового зонда всередину труби через отвори в трубній дошці (колекторі).

Відомо багато конструкцій внутрішніх зондів для контролю труб теплообмінників у вигляді прохідних вихрострумових перетворювачів, в яких використовують обмотки вихрострумового перетворювача коаксіальні відносно поверхні труби [2-4]. Такі зонди вводять всередину труби і просують вздовж її осі за допомогою спеціальних маніпуляторів. В процесі переміщення вихрострумового зонда за допомогою вихрострумового дефектоскопа (знаходиться ззовні труби) реєструють складові сигналів вихрострумового перетворювача, за якими приймають рішення про наявність дефектів, їх розташування і розміри. Вихрострумові зонди з коаксіальними обмотками мають деякі позитивні властивості, зокрема, є нескладним по конструкції і відносно недорогими. Важливо, що контроль за допомогою зондів з коаксіальними обмотками характеризується високою продуктивністю, так як зонд може пересуватися вздовж труби з достатньо великою швидкістю.

Загальним недоліком внутрішніх вихрострумових зондів з прохідними коаксіальними обмотками є невисока чутливість до певних дефектів, зокрема окружних тріщин, невисока роздільна здатність, а також хибна інтерпретація у випадку декількох дефектів, розташованих з однаковою аксіальною координатою.

Відомі вихрострумові зонди для контролю труб, які мають в складі обертальну головку (ротор), на якій розміщений накладний вихрострумовий перетворювач. Вісь чутливості накладного вихрострумового перетворювача орієнтована перпендикулярно до внутрішньої стінки контрольованої труби. Ротор за допомогою вала пов'язаний з обертальною віссю двигуна і може обертатися таким чином, що вихрострумовий перетворювач сканує внутрішню поверхню контрольованої труби по окружності. При одночасному просуванні зонда вздовж труби вихрострумовий перетворювач сканує внутрішню поверхню труби по спіральній траєкторії [5-7]. Для всіх вихрострумових зондів [5-7] характерним є розташування двигуна за межами контрольованої труби. Такі зонди мають кращу роздільну здатність порівняно з зондами з коаксіальними обмотками за рахунок використання вихрострумового перетворювача локального типу, який взаємодіє з невеликою зоною внутрішньої поверхні труби. Крім того, обертальні вихрострумові зонди мають кращу чутливість до дефектів різного типу і орієнтації, дозволяють визначити місцезположення виявлених дефектів в аксіальному напрямку і реалізувати можливість візуалізації результатів контролю.

Загальним недоліком обертальних вихрострумових зондів, в яких двигун розташований за межами контрольованої трубки і пов'язаний з ротором валом, є обмежена можливість контролю трубки великої довжини. Особливо це стосується трубок теплообмінників з малим радіусом кривизни, які характерні для парогенераторів атомних станцій [1].

Відомі конструкції вихрострумових зондів для контролю труб теплообмінників, які мають в складі обертальний ротор, на якому розміщений накладний вихрострумовий перетворювач, орієнтований в сторону внутрішньої стінки контрольованої труби. Ротор обертається за допомогою двигуна, який розміщено безпосередньо в корпусі вихрострумового зонда. При обертанні ротора накладний вихрострумовий перетворювач сканує внутрішню поверхню контрольованої труби по окружності. При одночасному просуванні зонда вздовж труби вихрострумовий перетворювач сканує внутрішню поверхню труби по спіральній траєкторії [8-10]. Такі обертальні зонди мають переваги при контролі довгих труб з криволінійними ділянками по всій їх довжині.

Найближчим до запропонованого винаходу є обертальний вихрострумовий зонд для дефектоскопії внутрішньої поверхні труб згідно з американським патентом [10], що складається з основного корпусу, двигуна, ротора, вихрострумового накладного перетворювача, схеми обміну сигналами між ротором і нерухомою частиною зонда на основі ковзних контактів, механізму центрування зонда відносно внутрішньої поверхні трубок і кабелю для підключення вихрострумового перетворювача до системи контролю, який знаходиться за межами контрольованої труби. Схема обміну сигналами між ротором і нерухомою частиною зонда складається з нерухомої і обертальної складових (контактів), які розміщено на основному корпусі і роторі відповідно. Двигун, механізм центрування прикріплені до основного корпусу. При

цьому вісь двигуна пов'язана з ротором, вісь обертання якого співпадає з віссю контрольованої труби. Ротор встановлено на підшипнику, нерухоме кільце якого закріплено на основному корпусі зонда. Вихрострумний накладний перетворювач встановлено на роторі і забезпечено пружним механізмом притискання його до внутрішньої поверхні контрольованої труби з заданим проміжком.

Недоліком відомого вихрострумного зонда [10] є використання недосконалої схеми обміну сигналами між ротором і нерухомою частиною зонда на основі ковзних контактів. Ці ковзні контакти є джерелом сильних завад, які мають місце при обертанні ротора. Наявність завад зменшує чутливість контролю за рахунок зменшення співвідношення рівня корисного сигналу від дефекту до рівня завад. Крім того, ковзні контакти мають обмежену надійність, так як можуть в процесі роботи зношуватись, що обмежує загальний ресурс роботи відомих зондів. Вказаний недолік рівною мірою стосується вихрострумних зондів [8-9]. Іншим недоліком відомого зонда є можливість його використання тільки для параметричних вихрострумних перетворювачів з одною обмоткою, які мають обмежену чутливість і селективність контролю, так як на такий перетворювач впливають не тільки дефекти, а й зміни геометрії труби і електрофізичних властивостей матеріалу. Крім того, частини механізму центрування закріплено в задній частині зонда, а вихрострумний перетворювач зонда розміщено консольно в передній частині ротора, який не центрується відносно контрольованої труби. Це може призвести до пошкоджень вихрострумного перетворювача, перекосів осі ротора і погіршення умов обертання при його притисканні до контрольованої труби з недосконалою геометрією.

Задачею запропонованого винаходу є збільшення чутливості, селективності і ресурсу роботи вихрострумних зондів при дефектоскопії внутрішньої поверхні труб.

Задача вирішується наступним виконанням обертового вихрострумного зонда для дефектоскопії внутрішньої поверхні труб. Зонд складається з корпусу, двигуна, ротора, накладного вихрострумного перетворювача, схеми обміну сигналами між обертовою і нерухомою частинами зонда, механізму центрування зонда відносно внутрішньої поверхні труб і кабелю для підключення накладного вихрострумного перетворювача до системи контролю. При цьому схема обміну сигналами між обертовою і нерухомою частинами зонда складається з нерухомої і обертової складових, які розміщено на корпусі і роторі відповідно. Двигун і механізм центрування з'єднано з корпусом. Вісь двигуна пов'язана з ротором, вісь обертання якого співпадає з віссю контрольованої труби. Ротор встановлений на підшипнику, нерухоме кільце якого закріплено на корпусі. Вихрострумний накладний перетворювач встановлено на роторі і забезпечено пружним механізмом притискання його до внутрішньої поверхні контрольованої труби з заданим проміжком.

У зонд введено додатковий механізм центрування і другий підшипник, внутрішнє кільце якого закріплено до протилежного від двигуна кінця ротора, а зовнішнє кільце пов'язано з додатковим механізмом центрування. Схема обміну сигналами між обертовою і нерухомою частинами зонда виконана у вигляді обертового трансформатора, обмотки якого розміщено в концентричних пазах на торцевій поверхні тороїдальних магнітодіелектричних осердь прямокутного перерізу. Обмотки в нерухомому і обертовому осердях обертового трансформатора виконано однакового діаметра. При цьому нерухоме осердя з'єднано з основним корпусом, а обертове осердя з'єднано з ротором. Нерухоме і обертове осердя розміщено коаксіально з мінімальним проміжком таким чином, щоб пази з обмотками обертового трансформатора примикали один до другого.

Для покращення проходження труби на роторі може бути закріплений пристрій повздовжнього переміщення у вигляді одного або декількох тягових коліс, осі яких встановлено непаралельно відносно осі обертання ротора. При цьому тягові колеса забезпечені пружними елементами для притискання їх до внутрішньої поверхні контрольованої труби.

Накладний вихрострумний перетворювач може бути виконаний трансформаторного типу з відокремленими вимірювальною обмоткою і обмоткою збудження. Для реалізації цього варіанта в схему зонда введено другий обертовий трансформатор, ідентичний першому. Обмотки першого і додаткового обертових трансформаторів пов'язані з вимірювальною обмоткою і обмоткою збудження вихрострумного перетворювача відповідно.

Другий підшипник на протилежному від двигуна кінці ротора може бути виконаний плаваючим.

На кресленні представлено конструкцію запропонованого обертового вихрострумного зонда для дефектоскопії внутрішньої поверхні труб у варіанті з механізмом повздовжнього переміщення і трансформаторним вихрострумним перетворювачем.

Обертовий вихрострумний зонд для дефектоскопії внутрішньої поверхні труб складається з корпусу 1, двигуна 2, ротора 3, накладного вихрострумного перетворювача

трансформаторного типу 4, обертальних трансформаторів 5 і 6, механізмів 7 і 8 центрування зонда і кабелю 9 для підключення накладного вихрострумowego перетворювача до системи контролю (не показано). Кожний із обертальних трансформаторів 5 і 6 складається з нерухомої 10 і 11 і обертальної 12 і 13 складових, які розміщено на корпусі 1 і роторі 3 відповідно.

5 Нерухомі і рухомі обмотки кожного обертального трансформатора 5 і 6 закладені в концентричні пази на торцевій поверхні тороїдальних магнітодіелектричних осердь прямокутного перерізу. Двигун 2 і механізм центрування 7 з'єднано з корпусом 1. Вісь двигуна 2 з'єднана з ротором 3, вісь обертання якого співпадає з віссю контрольованої труби 14. Ротор 3 встановлений на підшипнику 15, нерухоме кільце якого закріплено на корпусі 1. Вихрострумний накладний

10 перетворювач встановлено на роторі 3 і забезпечено пружним механізмом 16 притискання його до внутрішньої поверхні контрольованої труби з заданим проміжком. Механізм центрування 8 встановлено на підшипнику 17, який закріплено на протилежному від двигуна 2 кінці ротора 3. Підшипник 17 може бути виконаний плаваючим, що покращує проходження криволінійних ділянок труб. На роторі 3 закріплено пристрій повздовжнього переміщення 18 у вигляді одного

15 або декількох тягових коліс 19, осі яких встановлено непаралельно відносно осі обертання ротора. Тягові колеса 19 забезпечені пружними елементами (не показано) для притискання їх до внутрішньої поверхні контрольованої труби 14.

Розглянемо роботу запропонованого обертального вихрострумowego зонда для дефектоскопії внутрішньої поверхні труб для випадку накладного вихрострумowego

20 перетворювача трансформаторного типу.

Обертальний вихрострумний зонд вводять в контрольовану трубу 14. При просуванні зонда вздовж труби він центрується відносно труби за допомогою пружних елементів механізмів центрування 7 і 8. Після включення двигуна 2 ротор 3 починає обертатися навколо своєї осі і накладний вихрострумний перетворювач 4 сканує внутрішню поверхню труби 14 з мінімальним

25 проміжком, який забезпечується пружним механізмом 16. За відсутності в складі зонда механізму повздовжнього переміщення 18 просування зонда зазвичай здійснюється спеціальним штовхальним механізмом (не показано) за рахунок жорстких властивостей кабелю 9. При використанні механізму повздовжнього переміщення 18 для просування зонда вздовж труби використано тягові колеса 19, осі яких розгорнуто непаралельно осі обертання ротора 3. Тому

30 при обертанні ротора 3 тягові колеса 19 притискаються до внутрішньої поверхні труби 14 і обкочують її по гвинтовій лінії, що призводить до просування зонда вздовж труби. Використання механізму повздовжнього переміщення 18 покращує прохідні властивості зонда, що особливо важливо для труб великої довжини. При просуванні зонда вздовж труби вихрострумний перетворювач 4 сканує внутрішню поверхню також по гвинтовій лінії з кроком

35 (відстань між сусідніми лініями сканування), який регулюють вибором співвідношення частоти обертання ротора до швидкості переміщення зонда вздовж труби. За використання механізму повздовжнього переміщення 18 цей крок регулюють кутом нахилу тягових коліс відносно осі ротора. Найкраще механізм повздовжнього переміщення працює при використанні в ньому трьох тягових коліс. В цьому випадку тягові колеса 19 не призводять до перекосу зонда, а

40 навпаки сприяють додатковому центруванню його відносно труби. Сигнал збудження з генератора системи контролю (не показано) надходить через нерухому 10 і обертальну 12 обмотки обертального трансформатора 5 на обмотку збудження вихрострумowego перетворювача 4. Вихідний сигнал з вимірювальної обмотки вихрострумowego перетворювача 4 надходить через обертальну 13 і нерухому 11 обмотки обертального трансформатора 6 на вхід

45 системи контролю (не показано).

Запропонований обертальний вихрострумний зонд для дефектоскопії внутрішньої поверхні труб дозволяє збільшити чутливість контролю за рахунок зменшення завад при реєстрації вихідних сигналів накладного вихрострумowego перетворювача, який обертається разом з ротором. Крім того, використання накладного вихрострумowego перетворювача

50 трансформаторного типу дозволяє підвищити селективність контролю. Використання в складі вихрострумowego зонду механізму повздовжнього переміщення дозволяє покращити проходження труб великої довжини, що особливо важливо у випадку їх забруднення в процесі експлуатації. Виконання другого підшипника, за допомогою якого механізм центрування кріпиться на протилежному від двигуна кінці ротора, плаваючим дозволяє зменшити радіус вигинів контрольованих труб.

55

1. Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довідн. пос. / Під. заг. ред. В.В. Панасюка. Т. 8: Міцність матеріалів і довговічність елементів конструкцій атомних станцій / О.І. Балицький, О.В. Махненко, О.О. Балицький та інші. - К.: ВД Академперіодика, 2005. - 554 с.

2. Nondestructive Testing Handbook. Vol.4: Electromagnetic Testing (Eddy current, flux leakage and Microwave Nondestructive Testing). 2-nd edition. Edited by R.C. McMaster and P.McIntire. USA: American Society for NDT, 1986. 677 p. (Part 4. Data analysis guidelines, c. 465).

3. Опыт применения вихретокового метода для контроля теплообменных труб на химических предприятиях / В.А. Гудосник, В.И. Латуха, П.Р. Елисеев, В.Н. Учанин // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. - Вип. 13: Теорія і практика неруйнівного контролю матеріалів та конструкцій. - Львів: ФМІ ін-т ім. Г.В. Карпенка НАНУ. - 2008. - С. 60-67.

4. Патент 4608534 США. МКИ G01N27/90. Eddy current probe for detecting localized defects in cylindrical components / V. Cecco, H. Ghent (Canada). - № 504977; Заявл. 16.06.1983; Опубл. 26.08.1986; НКИ 324/238. - 7 с.

5. Патент 4441078 США. МКИ G01N27/82. Eddy current apparatus including a probe arm pivoted for movement by centrifugal force for detection faults in a metal plate / J.-C. Lecomte (France); Framatome. - № 182410; Заявл. 26.08.1980; Опубл. 03.04.1984; НКИ 324/219. - 4 с.

6. Патент 4855677 США. МКИ G01N27/82. Multiple coil eddy current probe and method of flaw detection / W.G. Clark, M.J. Metala; Westinghouse Electric Corp. - № 167289; Заявл. 11.03.1988; Опубл. 08.08.1989; НКИ 324/238. - 12 с.

7. Патент 5134367 США. МКИ G01N27/90. Rotating eddy current probe roller head for inspection and profiling tubing having two separate cross wound coils / J.C Griffith, I.G. Masters; Babcock & Wilcox Comp. - № 671321; Заявл. 19.03.1991; Опубл. 28.07.1992; НКИ 324/220. - 5 с.

8. А.с. 748239 СССР. МКИ G01N27/90. Сканирующее устройство для дефектоскопии внутренней поверхности труб / Б.И. Волков, Ю.А. Федорчук, Е.В. Каленик, В.П. Шуховцев. Опубл. 15.07.80., Бюл. № 26. - 3 с.

9. А.с. 1326982 СССР. МКИ G01N27/90. Сканирующее устройство для дефектоскопии внутренней поверхности труб / Б.И. Волков, Ю.А. Федорчук, В.А. Агафонов. Опубл. 30.07.87., Бюл. № 28. - 3 с.

10. Патент 4625165 США. МКИ G01N27/90. Tube inspection probe with rotating eddy current coil / S. Rothstein. - № 558955; Заявл. 07.12.1983; Опубл. 25.11.1986; НКИ 324/220. - 8 с.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

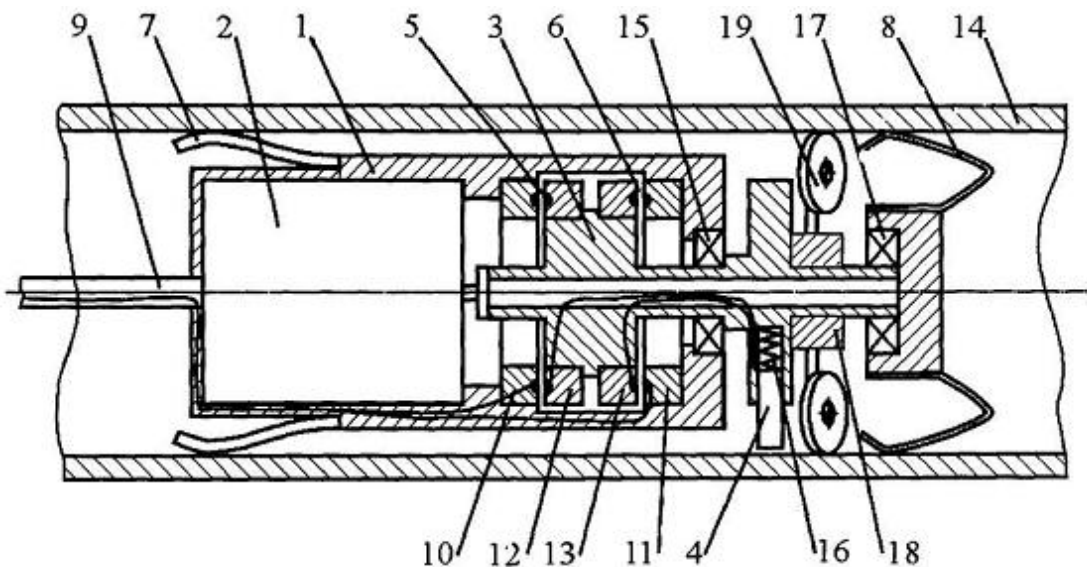
1. Обертальный вихрострумовый зонд для дефектоскопии внутренней поверхности труб, что складывается из корпуса, двигателя, ротора, накладного вихрострумового перетворювача, схемы обміну сигналами між обертальною і нерухомою частинами зонда, механізму центрування зонда відносно внутрішньої поверхні труб і кабелю для підключення накладного вихрострумового перетворювача до системи контролю, схема обміну сигналами між обертальною і нерухомою частинами зонда складається з нерухомої і обертальної складових, які розміщено на корпусі і роторі відповідно, двигун і механізм центрування поєднано з корпусом, вісь двигуна пов'язана з ротором, вісь обертання якого співпадає з віссю контрольованої труби, ротор встановлений на підшипнику, нерухоме кільце якого закріплено на корпусі, вихрострумовий накладний перетворювач встановлено на роторі і забезпечено пружним механізмом притискання його до внутрішньої поверхні контрольованої труби з заданим проміжком, який **відрізняється** тим, що введено додатковий механізм центрування і другий підшипник, внутрішнє кільце якого закріплено до протилежного від двигуна кінця ротора, а зовнішнє кільце підшипника пов'язано з додатковим механізмом центрування, схема обміну сигналами між обертальною і нерухомою частинами зонда виконана у вигляді обертального трансформатора, обмотки якого розміщено в концентричних пазах на торцевій поверхні тороїдальних магнітодіелектричних осердь прямокутного перерізу, обмотки в нерухомому і обертальному осердях обертального трансформатора виконано однакового діаметра, нерухоме осердя поєднано з основним корпусом, а обертальне осердя поєднано з ротором, нерухоме і обертальне осердя розміщено коаксіально з мінімальним проміжком таким чином, щоб пази з обмотками обертального трансформатора примикали один до другого,

2. Обертальный вихрострумовый зонд для дефектоскопии внутренней поверхности труб за п. 1, в якому на роторі закріплено пристрій повздовжнього переміщення у вигляді одного або декількох тягових коліс, осі яких встановлено непаралельно відносно осі обертання ротора, тягові колеса забезпечені пружними елементами для притискання їх до внутрішньої поверхні контрольованої труби.

3. Обертальный вихрострумовый зонд для дефектоскопии внутренней поверхности труб за п. 1, в якому накладный вихрострумовый перетворювач виконаний трансформаторного типу з відокремленими виміральною обмоткою і обмоткою збудження, в схему зонда введено

другий обертальний трансформатор, ідентичний першому, обмотки першого і додаткового обертальних трансформаторів пов'язані з вимірювальною обмоткою і обмоткою збудження вихрострумового перетворювача відповідно.

4. Обертальний вихрострумовий зонд для дефектоскопії внутрішньої поверхні труб по п. 1, в
5 якому другий підшипник на протилежному від двигуна кінці ротора виконаний плаваючим.



Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601