

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **240385**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **436929**

(22) Data zgłoszenia: **09.02.2021**

(51) Int.Cl.
G01N 25/00 (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01)
G01B 21/08 (2006.01)
F17D 5/00 (2006.01)

Opis patentowy
przedrukowano ze względu
na zauważone błędy

(54) **Sposób wykrywania wewnętrznego osadu kamiennego w układach hydraulicznych
oraz urządzenie do realizacji tego sposobu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
19.07.2021 BUP 16/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.03.2022 WUP 13/22

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
SEBASTIAN PAWLAK, Katowice, PL
LESZEK REMIORZ, Rybnik, PL
ERYK REMIORZ, Rudy, PL
JAKUB SZYGUŁA, Potępa, PL
ADRIAN CZAJKOWSKI, Tychy, PL
GABRIEL DRABIK, Chorzów, PL
DARIUSZ MAREK, Bielsko-Biała, PL
OLEG ANTEMIJCZUK, Katowice, PL
JAROSŁAW PADUCH, Tarnowskie Góry, PL
GRZEGORZ BARON, Zabrze, PL
MARCIN PASZKUTA, Sączów, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Magdalena Filipek-Marzec

PL 240385 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wykrywania wewnętrznego osadu kamiennego w układach hydraulicznych oraz urządzenie do realizacji tego sposobu, głównie w rurociągach stalowych, szczególnie wyposażonych w precyzyjne systemy pomiaru przepływu cieczy. Postępujący w czasie proces tworzenia się wewnętrznego osadu kamiennego powoduje niekorzystne zmiany eksploatacyjne układu hydraulicznego na skutek zmniejszania się efektywnego przekroju kanału, w którym przepływa ciecz.

Znane ze stanu techniki przedstawionego w publikacjach naukowo-technicznych są sposoby wykrywania kamienia kotłowego wewnątrz rurociągu, które oparte są na nieniszczących metodach badań, np.: transmisji promieniowania gamma (sposób opisany m.in. w artykule autorstwa D.F. Oliveira, J.R. Nascimento, C.A. Marinho, R.T. Lopes, pt. Gamma transmission system for detection of scale in oil exploration pipelines, Nuclear Instruments & Methods in Physics Research A, 2014) lub odbicia mechanicznej fali ultradźwiękowej (sposób opisany m.in. w artykule autorstwa Konstantinos Christidis, Gunti PP Gunarathne, Kalliopi Peteineri, pt. Intelligent instrumentation for identification of scales in petroleum pipelines in situ, Transactions of the Institute of Measurement and Control 35/4, 2012). W metodzie transmisji promieniowania gamma stosowany jest system wykrywania kamienia kotłowego wewnątrz rurociągu poprzez dostarczenie promieniowania pochodzącego z kobaltu-60 lub cezu-137, które stanowią powszechnie używane źródła promieniowania. Ze względu na wyższą energię kobalt-60 jest zawsze stosowany do rurociągów o grubych ściankach lub dużej średnicy, natomiast cez-137 – ze względu na mniejszą energię – jest używany do rurociągów o cienkich lub średniej grubości ściankach. Pomimo istotnej zalety tej metody jaką jest stosunkowo duża precyzja określania grubości warstwy kamienia, posiada ona ograniczenie jej zastosowania jedynie dla przypadku rurociągów odkrytych i łatwodostępnych, gdyż konieczny jest dostęp do dwóch stron fragmentu badanego rurociągu. Istotną wadą jest ponadto duże skomplikowanie aparatury pomiarowej, opartej na emisji promieniowania gamma. W przypadku metody ultradźwiękowej – stosując technikę echa – konieczny jest dostęp do jednej strony rurociągu, co ogranicza jej stosowalność do rurociągów odkrytych. Niedogodnością tej metody jest konieczność stosowania środków sprzęgających (np. żel, woda) umożliwiających wprowadzenie ultradźwiękowej fali mechanicznej do badanego obiektu. Dla obu przytoczonych metod badawczych konieczne jest wykonywanie pracochłonnego pomiaru, przeprowadzanego przez wykwalifikowany personel. Zastosowanie wymienionych metod w układach hydraulicznych, gdzie pomiar musi być wykonywany automatycznie lub w sposób ciągły oraz bez udziału człowieka, nie jest możliwe.

Celem wynalazku jest opracowanie takiego sposobu wykrywania wewnętrznego osadu kamiennego w układach hydraulicznych i urządzenia do realizacji tego sposobu, zwłaszcza w rurociągach stalowych oraz w układach hydraulicznych, dla których jest to trudne lub obecnie niemożliwe stosując znane metody, m.in. ze względu na brak dostępu w przypadku rurociągów obudowanych np. zewnętrzną izolacją lub zabudowanych w kadłubach i otoczonych innymi elementami układu hydraulicznego.

Istotą wynalazku jest sposób wykrywania wewnętrznego osadu kamiennego w układach hydraulicznych o okresowo zmiennej wartości temperatury płynącej wewnątrz cieczy, charakteryzuje się tym, że dokonuje się jednoczesnego pomiaru zmian temperatury w funkcji czasu w co najmniej dwóch punktach pomiarowych zlokalizowanych w nieprzelotowych otworach fragmentu ścianki rury, w której przepływa ciecz za pomocą dwóch czujników temperatury, przy czym mierzy się początkowy czas t_0 liczony od chwili wystąpienia zmiany temperatury zarejestrowanej jednym z czujników temperatury do chwili wystąpienia zmiany temperatury zarejestrowanej drugim z czujników temperatury, i kolejno w trakcie eksploatacji układu hydraulicznego mierzy się czas t_1 liczony od chwili wystąpienia zmiany temperatury zarejestrowanej jednym z czujników temperatury do chwili wystąpienia zmiany temperatury zarejestrowanej drugim z czujników temperatury, i porównuje się uzyskaną w danym pomiarze wartość czasu t_1 względem początkowej wartości czasu t_0 , przy czym wzrost wartości zmierzonego w danym pomiarze czasu po ustalonym okresie eksploatacji układu hydraulicznego świadczy o występowaniu warstwy osadu kamiennego, zlokalizowanego w obszarze drugiego czujnika temperatury. Korzystnie dokonuje się pośredniego pomiaru grubości warstwy osadu kamiennego na podstawie utworzonej wcześniej zależności wiążącej uzyskaną wartość czasu (t_0 ; t_1 ; ... t_n) z grubością warstwy osadu kamiennego zmierzoną za pomocą znanej metody,

przy czym dokonuje się transformacji uzyskiwanej w danym pomiarze wartości czasu na wartość grubości osadu kamiennego.

Istotą wynalazku jest także urządzenie do wykrywania wewnętrznego osadu kamiennego w układach hydraulicznych składające się z odcinka rury zakończonego na obu końcach gwintem do mocowania z istniejącym układem hydraulicznym oraz czujników temperatury typu termopara, znamienne tym, że składa się z dwóch komór o przekroju okrągłym, usytuowanych na zewnątrz fragmentu rury, wewnątrz których osadzone są czujniki temperatury zawierające stałe kołnierze, przy czym końce pomiarowe czujników temperatury osadzone są na dnach nieprzelotowych otworów w ścianie rury, a pomiędzy pokrywami i a kołnierzami osadzone są sprężyny dociskające czujniki temperatury do den nieprzelotowych otworów, a w ścianie fragmentu rury wykonane jest wewnętrzne wybranie, w którym umieszczony jest pierścień o szerokości i grubości, przy czym wybranie zlokalizowane jest symetrycznie względem osi jednego z czujników temperatury. Korzystnie posiada wkładki pozycjonujące czujniki temperatury względem nieprzelotowych otworów, które to wkładki są umieszczone wewnątrz komór, pomiędzy ścianką rury a kołnierzami.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest możliwość wykrywania i oceny grubości osadu kamiennego w układach hydraulicznych, charakteryzujących się brakiem dostępu i wykluczających metody znane z literatury, w tym posiadających zewnętrzną izolację termiczną. Dodatkową korzyścią rozwiązania według wynalazku jest brak wykonywania dodatkowych czynności wynikających z konieczności wykonania pomiaru, jak np. pracochłonne skanowanie głowicą ultradźwiękową. Przyrząd i sposób według wynalazku pozwala na szybkie uzyskanie wyniku, ze względu na bardzo dużą efektywność przekazywania ciepła od cieczy przepływającej przez kanał do zainstalowanych kontaktowych czujników temperatury. Stosując przyrząd i sposób według wynalazku można wykryć i ocenić grubość osadu kamiennego w rurociągach o dowolnej średnicy i dowolnej grubości ścianki. Istotną zaletą urządzenia jest możliwość jego montażu w miejsce istniejących złączy, gdyż budowa proponowanego urządzenia oparta jest o budowę standardowych elementów stosowanych powszechnie w układach hydraulicznych. Korzyścią przy stosowaniu sposobu według wynalazku jest brak konieczności celowego wymuszenia cieplnego za pośrednictwem zmian temperatury przepływającej cieczy, gdyż rejestracja zmian temperatury jest dokonywana w sposób ciągły i tym samym wykorzystuje w swej zasadzie jedynie „naturalne” zmiany temperatury cieczy wynikające z okresowych wahań wartości tego parametru.

Przedmiot wynalazku został ujawniony na rysunku, na którym Fig. 1 ilustruje urządzenie do realizacji sposobu, Fig. 2 ilustruje komorę pierwszego czujnika temperatury (w sąsiedztwie wewnętrznego wybrania na pierścień), Fig. 3 ilustruje komorę drugiego czujnika temperatury, Fig. 4 ilustruje wewnętrzne wybranie z osadzonym pierścieniem, Fig. 5 ilustruje urządzenie do realizacji sposobu po utworzeniu się na wewnętrznej powierzchni warstwy osadu kamiennego. Oznaczenie t_0 odnosi się do zmierzonej wartości czasu początkowego, oznaczenie t_1 odnosi się do zmierzonej wartości czasu w pierwszym okresie eksploatacji, a oznaczenie t_n odnosi się do zmierzonej wartości czasu w n-tym okresie eksploatacji.

P r z y k ł a d. W układzie hydraulicznym, w którym przepływa woda, zamontowano urządzenie zawierające dwa czujniki temperatury (5a) i (5b) tego samego typu, korzystnie termopary typu J lub K, umieszczone wewnątrz komór (A) i (B). Końce pomiarowe (E) obu czujników temperatury (5a) i (5b) osadzono w nieprzelotowych otworach (7a) i (7b) o średnicy większej od średnicy czujników temperatury (5a) i (5b), tak aby powierzchnia boczna czujnika temperatury nie stykała się z powierzchnią otworu. Oba czujniki temperatury (5a) i (5b) usytuowano tak, aby ich końce pomiarowe (E) stykały się z najgłębszym punktem nieprzelotowych otworów (7a) i (7b), tj. jak najbliżej płynącej wewnątrz kanału cieczy, przy czym pomiędzy końcem pomiarowym (E) czujnika temperatury (5b) a końcem nieprzelotowego otworu (7b) włożono niepokazaną na rysunkach podkładkę z polibutyleny o grubości odpowiadającej grubości (g) pierścienia (10).

Sposób pomiaru polega na tym, że za pomocą zewnętrznej cyfrowej jednostki (2) dokonuje się rejestracji i zapisu dwóch mierzonych wartości temperatury (pochodzących z czujników temperatury 5a i 5b) w funkcji czasu poczynając od momentu rozpoczęcia eksploatacji układu hydraulicznego, w którym przepływa ciecz. W chwili, gdy zarejestrowano wzrost temperatury (w wyniku wzrostu temperatury płynącej cieczy o 5% w stosunku wartości wcześniej zmierzonej) za pomocą jednego z czujników temperatury (5a) rozpoczyna się pomiar wartości czasu t_0 , który trwa do chwili zarejestrowania wzrostu temperatury za pomocą drugiego czujnika temperatury (5b). W trakcie dalszej eksploatacji układu hydraulicznego dokonuje się pomiaru wartości czasu t_1 i na podstawie

wzrostu wartości parametru stanowiącego różnicę pomiędzy czasami t_0 a t_1 stwierdzono występowanie wewnętrznej warstwy osadu kamiennego. Kolejno, w wybranych okresach eksploatacji układu hydraulicznego dokonuje się analogicznych pomiarów wartości czasu i dla uzyskanej różnicy wartości czasów dokonuje się pośredniego pomiaru grubości warstwy osadu kamiennego na podstawie utworzonej wcześniej zależności wiążącej uzyskaną wartość czasu z grubością warstwy osadu kamiennego zmierzoną za pomocą znanej metody. W tym celu stosuje się metodę ultradźwiękową, gdzie dla wybranych wcześniej okresów eksploatacji układu hydraulicznego dokonuje się skanowania głowicą ultradźwiękową badanego fragmentu rury i na podstawie zmierzonego czasu przejścia fali ultradźwiękowej wyznacza się grubość osadu kamiennego. Końcowy wynik przy użyciu sposobu będącego przedmiotem wynalazku uzyskuje się w efekcie transformacji uzyskanej w danym pomiarze wartości czasu na wartość grubości osadu kamiennego za pomocą cyfrowej jednostki obliczeniowej lub utworzonego do tego celu nomogramu na podstawie wykonanego wcześniej eksperymentu.

Urządzenie do wykrywania wewnętrznego osadu kamiennego w układach hydraulicznych składa się z fragmentu rury (1) o długości 120 mm i dwóch komór (A) i (B) o przekroju okrągłym i średnicy 25 mm. Komory te osadzone są na zewnętrznej powierzchni ścianki rury. Wewnątrz komór umieszczono po jednym czujniku temperatury (5a) i (5b) tego samego typu w postaci termopary. Oba czujniki temperatury (5a) i (5b) posiadają stałe kołnierze (6a) i (6b), służące do przeniesienia sił pochodzących ze sprężyn (4a) i (4b) dociskających końce pomiarowe (E) termoelementów (5a) i (5b) do najgłębszego punktu nieprzelotowych otworów (7a) i (7b). Kołnierze osadzone są w odległości 20 mm od końca pomiarowego (E) termoelementów. Nieprzelotowe otwory wykonane są od strony zewnętrznej ścianki rury i mają głębokość odpowiadającą 80% grubości ścianki rury. Obie komory (A) i (B) posiadają gwint wewnętrzny służący do wkręcania pokryw (3a) i (3b), których dokręcenie powoduje jednocześnie naprężenie sprężyn (4a) i (4b). Oba termoelementy (5a) i (5b) pozycjonowane są centrycznie względem nieprzelotowych otworów (7a) i (7b) za pośrednictwem wkładek (8a) i (8b), wykonanych korzystnie z materiału izolacyjnego o niskiej wartości przewodności cieplnej tj. teflonu. Wkładki są umieszczone na wcisk w dolnej części komory. Urządzenie posiada wewnętrzne wybranie (9) w postaci rowka umieszczonego symetrycznie względem termoelementu (5a). W wybraniu osadzony jest pierścień (10), którego wewnętrzna średnica odpowiada wewnętrznej średnicy rury, jego grubość (g) wynosi 0,4 mm a szerokość (d) równa jest 10 mm. Pierścień (10) wytworzony jest z materiału uniemożliwiającego tworzenie się osadu kamiennego, korzystnie tworzywa sztucznego – polibutyleny. Oba czujniki temperatury (5a) i (5b) połączone są przewodami elektrycznymi z zewnętrzną cyfrową jednostką (2) służącą do rejestracji i gromadzenia danych pomiarowych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wykrywania wewnętrznego osadu kamiennego w układach hydraulicznych o określonej zmiennej wartości temperatury płynącej wewnątrz cieczy, **znamienny tym**, że dokonuje się jednoczesnego pomiaru zmian temperatury w funkcji czasu w co najmniej dwóch punktach pomiarowych zlokalizowanych w nieprzelotowych otworach (7a) i (7b) fragmentu ścianki rury (1), w której przepływa ciecz za pomocą dwóch czujników temperatury (5a) i (5b), przy czym mierzy się początkowy czas t_0 liczony od chwili wystąpienia zmiany temperatury zarejestrowanej jednym z czujników temperatury (5a) do chwili wystąpienia zmiany temperatury zarejestrowanej drugim z czujników temperatury (5b), i kolejno w trakcie eksploatacji układu hydraulicznego mierzy się czas t_1 liczony od chwili wystąpienia zmiany temperatury zarejestrowanej jednym z czujników temperatury (5a) do chwili wystąpienia zmiany temperatury zarejestrowanej drugim z czujników temperatury (5b), i porównuje się uzyskaną w danym pomiarze wartość czasu t_1 względem początkowej wartości czasu t_0 , przy czym wzrost wartości zmierzonego w danym pomiarze czasu po ustalonym okresie eksploatacji układu hydraulicznego świadczy o występowaniu warstwy osadu kamiennego, zlokalizowanego w obszarze drugiego czujnika temperatury (5b).
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że dokonuje się pośredniego pomiaru grubości warstwy osadu kamiennego na podstawie utworzonej wcześniej zależności wiążącej uzyskaną wartość czasu (t_0 ; t_1 ; ... t_n) z grubością warstwy osadu kamiennego zmierzoną za

- pomocą znanej metody, przy czym dokonuje się transformacji uzyskiwanej w danym pomiarze wartości czasu na wartość grubości osadu kamiennego.
3. Urządzenie do wykrywania wewnętrznego osadu kamiennego w układach hydraulicznych składające się z odcinka rury (1) zakończonego na obu końcach gwintem do mocowania z istniejącym układem hydraulicznym oraz czujników temperatury typu termopara, **znamiennie tym**, że składa się z dwóch komór (A) i (B) o przekroju okrągłym, usytuowanych na zewnątrz fragmentu rury (1), wewnątrz których osadzone są czujniki temperatury (5a) i (5b) zawierające stałe kołnierze (6a) i (6b), przy czym końce pomiarowe (E) czujników temperatury (5a) i (5b) osadzone są na dnach nieprzelotowych otworów (7a) i (7b) w ściance rury (1), a pomiędzy pokrywami (3a) i (3b) a kołnierzami (6a) i (6b) osadzone są sprężyny (4a) i (4b) dociskające czujniki temperatury (5a) i (5b) do den nieprzelotowych otworów (7a) i (7b), a w ściance fragmentu rury (1) wykonane jest wewnętrzne wybranie (9), w którym, umieszczony jest pierścień (10) o szerokości (d) i grubości (g), przy czym wybranie (9) zlokalizowane jest symetrycznie względem osi jednego z czujników temperatury.
 4. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że posiada wkładki (8a) i (8b) pozycjonujące czujniki temperatury (5a) i (5b) względem nieprzelotowych otworów (7a) i (7b), które to wkładki są umieszczone wewnątrz komór (A) i (B), pomiędzy ścianką rury (1) a kołnierzami (6a) i (6b).

Rysunki

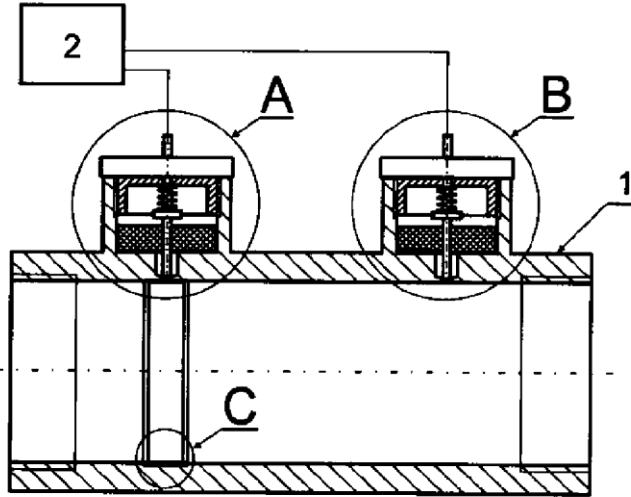


Fig. 1

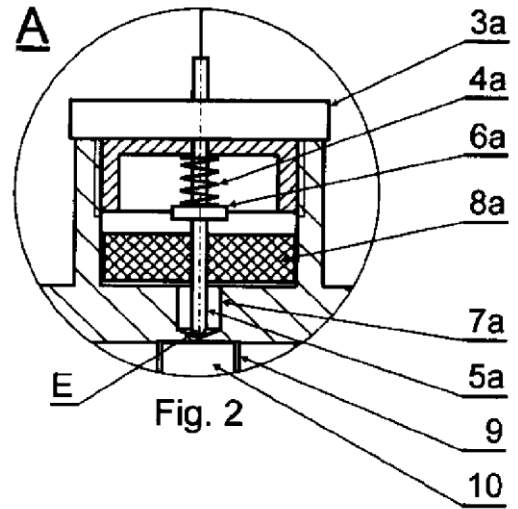


Fig. 2

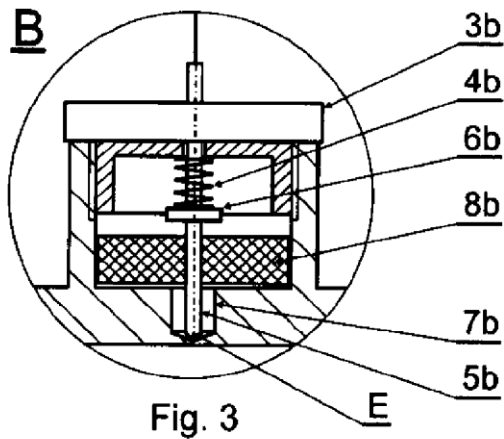


Fig. 3

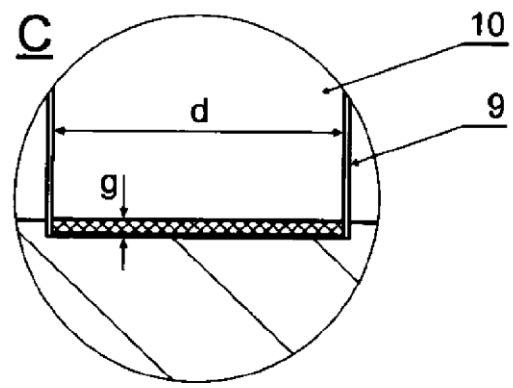


Fig. 4

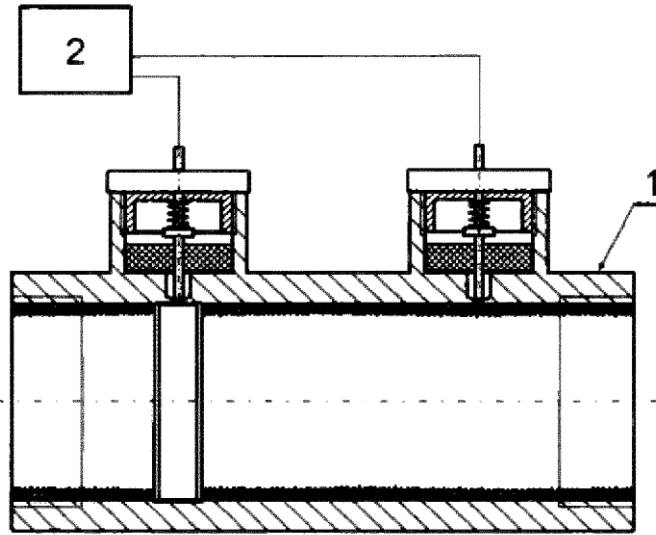


Fig. 5