

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 247002 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **439513**

(22) Data zgłoszenia: **2021.11.12**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.05.15 BUP 20/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.04.22 WUP 16/2025**

(51) MKP:

G01D 5/353 (2006.01)

G01F 1/661 (2022.01)

G01L 11/02 (2006.01)

G02B 6/00 (2006.01)

G01M 11/08 (2006.01)

E21B 47/10 (2012.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

MATEUSZ MĄDRY, Wrocław, PL

PRZEMYSŁAW MOCZKO, Wrocław, PL

BOGUSŁAW SZCZUPAK, Marcinkowice, PL

JĘDRZEJ WIĘCKOWSKI, Wrocław, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Piotr Otręba, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

Przewód do transportu cieczy

PL 247002 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przewód do transportu cieczy znajdujący zastosowanie na przykład w przemyśle chemicznym, petro-chemicznym, układach wodociągowych, kanalizacyjnych i tym podobnych.

Wykorzystywane obecnie metody analizy jakości przepływu cieczy wymagają umieszczenia w instalacji elementów pomiarowych, które do przewodów transportujących ciecz wyprowadza się poprzez ich ścianki. Powyższe powoduje potrzebę wyposażania przewodów transportowych cieczy w króćce, wzmocnienia oraz uszczelnienia, co komplikuje układ. Większość stosowanych rozwiązań pomiarowych wymaga stosowania kryz pomiarowych, rurek Pitota lub Prandtla czy zwężek, a to powoduje zaburzenia przepływu wewnątrz instalacji wywoływane umiejscowionymi w kanale przepływowym elementami pomiarowymi. Zaburzenia przepływu mogą objawiać się także nieplanowymi i niekorzystnymi zjawiskami w postaci turbulencji, czy kawitacji. Metodą nie wymagającą stosowania powyższych elementów pomiarowych do analizy jakości przepływu jest zastosowanie czujników wykorzystujących efekt Dopplera. Ich zaletą jest umiejscowienie na zewnątrz układu transportującego ciecz, dzięki czemu nie powodują one lokalnych zaburzeń przepływu. Wadą ich stosowania jest konieczność zawarcia w medium cząstek lub pęcherzyków gazu niezbędnych do pomiaru. Brak jest obecnie w technice pojedynczego czujnika umożliwiającego analizowanie jakości przepływu medium na długości pewnego odcinka bez potrzeby ingerencji w kanał przepływowy.

Znane są z amerykańskich dokumentów patentowych US6920395B2, US7430903B2 czy US20060010973 rozwiązania wykorzystujące czujniki światłowodowe do pomiaru parametrów przepływającej cieczy, które bazują na analizie zmian temperatury. Znane jest również z amerykańskiego dokumentu patentowego US9828849B2 rozwiązanie wykorzystujące czujniki światłowodowe do pomiaru parametrów przepływającej cieczy bazujące na analizie rozchodzenia się fali akustycznej wzbudzonej zewnętrznym impulsem.

Znany jest z amerykańskiego dokumentu patentowego US4409851A przepływomierz w postaci przepływowego korpusu, który wbudowywany jest w rurociąg i wewnątrz którego umiejscowiony jest dławiący przepływ element oscylacyjny w kształcie litery T.

Znany jest z amerykańskiego dokumentu patentowego US7315666A przewód do przesyłu cieczy, w którego masę wbudowane są, stanowiące czujnik parametrów przepływu cieczy, włókna światłowodowe. Powyższa konstrukcja pozwala na pomiar ciśnienia i innych danych fizycznych, takich jak temperatura, wydłużenie, skręcanie i zginanie w dowolnym punkcie wzdłuż rury nośnej za pomocą jednego lub większej liczby zwiniętych włókien optycznych osadzonych w ściance. Odkształcenie rury nośnej powoduje naprężenie w każdym włóknie optycznym. W rozwiązaniu źródło światła laserowego przesyła sekwencję impulsów świetlnych o wybranej długości fali z górnego końca każdego światłowodu do zwiniętego, zasadniczo jednolitego kanału prowadzącego światło, a zespół czujnika światła wykrywa wszelkie zmiany długości fali światła z różnych miejsc wzdłuż kanału światłowodowego. Zespół przetwarzający sygnał oblicza następnie odkształcenia na długości światłowodu oraz różnicę ciśnień pomiędzy wnętrzem i zewnątrz rury, w różnych miejscach na długości rury nośnej.

Celem rozwiązania według wynalazku jest umożliwienie badania przepływu parametrów cieczy bez potrzeby wprowadzania do kanału przepływowego przez ściankę instalacji przesyłowej elementów pomiarowych. Celem rozwiązania jest rozwinięcie konstrukcji ujawnionej w wyżej wymienionym amerykańskim dokumencie patentowym US7315666A.

Przewód do transportu cieczy mający postać profilu zamkniętego, we wnętrzu którego jest kanał przepływowy, przy czym w masę ścianki tworzącej profil zamknięty wbudowane jest co najmniej jedno włókno światłowodowe, biegnące po długości profilu zamkniętego, **według wynalazku charakteryzuje się tym**, iż we wnętrzu profilu zamkniętego umiejscowiony jest, deformujący pod wpływem przepływu ściankę profilu zamkniętego, element oporowy, który ma postać kształtki uformowanej na, stanowiącej pobocznice kanału przepływowego, wewnętrznej powierzchni profilu zamkniętego.

Element oporowy według rozwiązania według wynalazku zależy od prędkości przepływu medium deformuje się powodując rejestrowaną przez czujnik światłowodowy deformację ścianki przewodu do przesyłu cieczy.

Rozwiązanie według wynalazku wykorzystuje pomiar odkształceń przewodów instalacji przesyłowej powstałych w wyniku przepływu cieczy. Pomiar odkształceń opiera się na analizie zmian sygnału rozpraszanego występującego w światłowodzie. Do pomiaru sygnału rozpraszanego wykorzystywany

jest reflektometr optyczny. W wyniku powstałych odkształceń zmianie ulega sygnał optyczny propagujący się w światłowodzie. Parametry przepływu cieczy wyznaczone są na podstawie analizy odkształceń. Zaletą i szczególną cechą przedmiotowego rozwiązania jest możliwość pomiaru zmian parametrów przepływającej cieczy lokalnie lub na pewnej długości instalacji transportowej. Pozwala to dodatkowo na precyzyjną lokalizację miejsca powstawania ewentualnych zaburzeń przepływu w postaci na przykład uszkodzeń instalacji, czy niekorzystnego jej ukształtowania. Przedmiotowy sposób pomiaru umożliwia pomiar parametrów przepływowych poprzez wprowadzenie elementu oporowego zaburzającego przepływ wewnątrz kanału przepływowego, którego wymuszone przepływem odkształcenia będą dostarczać informacje na przykład o prędkości przepływu. W rozwiązaniu według wynalazku element oporowy nie wymaga wyprowadzenia sygnału na zewnątrz instalacji, z uwagi, iż stanowiące czujniki włókna światłowodowe będą rejestrować jego odkształcenia (drżania) poprzez ścianki instalacji. Element oporowy wprowadzony do wnętrza kanału przepływowego powoduje lokalne odkształcenie ścianki kanału, rejestrowane przez czujnik światłowodowy. Odkształcenie to będzie proporcjonalne do prędkości przepływu, więc pozwoli na określenie parametrów przepływowych. Element oporowy (deformujący), nie osłabia wytrzymałości rurociągu, ponieważ nie wymaga wykonywania otworów na zamocowanie dodatkowego czujnika, nie powoduje też istotnych strat przepływu. Rozwiązanie według wynalazku umożliwia pomiar parametrów przepływu cieczy na całej długości instalacji przepływowej lub w określonym jej punkcie. Pomiaru deformacji instalacji transportującej cieczy wyznacza się na podstawie analizy zjawiska rozpraszania Rayleigha lub Brillouina występujących w światłowodzie.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia w przekroju osiowym przewód do transportu cieczy z elementem oporowym w postaci płytki, fig. 2 w przekroju osiowym przewód do transportu cieczy z elementem oporowym w postaci bulwy, fig. 3 przewód z fig. 1 pod obciążeniem, a fig. 4 przewód z fig. 2 pod obciążeniem.

Przewód do transportu cieczy w przykładzie wykonania według wynalazku ma postać profilu zamkniętego 1, we wnętrzu którego jest kanał przepływowy, przy czym w masę ścianki tworzącej profil zamknięty 1 wbudowane jest co najmniej jedno, stanowiące czujnik parametrów przepływu cieczy, włókno światłowodowe 2, biegnące po długości profilu zamkniętego 1. We wnętrzu profilu zamkniętego 1 umiejscowiony jest, nieznacznie zmniejszający światło kanału przepływowego, element oporowy 3, deformujący pod wpływem przepływu ściankę profilu zamkniętego 1. Element oporowy 3 ma postać kształtki uformowanej na, stanowiącej pobocznice kanału przepływowego, wewnętrznej powierzchni profilu zamkniętego 1. Element oporowy 3 ma postać płytki, której powierzchnia w kanale przepływowym zwrócona jest prostopadle do osi tego kanału. Naciskany przepływem cieczy element oporowy 3 powoduje lokalne odkształcenie ścianki kanału przepływowego, które rejestrowane jest przez czujnik światłowodowy.

Przewód do transportu cieczy w przykładzie wykonania drugim według wynalazku różni się od przykładu wykonania pierwszego tym, iż element oporowy 3 ma postać bulwy.

W rozwiązaniu według wynalazku według powyższych przykładów wykonania w przewód do transportu cieczy może być wbudowane jedno lub wiele włókien światłowodowych 2 rozmieszczonych równolegle wzdłuż osi kanału przepływowego. Możliwe jest również wykorzystanie pojedynczego włókna światłowodowego 2 umieszczonego spiralnie po obwodzie przewodu do transportu cieczy. W przypadku zastosowania lokalnej wersji pomiaru parametrów przepływu możliwe jest umieszczenie włókna światłowodowego w pojedynczym przekroju kanału (na całym obwodzie lub na jego części). We wszystkich rozwiązaniach włókna światłowodowe 2 są zintegrowane z przewodem do transportu cieczy. Stanowiące czujnik parametrów przepływu włókno światłowodowe 2 może być zastosowane do dowolnego przewodu, w którym występuje przepływ cieczy. Liczba i rozmieszczenie włókien światłowodowych 2 umieszczonych wzdłuż przewodu do transportu cieczy jest uzależniona od jego geometrii i pożądanej precyzji pomiaru. Pomiar możliwy jest już dla pojedynczego włókna, wraz ze wzrostem liczby włókien zwiększa się ilość informacji o przepływie i tym samym precyzja pomiaru. Analogicznie, w przypadku pomiaru przy wykorzystaniu światłowodu rozmieszczonego spiralnie, zmniejszanie skoku linii śrubowej zwiększa precyzję pomiaru. Decydującym parametrem wpływającym na precyzję pomiaru jest gęstość siatki pomiarowej w ściance przewodu, która wynika z rozdzielczości pomiarowej światłowodu. W przypadku nawinięcia spiralnego możliwe jest uzyskiwanie większej gęstości siatki pomiarowej w kierunku wzdłużnym do osi przewodu. Natomiast w wersji rozłożenia wzdłużnego włókna czy włókien światłowodowych, możliwe jest uzyskanie większej gęstości siatki pomiarowej w kierunku obwodowym przewodu,

Przewody do transportu cieczy według wynalazku mogą być wytworzone z tworzywa sztucznego, elastomeru, na przykład żywicy epoksydowej i poliuretanowej, gumy, polietylenu FE, polipropylenu PP, kompozytu węglowego czy szklanego i innych materiałów,

Rozwiązanie może być zastosowane do każdego przewodu, o minimalnej grubości ścianki umożliwiającej zatopienie czujnika światłowodowego o wymiarach minimalnych 80 μm , który nie będzie wpływał na funkcjonalność, w tym na wytrzymałość przewodu. Lokalizacja włókna światłowodowego 2 w ściance przewodu i zależy od wymaganej funkcjonalności, i tak, włókno światłowodowe 2 może być zlokalizowane przy ściance wewnętrznej, ściance zewnętrznej lub w środku jej grubości.

Element oporowy 3 może być wykonany z materiału rodzimego przewodu rurociągu lub innego, który będzie wpływał na stan wyężenia ścianki tego przewodu lub poprzez ugięcie lub drgania wywołane przepływem. Może mieć postać płytki o dowolnym przekroju prostokątnym, lub okrągłym. Może mieć także posiadać deformacji ścianki – wypukłości (bulwy na wewnętrznej powierzchni poboczniczy przewodu).

W przewód co do zasady, może być wbudowana dowolna liczba włókien światłowodowych 2. Parametry geometrii rozmieszczenia czujników światłowodowych wynikają z ich minimalnej średnicy, wynoszącej 80 μm , która ogranicza gęstość ich rozmieszczenia w ściance przewodu 1 umożliwiającej ich zatopienie w sposób, który nie będzie wpływał na funkcjonalność, wytrzymałość przewodu.

Zastrzeżenie patentowe

1. Przewód do transportu cieczy mający postać profilu zamkniętego, we wnętrzu którego jest kanał przepływowy, przy czym w masę ścianki tworzącej profil zamknięty wbudowane jest co najmniej jedno włókno światłowodowe, biegnące po długości profilu zamkniętego, **znamienny tym**, że we wnętrzu profilu zamkniętego (1) umiejscowiony jest. deformujący pod wpływem przepływu ściankę profilu zamkniętego (1), element, oporowy (3), .który ma postać kształtki uformowanej na, stanowiącej pobocznice kanału przepływowego, wewnętrznej powierzchni profilu zamkniętego (1).

Rysunki

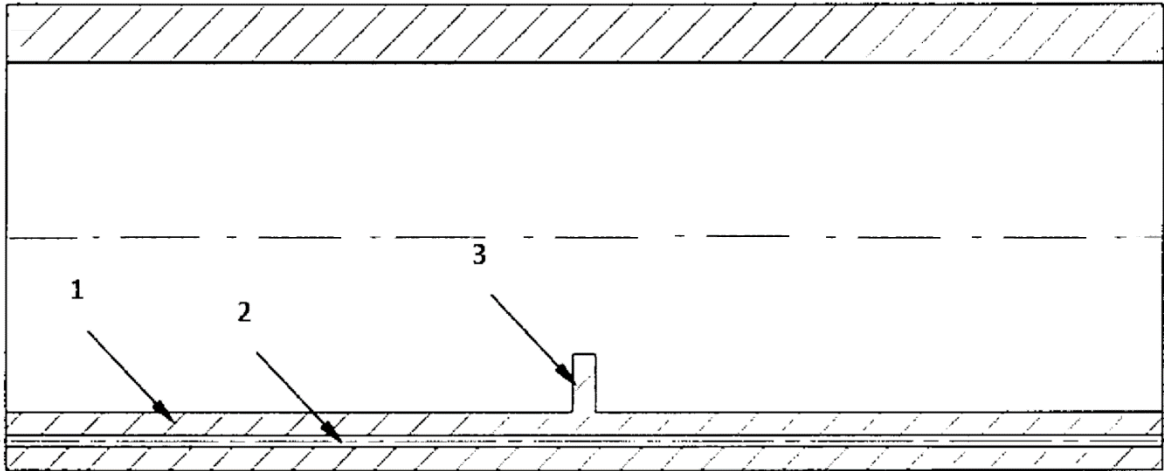


Fig. 1

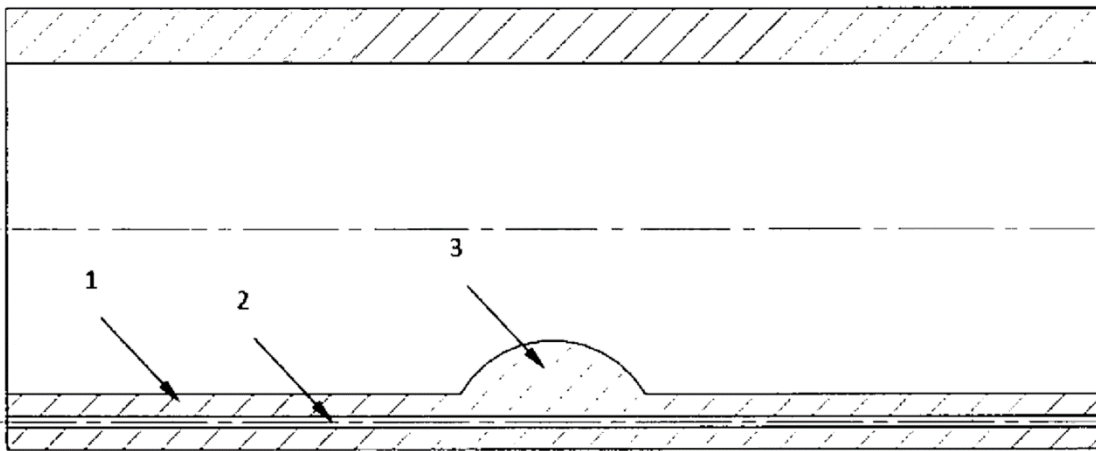


Fig. 2

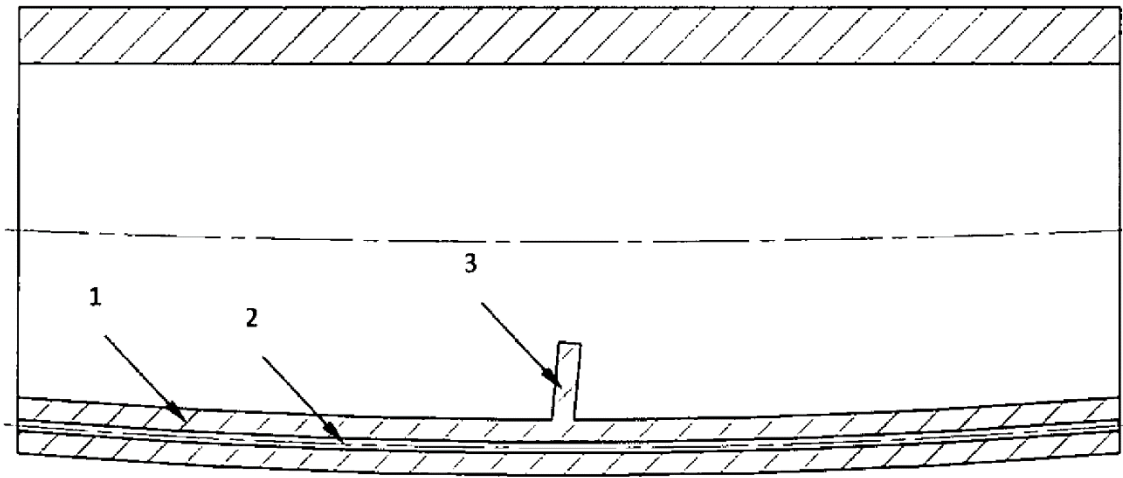


Fig. 3

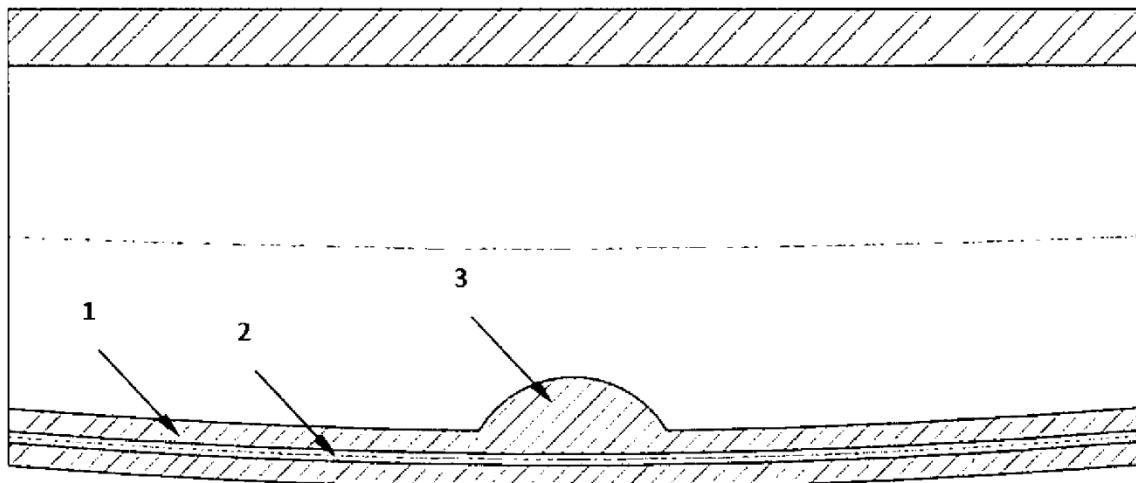


Fig. 4