

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 248456 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **447577**

(22) Data zgłoszenia: **2024.01.22**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2025.07.28 BUP 30/2025**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.12.15 WUP 50/2025**

(51) MKP:

F28F 13/02 (2006.01)

F28F 13/08 (2006.01)

F28D 7/10 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

JANUSZ DZIAK, Wrocław, PL

MICHAŁ JÓZEFIAK, Dzierżonów, PL

WOJCIECH LUDWIG, Jabłów, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Piotr Otręba, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

Turbulizator strumienicowy do wymienników ciepła

PL 248456 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest mechaniczny turbulizator strumienicowy, który wykorzystuje zjawisko Venturiego do zwiększenia szybkości wymiany ciepła wewnątrz wymiennika ciepła, i który przeznaczony jest do stosowania w rurowych i rurowo-płaszczowych wymiennikach ciepła. Przedmiotem wynalazku jest także konstrukcja w postaci sekwencji turbulizatorów strumienicowych, umiejscowiona w rurach wymiennika ciepła, zwiększająca szybkość wymiany ciepła.

Wymienniki ciepła są urządzeniami stosowanymi do podgrzewania, chłodzenia i przemiany fazowej płynu. Spośród wielu konstrukcji wymienników ciepła powszechnie znane i stosowane są wymienniki ciepła, które składają się rury umieszczonej w drugiej rurze (wymiennik ciepła rura w rurze) lub wiązki rur umieszczonych w płaszczu, wykonanym z blachy (wymiennik płaszczowo-rurowy). Warunki wymiany ciepła uzyskiwane w trakcie pracy wymiennika zależą od właściwości fizycznych (lepkość, gęstość, ciepło właściwe, przewodnictwo cieplne) i dynamiki przepływu płynów, pomiędzy którymi zachodzi wymiana ciepła. Dla przypadku przepływu uwarstwionego płynu w całym przekroju płynu lub jego części (co jest charakterystyczne dla cieczy, posiadających zdecydowanie większe lepkości niż gaz) warunki wymiany ciepła pomiędzy ścianką wymiennika ciepła i płynem nie są korzystne. Szybkość wymiany energii na skutek różnicy temperatur pomiędzy ścianą i płynem jest mała. Skutkuje to dużą powierzchnią wymiany ciepła i dużymi gabarytami wymiennika, projektowanego dla konkretnego zastosowania, gdy ilość wymienianego ciepła jest ustalona wymaganiami technologicznymi procesu. Zwiększenie szybkości wymiany ciepła można uzyskać umieszczając wewnątrz rur wymiennika ciepła dodatkowy element – turbulizator (zwany też mieszadłem statycznym) zmieniający warunki hydrodynamiczne wewnątrz wymiennika i intensyfikujący w ten sposób wymianę ciepła. Istnieje szereg rozwiązań turbulizatorów umieszczanych w rurach wymiennika, stosowanych dla intensyfikacji wymiany ciepła. Do najpopularniejszych należą: skręcone listwy, kule o różnych średnicach, blachy profilowane, spirale druciane, siatki druciane. I tak, pofalowane i poskręcane listwy ujawniono w dokumentach patentowych o numerach US5209289A, JPH08114392A, JPS5298254A, FR2269699A1 i WO2021006769A1. Listwy o wygięciach w kształcie łopatek ujawniono zostały w dokumentach patentowych GB899785A, FR2512940A1, US4899812A. Turbulizator sprężynowy ujawniono w dokumentach patentowych CA2763914A1 i WO2020132237A1, kulowy w JPS6166094A, a stożkowy w WO2012161949A1. Turbulizatory o konstrukcji opartej o drucianą siatkę ujawniono w dokumencie patentowym CA2181504A1, turbulizatory w kształcie dysz z łopatkami skrętnymi opisano w dokumencie patentowym US10288365B2, zaś modyfikacje powierzchni rur wymiennika o promotory turbulencji ujawniono w dokumencie patentowym CN217979938U i US5361828A. Wykorzystanie strumienic jako elementów obiegu instalacji współpracujących z wymiennikami ciepła ujawniono w japońskim zgłoszeniu wynalazku JP2018100789A, a do zwiększenia wymiany ciepła poprzez pompowanie otaczającego płynu i opłukiwanie nim zewnętrznej powierzchni zanurzonej zwojnicy w dokumencie NO20130852A.

W dotychczasowej praktyce zastosowań rurowych wymienników ciepła dąży się do minimalizowania powierzchni aparatu, co obniża koszty jego wytworzenia. Wielkość wymiennika ciepła zależy od zadanej ilości wymienianego ciepła i szybkości wymiany ciepła. O ile wartość ilości wymienianego ciepła jest zadana i wynika z wymogów procesu technologicznego, to na warunki wymiany ciepła można wpływać przez zmianę dynamiki przepływu płynu w aparacie.

Celem wynalazku jest nowe rozwiązanie, które pozwoli na zwiększenie szybkości wymiany ciepła wewnątrz wymiennika ciepła.

Turbulizator strumienicowy, **według wynalazku charakteryzuje się tym**, iż utworzony jest ze stożkowej dyszy oraz umiejscowionego w odstępie za stożkową dyszą stożkowego dyfuzora o średnicy wlotowej większej, niż średnica wylotowa stożkowej dyszy.

Korzystnie, stożkowa dysza ze stożkowym dyfuzorem połączone są, obwodowo rozmieszczonymi, ramionami ustalającymi odstęp pomiędzy nimi.

Korzystnie, na powierzchni zewnętrznej stożkowej dyszy i na powierzchni zewnętrznej stożkowego dyfuzora obwodowo umiejscowione są podpory dystansowe, które korzystnie umiejscowione są na wlocie do stożkowej dyszy i na wylocie stożkowego dyfuzora, to jest w miejscach, w których elementy te mają największą średnicę.

Wymiennik ciepła, zawierający rurę wewnętrzną, której powierzchnia jest powierzchnią wymiany ciepła, **według wynalazku charakteryzuje się tym**, iż we wnętrzu rury wewnętrznej, w odstępach od siebie, umiejscowione są turbulizatory strumienicowe, z których każdy utworzony jest ze stożkowej dyszy oraz umiejscowionego w odstępie za stożkową dyszą stożkowego dyfuzora o średnicy wlotowej

większej, niż średnica wylotowa stożkowej dyszy, przy czym średnica wlotowa stożkowej dyszy oraz średnica wylotowa stożkowego dyfuzora są mniejsze od wewnętrznej średnicy rury wewnętrznej, której powierzchnia stanowi powierzchnię wymiany ciepła.

Korzystnie, stożkowa dysza ze stożkowym dyfuzorem każdego turbulizatora strumienicowego połączone są, obwodowo rozmieszczonymi, ramionami ustalającymi odstęp pomiędzy nimi, turbulizatory strumienicowe połączone są prętami ustalającymi ich wzajemne względem siebie pozycje, a na powierzchni zewnętrznej stożkowej dyszy i na powierzchni zewnętrznej stożkowego dyfuzora obwodowo umiejscowione są podpory dystansowe, które korzystnie umiejscowione są na wlocie do stożkowej dyszy i na wylocie stożkowego dyfuzora i które ustalają współosiowe osadzenie turbulizatorów strumienicowych względem wewnętrznej powierzchni rury wewnętrznej, stanowiącej powierzchnię wymiany ciepła.

Turbulizator według wynalazku umieszczony wewnątrz rury wymiennika ciepła powoduje mieszanie fragmentów płynu poruszającego się w środkowej części wymiennika z fragmentami umieszczonymi w warstwie przyściennej. Taki sposób działania pozwala uzyskać istotną poprawę warunków wymiany ciepła w wymienniku. Wykorzystuje się tu efekt Venturiego, to jest obniżanie ciśnienia w płynie w obszarze jego dużej prędkości i zasysanie do tego obszaru części płynu o mniejszej prędkości i większym ciśnieniu. Powoduje to mieszanie płynu w przekroju poprzecznym rury i intensyfikuje wymianę ciepła pomiędzy ścianą aparatu i płynem. W rozwiązaniu według wynalazku średnicę turbulizatora w stosunku do średnicy rury wymiennika ciepła oraz odległość pomiędzy dyszą i dyfuzorem dobiera się tak, aby zapewnić intensywne mieszanie fragmentów płynu wypływającego z dyszy i zasysanego z przestrzeni przyściennej wymiennika ciepła. Dyfuzor wraz z częścią wlotową stanowi komorę mieszania części płynu o różnej temperaturze. Zastosowanie dyfuzora zmniejsza straty ciśnienia płynu w wyniku przepływu przez turbulizator. Strefa oddziaływania turbulizatora wewnątrz rury wymiennika ciepła jest ograniczona i zależy od lepkości i gęstości płynu, w związku z czym, w zależności od rodzaju płynu i jego prędkości, wewnątrz rury turbulizatory umieszcza się w ustalonych odstępach tak, aby strefy oddziaływania poszczególnych turbulizatorów występowały cyklicznie jedna po drugiej. Zapewnia to najkorzystniejsze warunki wymiany ciepła pomiędzy ścianą wymiennika i płynem. Wytworzone w turbulizatorze podciśnienie powoduje zasysanie płynu ze strefy przyściennej do osi rurociągu. Zasysanie cieczy ze strefy przyściennej powoduje wzrost prędkości płynu w przestrzeni pierścieniowej, pomiędzy ścianą turbulizatora i ścianą wymiennika ciepła. Wzrost prędkości płynu przy ścianie wymiennika ciepła, w wyniku działania sił ścinających, zmniejsza grubość warstwy płynu przylegającej do ściany i stanowiącej główny opór dla ruchu ciepła pomiędzy ścianą i płynem. Sprawne wymieszanie płynu wewnątrz turbulizatora zwiększa siłę napędową wymiany ciepła, to jest różnicę temperatury wewnątrz płynu. Umieszczenie określonej liczby turbulizatorów w ustalonych odstępach, jeden za drugim, pozwala kontrolować warunki wymiany ciepła wzdłuż całej długości wymiennika ciepła. W rozwiązaniu według wynalazku części płynu znajdujące się przy ścianie wymiennika ciepła, o temperaturze zbliżonej do temperatury ścianki, zasysane są do części centralnej rury wymiennika i mieszane z fragmentami chłodniejszymi płynu. Ciecz w przestrzeni pierścieniowej pomiędzy dyszą i ścianą wymiennika porusza się ze stosunkowo dużą prędkością. Dzięki temu zmniejsza się grubość warstwy przyściennej płynu, stanowiącej główny opór dla ruchu ciepła. Fragmenty cieczy o różnej temperaturze mieszane są w dyfuzorze, uśredniając temperaturę w przekroju poprzecznym płynu i zwiększając siłę napędową dla wymiany ciepła – różnicę temperatur pomiędzy ścianą i płynem.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia turbulizator strumienicowy w widoku aksonometrycznym, fig. 2 turbulizator strumienicowy w przekroju, a fig. 3 wymiennik ciepła częściowo w przekroju, w widoku aksonometrycznym.

Turbulizator strumienicowy, w przykładzie wykonania według wynalazku utworzony jest ze stożkowej dyszy 1 oraz umiejscowionego w odstępie za stożkową dyszą 1 stożkowego dyfuzora 2 o średnicy wlotowej większej, niż średnica wylotowa stożkowej dyszy 1. Stożkowa dysza 1 ze stożkowym dyfuzorem 2 połączone są obwodowo rozmieszczonymi ramionami 3 ustalającymi odstęp pomiędzy nimi. Na powierzchni zewnętrznej stożkowej dyszy 1 i na powierzchni zewnętrznej stożkowego dyfuzora 2 obwodowo umiejscowione są podpory dystansowe 4, które umiejscowione są na wlocie do stożkowej dyszy 1 i na wylocie stożkowego dyfuzora 2, to jest w miejscach, w których elementy te mają największą średnicę. Turbulizator strumienicowy może być stosowany we wszelakiego rodzaju wymiennikach ciepła, w których wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła ma postać rury czy rur.

Wymiennik ciepła, w przykładzie wykonania według wynalazku stanowi wymiennik typu rura wewnętrzna RW w rurze zewnętrznej RZ. Rura zewnętrzna RZ przy końcach ma króćce przyłączeniowe.

We wnętrzu rury wewnętrznej RW, w odstępach od siebie, umiejscowione są trzy turbulizatory strumienicowe TS, z których każdy utworzony jest ze stożkowej dyszy 1 oraz umiejscowionego w odstępie za stożkową dyszą 1 stożkowego dyfuzora 2 o średnicy wlotowej większej, niż średnica wylotowa stożkowej dyszy 1, przy czym średnica wlotowa stożkowej dyszy 1 oraz średnica wylotowa stożkowego dyfuzora 2 są mniejsze od wewnętrznej średnicy rury wewnętrznej RW o ustalonej powierzchni wymiany ciepła. Stożkowa dysza 1 ze stożkowym dyfuzorem 2 każdego turbulizatora strumienicowego TS połączone są obwodowo rozmieszczonymi ramionami 3, ustalającymi odstęp pomiędzy nimi. Turbulizatory strumienicowe TS połączone są prętami 5, ustalającymi ich wzajemne względem siebie pozycje. Na powierzchni zewnętrznej stożkowej dyszy 1 i na powierzchni zewnętrznej stożkowego dyfuzora 2 obwodowo umiejscowione są podpory dystansowe 4, które umiejscowione są na wlocie do stożkowej dyszy 1 i na wylocie stożkowego dyfuzora 2 i które ustalają współosiowe osadzenie turbulizatorów strumienicowych TS względem wewnętrznej powierzchni wymiany ciepła rury wewnętrznej RW. Podpory dystansowe 4 ustalają wielkości pierścieniowej szczeliny dla przepływu medium pomiędzy ścianą wymiennika ciepła a turbulizatorem strumienicowym TS.

Całkowita średnica d_6 turbulizatora strumienicowego TS wraz z podporami dystansowymi 4 zbliżona jest do średnicy rury wewnętrznej RW wymiennika ciepła. Średnica wlotu d_1 stożkowej dyszy 1 stanowi $0,6 \div 0,95$ średnicy d_6 , turbulizatora strumienicowego TS natomiast średnica wylotu d_2 stożkowej dyszy stanowi $0,3 \div 0,67$ wartości średnicy d_6 , turbulizatora strumienicowego TS. Stożkowa dysza zwęża się pod kątem α_1 z zakresu $8 \div 16^\circ$. Stożkowy dyfuzor 2 posiada średnicę wlotu d_3 równą $0,35 \div 0,84$ wartości średnicy d_6 , turbulizatora strumienicowego TS, przy czym $d_1 > d_3 > d_2$. Początkowy odcinek stożkowego dyfuzora zwęża się pod kątem α_2 z zakresu $8 \div 16^\circ$, aż do przewężenia o średnicy d_4 równego $0,3 \div 0,75$ wartości średnicy d_6 , turbulizatora strumienicowego TS, za którą następuje rozszerzenie stożkowego dyfuzora 2 pod kątem α_3 z zakresu $2 \div 8^\circ$ aż do wylotu stożkowego dyfuzora o średnicy d_5 , stanowiącej $0,7 \div 0,95$ wartości średnicy d_6 , turbulizatora strumienicowego TS. Odległość s pomiędzy płaszczyzną wylotową stożkowej dyszy 1 i płaszczyzną wlotową stożkowego dyfuzora 2 stanowi $(0, 0,5)$ wartości średnicy d_6 , turbulizatora strumienicowego TS. Odległości pomiędzy poszczególnymi turbulizatorami strumienicowymi TS w module (to jest od wylotu dyfuzora 2 turbulizatora strumienicowego TS do wlotu dyszy 1 kolejnego turbulizatora strumienicowego TS) są sobie równe i stanowią $5 \div 100$ -krotność średnicy d_6 .

Spis oznaczeń:

- 1 – stożkowa dysza;
- 2 – stożkowy dyfuzor;
- 3 – ramiona;
- 4 – podpory dystansowe;
- 5 – pręty;
- TS – turbulizator strumienicowy;
- RW – rura wewnętrzna;
- RZ – rura zewnętrzna.

Zastrzeżenia patentowe

1. Turbulizator strumienicowy, **znamienny tym**, że utworzony jest ze stożkowej dyszy (1) oraz umiejscowionego w odstępie za stożkową dyszą (1) stożkowego dyfuzora (2) o średnicy wlotowej większej, niż średnica wylotowa stożkowej dyszy (1).
2. Turbulizator według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stożkowa dysza (1) ze stożkowym dyfuzorem (2) połączone są, obwodowo rozmieszczonymi, ramionami (3) ustalającymi odstęp pomiędzy nimi.
3. Turbulizator według zastrz. 1, **znamienny tym**, że na powierzchni zewnętrznej stożkowej dyszy (1) i na powierzchni zewnętrznej stożkowego dyfuzora (2) obwodowo umiejscowione są podpory dystansowe (4), które korzystnie umiejscowione są na wlocie do stożkowej dyszy (1) i na wylocie stożkowego dyfuzora (2).
4. Wymiennik ciepła, zawierający rurę wewnętrzną, której powierzchnia jest powierzchnią wymiany ciepła, **znamienny tym**, że we wnętrzu wewnętrznej rury (RW), w odstępach od siebie,

- umiejscowione są turbulizatory strumienicowe (TS), z których każdy utworzony jest ze stożkowej dyszy (1) oraz umiejscowionego w odstępie za stożkową dyszą (1) stożkowego dyfuzora (2) o średnicy wlotowej większej, niż średnica wylotowa stożkowej dyszy (1), przy czym średnica wlotowa stożkowej dyszy (1) oraz średnica wylotowa stożkowego dyfuzora (2) są mniejsze od wewnętrznej średnicy rury wewnętrznej (RW).
5. Wymiennik ciepła według zastrz. 4, **znamienny tym**, że stożkowa dysza (1) ze stożkowym dyfuzorem (2) każdego turbulizatora strumienicowego (TS) połączone są obwodowo rozmieszczonymi ramionami (3) ustalającymi odstęp pomiędzy nimi, turbulizatory strumienicowe (TS) połączone są prętami (5) ustalającymi ich wzajemne względem siebie pozycje, a na powierzchni zewnętrznej stożkowej dyszy (1) i na powierzchni zewnętrznej stożkowego dyfuzora (2) obwodowo umiejscowione są podpory dystansowe (4), które korzystnie umiejscowione są na wlocie do stożkowej dyszy (1) i na wylocie stożkowego dyfuzora (2) i które ustalają współosiowe osadzenie turbulizatorów strumienicowych (TS) względem wewnętrznej powierzchni wymiany ciepła w postaci rury (RW).

Rysunki

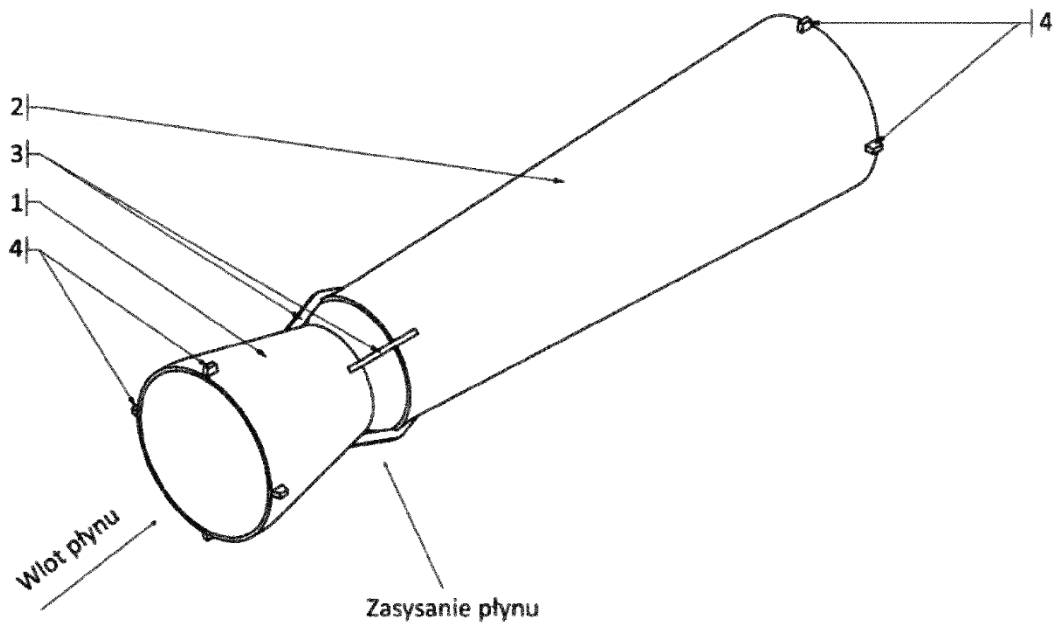


Fig. 1

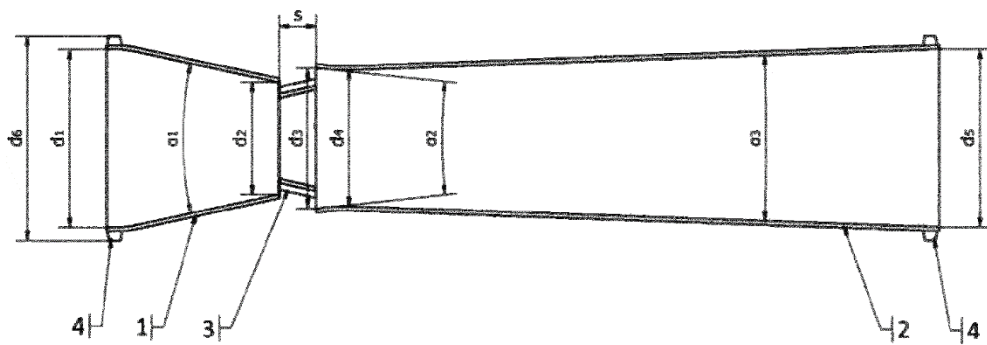


Fig. 2

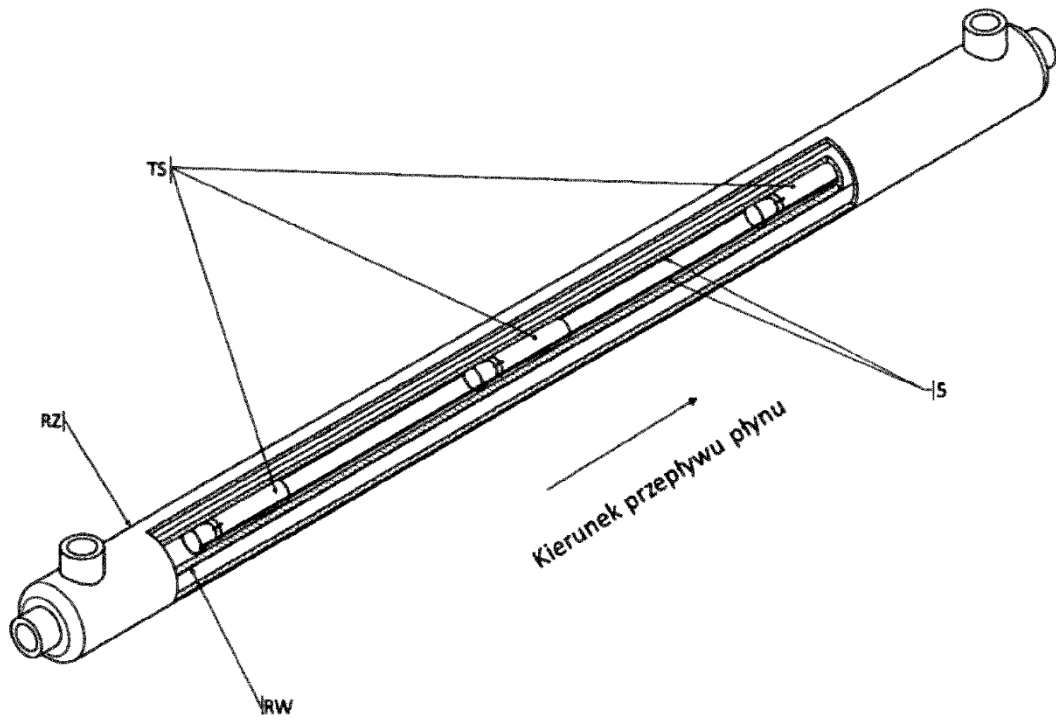


Fig. 3