

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **240420**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **432523**

(22) Data zgłoszenia: **08.01.2020**

(51) Int.Cl.

B01F 3/08 (2006.01)

B01F 7/00 (2006.01)

(54)

Głowica kawitacyjna

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

12.07.2021 BUP 15/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.03.2022 WUP 13/22

(73) Uprawniony z patentu:

**SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO W WARSZAWIE, Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**KRZYSZTOF WIŚNIEWSKI, Warszawa, PL
MAREK DOHOJDA, Warszawa, PL
ALEKSANDER SZEPCZYŃSKI, Warszawa, PL
ZBIGNIEW WAWER, Kobyłka, PL
JAN PIWNIK, Białystok, PL**

(74) Pełnomocnik:

recz. pat. Maciej Priebe

PL 240420 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest głowica kawitacyjna przeznaczona do mieszania trudno mieszających się mediów z wykorzystaniem zjawiska kawitacji.

Kawitacja jest zjawiskiem fizycznym polegającym na gwałtownej przemianie fazowej z fazy ciekłej w fazę gazową pod wpływem zmniejszenia ciśnienia. Wiadomo, że kawitacja i związane z nią efekty mogą być wykorzystywane do mieszania składników płynącego przepływu masy. Przykładowo można mieszać ze sobą dwie różne ciecz lub ciecz i ciało stałe (cząstki) lub ciecz i gaz. Mieszanie, emulgowanie i rozpraszanie z wykorzystaniem zjawiska kawitacji opiera się na działaniu dużej liczby sił pochodzących od zapadających się pęcherzyków kawitacyjnych na mieszaninę składników, które mają być poddane obróbce. Implozji pęcherzyków kawitacyjnych w pobliżu granicy między dwoma obszarami fazy stałej i ciekłej towarzyszy rozproszenie fazy stałej (cząstek) w fazie ciekłej (ciecz) i utworzenie zawiesiny. Podobnie implozji pęcherzyków kawitacyjnych w pobliżu granicy między dwiema różnymi fazami ciekłymi towarzyszy rozbijanie jednej cieczy w drugiej i tworzenie emulsji. W obu przypadkach powierzchnia międzyfazowa pomiędzy ciągłymi fazami ulega zniszczeniu, tj. eroduje, i tworzy się ośrodek dyspersyjny i faza rozproszona.

Zjawisko kawitacji zostało wykorzystane w pompach kawitacyjnych o różnej konstrukcji. Wśród nich są pompy z obrotowym wirnikiem, wokół którego wykonane są zagłębienia. Na dnie zagłębień w czasie obrotu wirnika powstają na skutek zjawiska kawitacji pęcherzyki pary tłoczzonej cieczy. Ten rodzaj pompy służy m.in. do mieszania dwóch trudno łączących się cieczy (wytworzenie emulsji). Urządzenie tego rodzaju jest przedstawione przykładowo w opisie patentowym US5188090. Zgodnie z tym opisem urządzenie posiada cylindryczny wirnik, który ma nierówności powierzchni. Wirnik porusza się na wale napędzanym przez zewnętrzne środki zasilające. Płyn wtryskiwany do urządzenia jest poddawany względnemu ruchowi między wirnikiem a obudową urządzenia i opuszcza urządzenie pod zwiększonym ciśnieniem i/lub temperaturą.

W opisie patentowym US4127332 ujawniono sposób i urządzenie do homogenizacji strumienia wieloskładnikowego obejmującego ciecz i zasadniczo nierozpuszczalny składnik, którym może być ciecz lub subtelnie rozdrobnione ciało stałe. Proces homogenizacji przeprowadza się przez przepuszczenie wieloskładnikowego strumienia płynu przez turbulentną warstwę ścinającą zaprojektowaną tak, aby turbulentne wiry generowały zjawisko kawitacji. Gwałtowne zapadanie się pęcherzyków wytwarza intensywne impulsy ciśnienia, które powodują dokładne wymieszanie cieczy i zasadniczo nierozpuszczalnego składnika, tak że uzyskana emulsja jest bardzo trwała i charakteryzuje się bardzo wysokim współczynnikiem emulgowania. Gdy nierozpuszczalny składnik jest rozdrobnionym ciałem stałym, zapadanie się pęcherzyków kawitacyjnych dodatkowo dzieli te cząstki tak, że uzyskuje się zawiesinę koloidalną. Urządzenie do homogenizacji ma umieszczony poprzecznie względem przepływu odpowiedni zespół płytki kryzowej z otworem, przez który strumień przepływa z dużą prędkością. W celu poprawienia efektywności działania urządzenia do homogenizacji, ciecz i składnik nierozpuszczalny mogą być wstępnie zmieszane w mieszalniku spiralnym umieszczonym przed aparatem do homogenizacji.

W opisie patentu US3744762 ujawniono urządzenie zawierające pierścieniową szczelinę z promieniowo rozmieszczonymi rowkami, przez które przepływa strumień płynu, tworząc wiele stref kawitacji.

W opisie patentu US7207712 przedstawiono urządzenie do tworzenia kawitacji hydrodynamicznej w płynie, zawierające dwuczęściową komorę przepływową i wiele przegród w drugiej części komory przepływowej, przy czym jedna lub więcej spośród wielu przegród jest skonfigurowanych do selektywnego przemieszczania się do pierwszej części komory przepływowej w celu wygenerowania hydrodynamicznego pola kawitacyjnego.

W opisie patentu US6502979 przedstawiono urządzenie obejmujące komorę przepływową z wymiennymi przegrodami. Przegrody te mają różne kształty, co pozwala na skonfigurowanie różnych kształtów przestrzeni wewnętrznej komory. Odmienne skonfigurowanie przestrzeni ma wpływ na stopień i charakter kawitacji generowanej poniżej każdej przegrody i umożliwia sterowanie tym procesem. Przykładowo, wymienna przegroda może mieć kształt stożka.

Istnieje stała potrzeba doskonalenia urządzeń do mieszania trudno mieszających się mediów.

Głowica kawitacyjna według wynalazku posiada cylindryczną, dwuczęściową komorę roboczą podzieloną poprzeczną przegrodą ze szczelinami. W pierwszej części komory roboczej znajduje się element w postaci obrotowego stożka z podstawą połączoną z przegrodą poprzeczną oddzielającą dwie części komory roboczej. Szczeliny w przegrodzie poprzecznej są umieszczone wokół podstawy

elementu stożkowego. Powyżej elementu stożkowego znajduje się co najmniej jeden otwór wlotowy do komory roboczej ukształtowany w formie dyszy. Druga część komory roboczej jest wyznaczona przez co najmniej jeden element pierścieniowy z otworami, przy czym otwory te są usytuowane pod kątem od 40° do 50° w stosunku do osi pierścienia.

Korzystnie w komorze roboczej znajdują się dwa otwory wlotowe ukształtowane w formie dyszy Laval'a. Alternatywnie dysza Laval'a może być zastąpiona kanałem typu zwężkowego składającym się ze stożkowego wlotu o okrągłym profilu, cylindrycznej gardzieli i stożkowym wylocie.

Korzystnie szczeliny w przegrodzie poprzecznej posiadają wymiary: szerokość 2–3 mm i długość 5–10 mm.

Korzystnie głowica zawiera od trzech do pięciu elementów pierścieniowych.

Korzystnie otwory w elementach pierścieniowych mają przekrój koła lub przekrój owalny. Korzystnie otwory w elemencie pierścieniowym mają średnicę od 0,5 do 6 mm. Korzystnie otwory te mają średnicę od 0,5 do 2 mm. W innej korzystnej opcji otwory mają średnicę od 3 do 6 mm. Możliwe jest, że w jednym elemencie pierścieniowym znajdują się otwory o różnych średnicach. Korzystnie w jednym elemencie pierścieniowym znajdują się otwory o różnych średnicach rozmieszczone przemiennie. Korzystnie w każdym elemencie pierścieniowym znajduje się od pięciu do dwunastu otworów.

Powierzchnia stożka może być gładka lub fakturowana.

Głowica kawitacyjna według wynalazku posiada budowę modułową. W zależności od założonej wydajności można zastosować elementy pierścieniowe o różnej średnicy. Wysokość strefy, w której występuje intensywne zjawisko kawitacji koreluje ze średnicą pierścieni głowicy, zgodnie z zależnością $H=1,5 \times D$.

Otwory w elementach pierścieniowych są otworami wylotowymi kanałów, którymi dostarcza się media do głowicy kawitacyjnej. Średnicę otworów w elementach pierścieniowych dobiera się w zależności od dostarczanego medium. Otwory kanałów dostarczające ciecz o różnej lepkości korzystnie posiadają otwory o średnicy od 3 do 6 mm, natomiast otwory kanałów, którymi dostarczane są nanocząsteczki trudno mieszalne korzystnie mają średnicę od 0,5 do 2 mm.

W przypadku, gdy powierzchnia stożka jest fakturowana, korzystnie jest to wzór skóry rekina.

Zasada działania głowicy opiera się na zjawisku kawitacji. Ciecz wprowadzana jest do komory roboczej pod ciśnieniem przez specjalnie ukształtowane dysze. Stożek prowadzący jest rozmieszczony współosiowo wzdłuż ścieżki przepływu cieczy tak, że ciecz podąża za zwróconymi wewnętrznymi i zewnętrznymi ścianami komory roboczej. Ciecz przepływa pod ciśnieniem 10–20 barów przez szczeliny znajdujące się wokół stożka głowicy do drugiej części komory roboczej. Wielkość szczelin w przegrodzie poprzecznej komory roboczej ustala się w zależności od średnicy komory roboczej, tak aby zapewnić kawitację przepływającej cieczy.

W drugiej części komory roboczej utworzonej przez element lub elementy pierścieniowe dostarcza się składniki podlegające mieszaniu tzn. przez większe otwory wykonane w pierścieniu wprowadza się dodatkową porcję cieczy, a przez mniejsze otwory cząsteczki stałe trudno mieszalne. Otwory w elementach pierścieniowych, usytuowane pod zdefiniowanym kątem w stosunku do osi pierścienia, nadają mieszaninie płynowej spiralny ruch, wzmacniając kawitację płynu przemieszczającego się przez szczeliny z pierwszej części komory roboczej.

Ciecz i cząsteczki stałe trudno mieszalne są dostarczane pod ciśnieniem od 3 do 20 barów. Temperatura procesu mieszania jest ustalana w zależności od lepkości mieszanej cieczy i wynosi od 20 do 190°C . Lepkość cieczy powinna być tak dobrana, aby możliwe było wywołanie zjawiska kawitacji. Temperatury wszystkich strumieni w trakcie procesu mieszania (cieczy i cząstek stałych) są takie same.

Mieszanina płynowa może być przetwarzana wiele razy. Można to osiągnąć przez wiele przejść przez jednoetapowe urządzenie do kawitacji hydrodynamicznej, albo przez wiele wieloetapowych urządzeń do kawitacji hydrodynamicznej rozmieszczonych szeregowo.

Głowica kawitacyjna według wynalazku może być zastosowana do homogenizacji strumienia wieloskładnikowego obejmującego ciecz i zasadniczo nierozpuszczalny składnik, którym może być ciecz lub subtelnie rozdrobnione ciało stałe. Przykładowo, głowica może być wykorzystana do mieszania np. żywic z nanocząsteczkami trudno mieszalnymi, jak grafen, zaczynu cementowego z domieszkami grafenu lub innych cząstek trudno mieszalnych, olejów mineralnych i syntetycznych z grafenem. Przykładem takich żywic mogą być żywice mocznikowe, formaldehydowe, melaminowe, fenolowe, melaminowo-fenolowe, melaminowo-formaldehidowo-fenolowe, fenolowo-formaldehidowe.

Głowica kawitacyjna według wynalazku została przedstawiona w przykładzie wykonania na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia przekrój wzdłuż osi głowicy, Fig. 2 przedstawia położenie szczelin w przegrodzie poprzecznej, a Fig. 3 przedstawia położenie otworów w elemencie pierścieniowym głowicy.

Głowica kavitacyjna według wynalazku w przykładzie wykonania ma kształt cylindryczny. Komora robocza 1 głowicy jest podzielona na dwie części: 1A i 1B poprzeczną przegrodą 2 ze szczelinami 3. W pierwszej części 1A komory roboczej znajduje się element w postaci obrotowego stożka 4 z podstawą połączoną z przegrodą poprzeczną 2 oddzielającą dwie części komory roboczej. Szczeliny 3 w przegrodzie poprzecznej 2 są umieszczone wokół podstawy elementu stożkowego 4 i mają wymiar: szerokość 3 mm i długość 10 mm. Powyżej elementu stożkowego 4 znajdują się dwa otwory wlotowe 5 do komory roboczej 1A ukształtowane w formie dysz Laval. Druga część komory roboczej 1B jest wyznaczona przez trzy pierścienie 6 z otworami 7 usytuowanymi pod kątem 50° w stosunku do osi pierścienia. W każdym pierścieniu znajduje się sześć większych otworów 7A o średnicy 6 mm i sześć mniejszych otworów 7B o średnicy 1 mm.

W głowicy przedstawionej w przykładzie wykonania na rysunku przeprowadzono proces mieszania żywicy fenolowej z cząsteczkami grafenu.

Żywica fenolowa została wstępnie podgrzana do temperatury $160^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ w celu uzyskania odpowiedniej lepkości (również głowica została podgrzana do takiej samej temperatury). Następnie pod ciśnieniem 10 barów została wtłoczona przez umieszczone w górnej części głowicy kavitacyjnej otwory 5 w formie dysz Laval do części 1A komory roboczej. W dalszej kolejności ciekła żywica przepływając przez element stożkowy 4 zwiększyła swoją prędkość, a po przejściu przez szczeliny 3 wokół elementu stożkowego 4 uległa kawitacji. Po przedostaniu się żywicy do części 1B komory roboczej, przez otwory 7A wykonane w pierścieniach 6 została wtłoczona dodatkowa porcja podgrzanej żywicy, a przez otwory 7B dodatek płatków grafenu (3–100 nm). Po opuszczeniu ostatniego pierścienia 6 zjawisko kawitacji zanika, a powstaje jednorodna mieszanina żywicy fenolowej z cząsteczkami grafenu.

Analogicznie przeprowadzono mieszanie żywicy fenolowej z płatkami grafenowymi o wymiarach poniżej 3 nm oraz mieszanie żywicy fenolowo-formaldehidowej z płatkami grafenowymi o wymiarach poniżej 100 nm, przy czym w tym przypadku mieszanie prowadzono w temperaturze $190^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ i ciśnieniu 20 barów.

Zastrzeżenia patentowe

1. Głowica kavitacyjna według wynalazku posiadająca cylindryczną, dwuczęściową komorę roboczą podzieloną poprzeczną przegrodą, **znamienna tym**, że w pierwszej części (1A) komory roboczej znajduje się element w postaci obrotowego stożka (4) z podstawą połączoną z przegrodą poprzeczną (2) ze szczelinami (3), oddzielającą dwie części (1A i 1B) komory roboczej, przy czym szczeliny (3) w przegrodzie poprzecznej (2) są umieszczone wokół podstawy elementu stożkowego (4), a powyżej elementu stożkowego (4) znajduje się co najmniej jeden otwór wlotowy (5) do pierwszej części komory roboczej (1A) ukształtowany w formie dyszy, zaś druga część komory roboczej (1B) jest wyznaczona przez co najmniej jeden element pierścieniowy (6) z otworami (7), przy czym otwory (7) są usytuowane pod kątem od 40° do 50° w stosunku do osi elementu pierścieniowego (6).
2. Głowica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że otwór wlotowy (5) jest ukształtowany w formie dyszy Laval.
3. Głowica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że otwór wlotowy (5) jest ukształtowany w formie kanału typu zwężkowego składającego się ze stożkowego wlotu o okrągłym profilu, cylindrycznej gardzieli i stożkowego wylotu.
4. Głowica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że w pierwszej części komory roboczej (1A) znajdują się dwa otwory wlotowe (5).
5. Głowica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że szczeliny (3) w przegrodzie poprzecznej (2) posiadają wymiary: szerokość 2–3 mm i długość 5–10 mm.
6. Głowica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zawiera od trzech do pięciu elementów pierścieniowych (6).
7. Głowica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że otwory (7) w elementach pierścieniowych (6) mają przekrój koła lub przekrój owalny.
8. Głowica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że otwory (7) w elemencie pierścieniowym (6) mają średnicę od 0,5 do 6 mm.
9. Głowica według zastrz. 1, **znamienna tym**, że w każdym elemencie pierścieniowym (6) znajduje się od pięciu do dwunastu otworów (7).

Rysunki

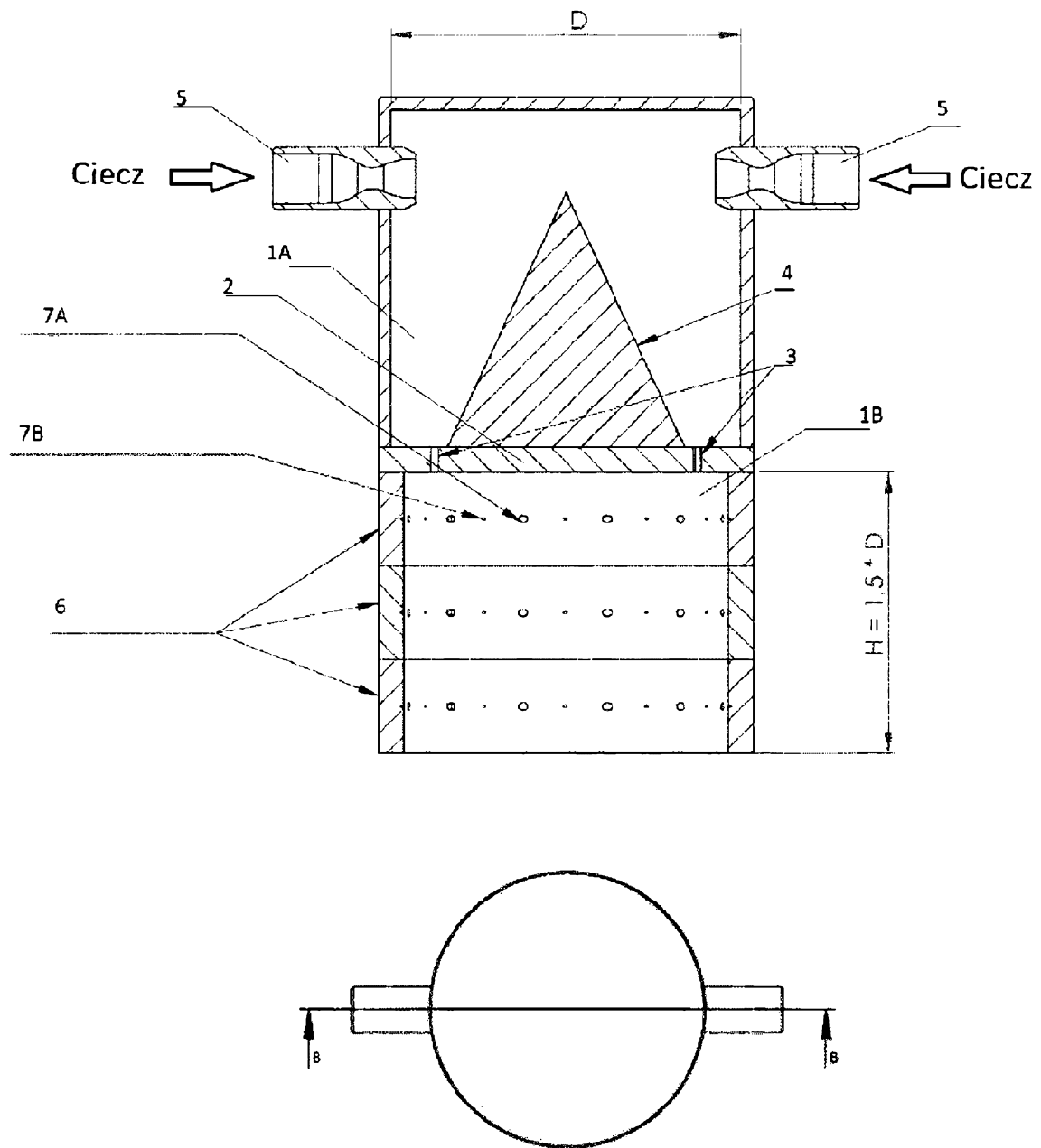


Fig. 1

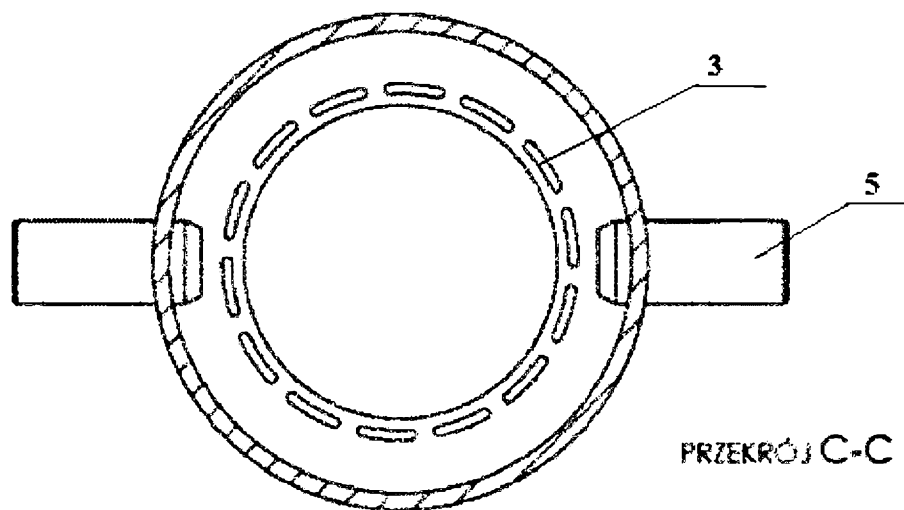


Fig. 2

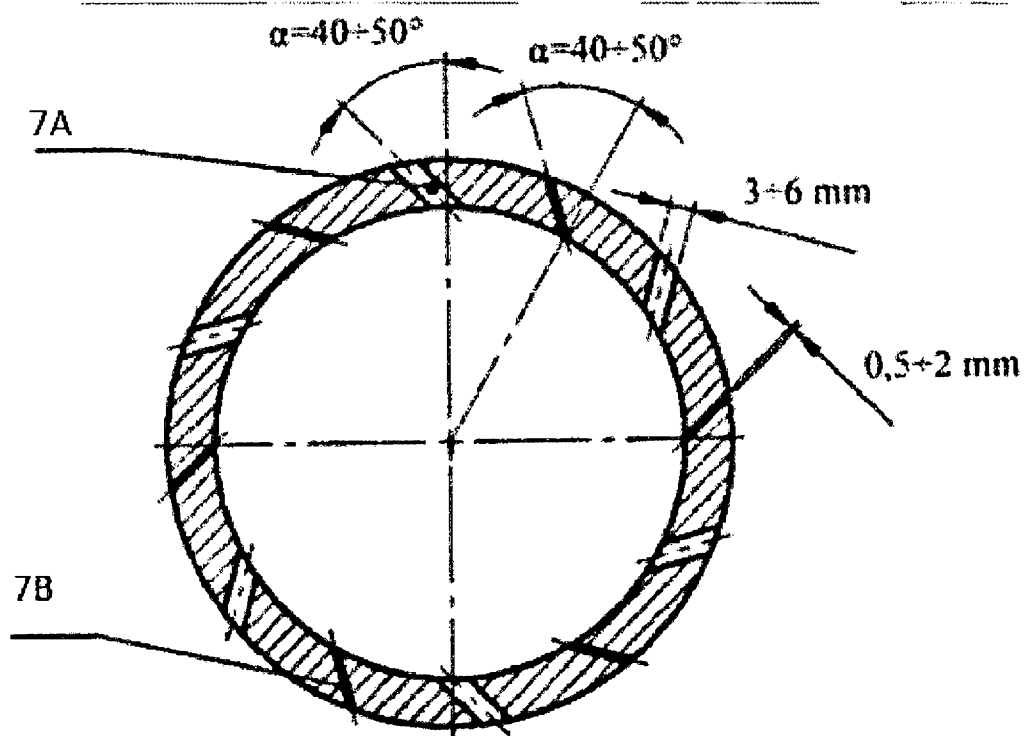


Fig. 3