

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **241705**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **429931**

(51) Int.Cl.
C01B 3/00 (2006.01)
F17C 1/00 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **15.05.2019**

(54)

Zbiornik ciśnieniowy, zwłaszcza do magazynowania wodoru

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

16.11.2020 BUP 24/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

21.11.2022 WUP 47/22

(73) Uprawniony z patentu:

BOGUCKI BOHDAN, Gdynia, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

BOHDAN BOGUCKI, Gdynia, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Jacek Czabajski

PL 241705 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zbiornik ciśnieniowy typu III, zwłaszcza do magazynowania, transportu i przechowywania wodoru. Zbiornik jest przeznaczony zwłaszcza do etapów pośrednich obrotu wodorem, lub jego mieszaninami, na przykład w stacjach ładowania wodorem zbiorników dla pojazdów z napędem wodorowym, zasilania turbin gazowych w kogeneracji prądu i ciepła, oraz do magazynów energii dla źródeł odnawialnych.

Znanych jest szereg rozwiązań technicznych budowy zbiorników do magazynowania sprężonego wodoru. Ze względu na utrudnienia związane z kompresją lub skraplaniem gazu, rozwiązania zbiorników dla tego celu dzielą się na dwa podstawowe rodzaje: zbiorniki niskociśnieniowe z wypełnieniem adsorbującym wodór oraz zbiorniki wysokociśnieniowe bez wypełnienia. Rozwiązanie według wynalazku dotyczy konstrukcji zbiorników wysokociśnieniowych, w granicach od 20 MPa do 100 MPa, bez wypełnienia.

W rozwiązaniu znanym z opisu patentowego CN 204109794 ujawniono stanowisko magazynowania zbiornika z wodorem odpowiednie dla pojazdu ze źródłem energii wodorowej. Struktura magazynująca butlę z wodorem charakteryzuje się tym, że zawiera szereg wysokociśnieniowych butli wodorowych, rur transportujących gaz wysokociśnieniowych butli wodorowych i element sterujący rurą, przy czym rurociągi transportujące gaz są połączone z konstrukcją mocującą. Konstrukcja mocująca ma postać ramy i może być wygodnie przenoszona i stosowana w różnych miejscach.

Kolejne rozwiązanie zbiornika do przechowywania wodoru przedstawiono w opisie patentowym CN 103438349. Według tego znanego rozwiązania cylinder do przechowywania wodoru ma wewnętrzny pojemnik wykonany z aluminium i jest owinięty kompozytową powłoką z włókna węglowego. W pojemniku wewnętrznym umieszczona jest spiralna taśma aluminiowa jako wypełniacz. Według wynalazku, przy wypełnianiu wodorem materiał magazynujący ciepło w postaci taśmy aluminiowej aktywnie kontroluje wzrost temperatury, aby spełnić wymagania chłodzenia. Dzięki temu system chłodzenia wstępnego nie jest wymagany.

Inne znane rozwiązanie przedstawiono w opisie patentowym CN 102865454. Przedstawiono budowę cylindra do przechowywania wodoru, zbudowanego z włókna węglowego z aluminiową wkładką. Cylinder do magazynowania wodoru z włókna węglowego zawiera aluminiowe wnętrze na które nawija się warstwy z włókna węglowego i warstwę ochronną z włókna szklanego. Pierścieniowa warstwa nawijana i spiralna warstwa nawijająca są naprzemiennie nawinięte na powierzchni aluminiowego cylindra.

W dalszym znanym dokumencie patentowym nr CN 201475632 przedstawiono rozwiązanie wielkoobjętościowego kompozytowego cylindra do przechowywania wodoru z aluminiowym wnętrzem całkowicie owiniętym włóknami węglowymi. Kompozytowy cylinder do magazynowania wodoru zawiera, kolejno od wewnątrz, aluminiową wykładzinę, warstwę powlekającą, warstwę z włókna węglowego i warstwę z włókna szklanego, przy czym warstwa z włókna węglowego jest utworzona przez naprzemiennie uzwojenie kołowe i spiralne. Warstwa włókna szklanego jest nawinięta na zewnętrznej powierzchni cylindra, aby uzyskać ochronę mechaniczną.

Znane są z szeregu publikacji zbiorniki na wodór, zbudowane w postaci wewnętrznego korpusu aluminiowego, zwykle cylindrycznego, pokrytego tkaniną techniczną w postaci warstwy lub warstw włókna węglowego przesyconego żywicą utwardzalną. Tego rodzaju zbiorniki stanowią konstrukcje kompozytowe, a celem zewnętrznej warstwy włókna węglowego jest wzmocnienie wewnętrznego zbiornika aluminiowego.

Z publikacji rozwiązania US 4964524 znany jest zbiornik ciśnieniowy do przechowywania wodoru jako ciała stałego w postaci wodoru metalu. Zbiornik jest skonstruowany tak, aby rura wewnętrzna mogła przyjąć ciśnienie robocze we wnętrzu, gdy wodór jest wprowadzany do wnętrza lub tam uwalniany. Z kolei zewnętrzny cylindryczny płaszcz rurowy pojemnika jest wykonany ze stali nierdzewnej i zawiera promieniowo wystające na zewnątrz żebra wewnętrznego pojemnika tworząc kanały przepływowe. Elementy żebra są zwymiarowane tak, aby nie ulegały odkształceniom plastycznym podczas magazynowania gazu. Osiowa zaślepka zamyka zbiorniki na obu końcach, zaś uszczelnione króćce gazowe w jednej lub obu nakrętkach dostarczają gaz do i/lub z wnętrza zbiornika.

Z publikacji rozwiązania CN103383058 znana jest krótka butla z gazem, ze wzmocnieniem żeber za pomocą domieszki włókna węglowego. Wysokociśnieniowa butla gazowa zawiera metalową osłonięciem i nawiniętą warstwę kompozytową z włókien węglowych oraz warstwę ochronną. Zewnętrzna powierzchnia jest wyposażona w żebra wzmocniające, które są ułożone spiralnie lub pierścieniowo przez

obróbkę skrawaniem. Nawinięta warstwa kompozytowa jest wykonana z ciągłego włókna węglowego, które jest zanurzane w żywicy epoksydowej zawierającej krótkie włókna węglowe.

Z kolei dokument CN100430641 ujawnia butlę z wodorem oraz sposób jej wytwarzania. Wynalazek w zakresie sposobu przewiduje, że na zewnętrznej powierzchni okładziny ze stopu aluminium nakłada się warstwę kleju, a na zewnętrzną warstwę kleju przykleja się wewnętrzną strukturę tworząc kompozyt włóknisty. Konstrukcja butli przewiduje, że wewnętrzna powierzchnia zewnętrznej warstwy struktury z kompozytu włókien PBO jest nawinięta na zewnętrzną powierzchnię wewnętrznej warstwy struktury i na zewnętrznej powierzchni zewnętrznej warstwy struktury jest nawinięta zewnętrzna powłoka ochronna z warstwą kleju.

Zadaniem wynalazku jest opracowanie konstrukcji dużego zbiornika ciśnieniowego, zwłaszcza do wodoru o pojemności przekraczającej pojemności znanych dotychczas zbiorników do tego celu, w szczególności o wadze przechowywanego sprężonego wodoru do i powyżej jednej tony.

Według wynalazku zbiornik ciśnieniowy, zwłaszcza do magazynowania wodoru, zawiera walczak w postaci cylindra aluminiowego, gdzie na obu końcach walczaka znajdują się półkuliste dennice z otworami w osi symetrii wzdłużnej tego walczaka.

Na powierzchni zewnętrznej walczaka znajduje się warstwa kompozytu z tkaniny technicznej z włókien węglowych i żywicy utwardzalnej. W osi symetrii, wewnątrz zbiornika ciśnieniowego, w otworach obu dennic, zamocowana jest na całej długości zbiornika wewnętrzna rura ze stali nierdzewnej, od jednej dennicy do drugiej, przeciwległej dennicy, przy czym wymieniona rura ze stali nierdzewnej zawiera na końcach, w strefach współpracy z krawędziami otworów w dennicach zbiornika złącza z gwintami do mocowania armatury.

Według wynalazku zbiornik ciśnieniowy charakteryzuje się tym, że rura stalowa zawiera otwory przepływowe wodoru wzdłuż jej długości, zaś złącza są zewnętrznie rowkowane. Na obu końcach rury stalowej zaciśnięte są krawędzie otworów w dennicach walczaka aluminiowego, zaś warstwa kompozytu zawiera co najmniej jeden rękaw o średnicy odpowiadającej średnicy zewnętrznej walczaka aluminiowego i ten rękaw posiada wstępne naprężenie przed utwardzeniem żywicy utwardzalnej.

W korzystnej wersji rozwiązania według wynalazku, pomiędzy zaciśniętymi krawędziami otworów w dennicach walczaka aluminiowego, a końcami rury stalowej znajdują się złącza.

W innej korzystnej wersji rozwiązania według wynalazku powierzchnia połączenia rury stalowej i walczaka aluminiowego zawiera warstwę kleju na bazie zasadowych krzemianów.

Rękaw wykonany jest korzystnie z jednokierunkowych wiązek tkaniny technicznej, złożonych z pojedynczych włókien ułożonych równolegle do osi symetrii walczaka.

Rękaw może być wykonany z bezszwowej plecionej tkaniny technicznej.

Dla zwiększenia zdolności magazynowania pojedynczego zbiornika ciśnieniowego, a więc także dla zwiększenia jego wytrzymałości, zaproponowano budowę zbiornika o konstrukcji wzmocnionej strukturalną rurą wewnętrzną, oraz o konstrukcji wstępnie sprężonej. Wstępne sprężenie zrealizowano z użyciem znanej warstwy kompozytowej poprzez jej naprężenie w cyklu nakładania na walczak aluminiowy. Rozwiązanie według wynalazku poprzez opracowanie konstrukcji wstępnie sprężonej oraz wprowadzenie osiowego elementu łączącego mechanicznie dennice zbiornika, w postaci centralnej rury stalowej, pozwoliło bezpiecznie zwiększyć gabaryty zbiornika i jego pojemność, a przez to wagę gromadzonego wodoru. Otwory w rurze stalowej pozwoliły zamocować na jej końcach złącza dla zaworów zdawczo odbiorczych wodoru.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania na załączonym rysunku na którym poszczególne figury ilustrują:

- Fig. 1 – zbiornik ciśnieniowy na wodór w widoku z zewnątrz,
- Fig. 2 – przekrój zbiornika według fig. 1,
- Fig. 3 – przekrój według fig. 2 wraz ze wspornikami i kołnierzami wewnętrznymi,
- Fig. 4 – rura stalowa,
- Fig. 5 – szczegół zakończenia rury stalowej,
- Fig. 6 – schemat formowania dennicy walczaka przez rolowanie na rurze stalowej,
- Fig. 7 – wspornik centrujący,
- Fig. 8 – widok wnętrza rury walczaka,
- Fig. 9 – wspornik,
- Fig. 10 – przekrój walczaka w obrębie dennicy,
- Fig. 11 – schemat budowy oplotu na walczaku zbiornika,
- Fig. 12 – oplot z tkaniny technicznej w obszarze dennicy walczaka,

- Fig. 13 – urządzenie naprężające rękaw na walczaku,
- Fig. 14 – osiowy fragment dennicy walczaka,
- Fig. 15 – kołnierz zewnętrzny,
- Fig. 16 – przekrój końcówki zbiornika,
- Fig. 17 – przekrój wzdłużny zasobnika wodnego ze zbiornikami,
- Fig. 18 – przekrój poprzeczny zasobnika wodnego z siedmioma zbiornikami,
- Fig. 19 – widok z góry zasobnika wodnego,
- Fig. 20 – dennica zasobnika wodnego według fig. 19,
- Fig. 21 – przekrój zasobnika kriogenicznego ciśnieniowego ze zbiornikami,
- Fig. 22 – dennica zasobnika według fig. 21.

Na rysunku fig. 1 pokazano zbiornik ciśnieniowy 100 do przechowywania wodoru pod ciśnieniem 35 MPa. Zbiornik tego rodzaju określany jest w stanie techniki jako zbiornik typu III. Według wynalazku zbiornik ciśnieniowy 100 zawiera wewnętrzny aluminiowy walczak 1 o średnicy zewnętrznej w tym przykładzie wykonania 0,762 m i o długości 12 m, do przechowywania wodoru w postaci sprężonej w temperaturze otoczenia. W tym opisie patentowym określenie walczak oznacza wewnętrzny aluminiowy pojemnik na wodór, przed nałożeniem na niego warstwy kompozytowej. Natomiast określenie zbiornik ciśnieniowy, oznacza kompletny pojemnik zawierający warstwę wewnętrzną aluminiową oraz zewnętrzną warstwę kompozytu. Określenie kompozyt oznacza warstwy tkaniny nasycone żywicą utwardzalną i utwardzone.

Zbiornik ciśnieniowy 100 opleciony jest warstwą naprężonego kompozytu 2 z włókna węglowego nasyconego żywicą utwardzalną. W tym przykładzie wykonania, do nasycenia włókna użyto żywicy polimerowej. W innych przykładach wykonania mogą być użyte inne rodzaje włókien, jak włókna węglowo-aramidowe lub włókna aramidowe oraz inne rodzaje tworzyw utwardzalnych. Na rysunku fig. 1 pokazano także zewnętrzne stalowe kołnierze 3, zamocowane na złączach 5 osadzonych na wewnętrznej stalowej rurze 4. Złącze 5 pokazano na rysunku fig. 2 oraz szczegółowo na rysunku fig. 5. Zbiornik ciśnieniowy 100 w tym przykładzie wykonania może pomieścić 150 kg wodoru pod ciśnieniem 35 MPa. W innych przykładach wykonania zbiornika ciężar zgromadzonego wodoru może wynosić 256 kg, 485 kg lub 840 kg pod ciśnieniem 35 MPa zaś ciśnienie robocze może mieć inne wartości, na przykład wartości mieszczące się w granicach od 20 MPa do 100 MPa.

Na rysunku fig. 2 pokazano przekrój zbiornika ciśnieniowego 100 według fig. 1. Pokazano tu rurę stalową 4 zamocowaną wzdłuż osi zbiornika ciśnieniowego 100 przez całą jego długość z wewnętrznym walczakiem 1 oraz z zewnętrzną warstwą kompozytu 2 w postaci naprężonego oplotu z tkaniny technicznej utwardzonej żywicą polimerową. Uwidoczniono tu również kołnierze wewnętrzne 6 łączące rurę stalową 4 z dennicami walczaka 1 oraz złącza 5 z gwintem do nakręcenia kołnierzy zewnętrznych 3, pokazanych na rysunkach fig. 1 oraz fig. 3.

Na rysunku fig. 3 pokazano inny widok przekroju wzdłużnego zbiornika ciśnieniowego według fig. 1, gdzie uwidoczniono dodatkowo wsporniki 7 centrujące położenie rury stalowej 4 wewnątrz walczaka 1 oraz kołnierze zewnętrzne 3.

Na rysunku fig. 4 pokazano przekrój rury stalowej 4 ze stali nierdzewnej SS316L według normy europejskiej EN10088, typ 1.4435, stanowiącej w tym przykładzie wykonania rurę 2"-80S o wymiarach: średnica zewnętrzna OD = 60,325 mm, średnica wewnętrzna ID = 49,251 mm, oraz dwóch złączy 5 np. z rury grubościenniej 3"-400S o wymiarach: OD = ~88.9 mm, ID = ~52.07 mm, długość L=100 mm, gwintowanych wewnętrznie według ISO 11926-1, w tym przykładzie wykonania na gwint 2½"-12 UN-2B o długości 25 mm, oraz gwintowanych zewnętrznie w tym przykładzie wykonania gwintem drobnozwojowym 3"-11 i rowkowanych ze średnicy zewnętrznej 3" do głębokości 6 mm, na długości 54 mm. Oznaczenie np. 2", 2½", 3" oznacza średnicę znamionową rury 4 oraz złączy 5 wyrażoną w calach. Pokazano tu także dwa stalowe kołnierze wewnętrzne 6 ze stali nierdzewnej 316L OD = 240 mm, ID = 60,3 mm, o grubości zmiennej od G = 25 mm, które są rowkowane na głębokość 6 mm, na długości 20 mm. Rura 4 o średnicy 2" jest pasowana ciasno do toczonych otworów złączy 5 o średnicy odpowiedniej do pasowania ciasnego P7/h6. W innym przykładzie wykonania rura 4 jest zatarta na gorąco lub spawana, kołnierze 6 są zatarte lub spawane, zaś kołnierze zewnętrzne 3, niewidoczne na rysunku fig. 4, są wkręcone na gwint drobnozwojowy i są wklejone lub zapunktowane na stałe do złączy 5. Ten sam szczegół zakończenia rury stalowej 4 pokazano w powiększeniu na rysunku fig. 5. Na tym rysunku uwidoczniono dodatkowo otwory przepływowe 19 przepływu wodoru wewnątrz zbiornika ciśnieniowego 100.

Na rysunku fig. 6 pokazano znany proces profilowania dennic walczaka 1 za pomocą stalowej rolki 12. Krawędź rury walczaka 1 jest profilowana, formowana i rolowana na gorąco w temperaturze 672K. Profilowanie w tym przykładzie wykonania prowadzi do wytworzenia dennicy i do zaciśnięcia i zaprasowania krawędzi rury aluminiowej walczaka 1 na kołnierzu wewnętrznym 6 rury stalowej 4. Kołnierze wewnętrzne 6 i złącze 5 rury stalowej 4 zawierają na współpracujących powierzchniach obwodowe rowkowanie umożliwiające uzyskanie pełnej szczelności połączenia złącza 5 rury stalowej 4 z rurą aluminiową walczaka 1. Rowkowanie poszczególnych wymienionych elementów pokazano także w powiększeniu na rysunku fig. 5.

Na rysunku fig. 7 pokazano wewnętrzny wspornik 7 który w tym przykładzie wykonania ma postać krążka aluminiowego o grubości 10 mm i o średnicy zewnętrznej odpowiadającej średnicy wewnętrznej walczaka 1. Wspornik 7 podlega tu pasowaniu mieszanemu wewnątrz walczaka na wcisk K7/h6. Wspornik 7 zawiera wybranie 8 przeznaczone do osadzenia w nim rury stalowej 4, a następnie umieszczenia w nim blokady 9 wymienionej rury stalowej 4 w pozycji centrycznej. Wspornik 7 zawiera w tym przykładzie wykonania otwory 10 łączące strefy wnętrza walczaka 1 dla swobodnego przepływu wodoru magazynowanego w zbiorniku. Wsporniki 7 pozwalają ustalić centralny przebieg rury stalowej 4 wewnątrz wymienionego walczaka 1.

W przykładzie wykonania pokazanym na rysunku fig. 8, wewnątrz walczaka 1 znajdują się trzy wsporniki 7. Rura stalowa 4 wraz ze wspornikami 7 osadzona jest wewnątrz walczaka 1, przed procesem profilowania dennic prowadzącym do zamknięcia walczaka 1. Dennice nie są oznaczone na załączonym rysunku jako oddzielne elementy konstrukcyjne, ponieważ stanowią one końcowe fragmenty aluminiowej rury walczaka 1 i uformowane są po umieszczeniu wewnątrz walczaka 1 rury stalowej 4 osadzonej we wspornikach 7. Jak pokazano na tym rysunku, wybrania 8 we wspornikach 7 ustawione są w różnych kierunkach kątowych, co sprzyja centrowaniu położenia rury stalowej 4 wewnątrz walczaka 1. W innych przykładach wykonania ilość, sposób ustawienia i wymiary wsporników 7 mogą być inne. Wspornik 7 wraz z rurą 4 osadzoną w wybraniu 8 i unieruchomioną blokadą 9 pokazano na rysunku fig. 9. Wspornik 7 wewnątrz walczaka 1 pokazano także na rysunku fig. 3, fig. 6, fig. 10, fig. 12, fig. 13, oraz fig. 16.

Wspornik aluminiowy 7 ma średnicę zewnętrzną odpowiadającą średnicy wewnętrznej rury aluminiowej. Zastosowano tu pasowanie mieszane na wcisk, i wsporniki w ilości 3 sztuk wciskane są po kolei prasą do wnętrza rury aluminiowej walczaka 1. Wsporniki 7 we wnętrzu walczaka 1 pokazano na rysunku fig. 8. W innych przykładach wykonania wewnątrz walczaka 1 może być zastosowana inna ilość wsporników 7. Po zamocowaniu wszystkich wsporników 7 w ustalonych miejscach rury aluminiowej walczaka 1 rura stalowa 4 wciskana jest na określoną głębokość w stosunku do rury zewnętrznej aluminiowej walczaka 1, tak aby uzyskać zagłębienie obustronnie na tę samą głębokość.

Rolowanie końcówek rury aluminiowej walczaka 1 na rurze stalowej 4 wewnętrznej jest procesem znanym i polega na tym, że obraca się rurę walczaka 1 we wrzecionie tokarki, w tym przykładzie wykonania z prędkością 300 obr/min, podgrzewa się płomieniem palnika gazowego do ok. 672K, następnie dociska się rolką stalową 12, sterowaną CNC cyklicznie do osiągnięcia kształtu sferycznego powstającej dennicy, zaciśniętej szczelnie na złączu 5 i kołnierzu wewnętrznym 6. Rura stalowa 4 umieszczona jest uprzednio wewnątrz walczaka 1 w sposób pokazany na rysunku fig. 8. Proces zaciskania pokazano schematycznie na rysunku fig. 6. Zbiornik następnie jest kolejno odprężany i hartowany do stanu zahartowania znanego jako poziom T6 i następnie anodyzowany.

Rysunek fig. 10 pokazuje przekrój walczaka 1 w strefie dennicy. Dennica jest uformowana sferycznie i zawałkowana dla zaciśnięcia na złączu 5 osadzonym na końcu rury stalowej 4.

Na rysunku fig. 11 pokazano schematycznie oplot 13 z tkaniny technicznej na powierzchni zewnętrznej walczaka 1 oraz nasunięty częściowo na ten oplot 13 rękaw 14 z tkaniny technicznej. Oplot 13 z tkaniny technicznej powstaje w znanym procesie owijania powierzchni walczaka po jego obwodzie w części cylindrycznej. Rękaw 14 z tkaniny technicznej powstaje w oddzielnym znanym procesie tkania poprzez przeplatanie dwóch wątków tkaniny wokół rdzenia w sposób powodujący powstanie bezszwowego dwuosiowego splotu o kształcie cylindrycznym. Oba rodzaje tkaniny technicznej 13 i 14 wzajemnie uzupełniają się tworząc warstwę kompozytu 2. W innym przykładzie wykonania rękaw 14 złożony jest z wiązek włókien węglowych jednokierunkowych równoległych do osi walczaka 1.

W tym przykładzie wykonania tkanina techniczna, zarówno oplot jak i rękaw, jest wykonana z wiązki włókien węglowych jednokierunkowych, w postaci taśmy o szerokości 10 mm i o grubości 0,21 mm. Obie te warstwy tkaniny technicznej, oplot 13 i rękaw 14 nanosi się naprzemiennie na powierzchnię walczaka 1, w tym przykładzie wykonania dziesięciokrotnie w tej kolejności jak to pokazano

na rysunku fig. 11. W innych przykładach wykonania można stosować inne ilości warstw oplotu 13 i rękawa 14 z tkaniny technicznej, w innej kolejności, oraz wykonanych z użyciem innych włókien. Oplot 13 wokół części cylindrycznej walczaka 1 wykonuje się w znanym procesie owijania. Na tak nawiniętych warstwach, wg wynalazku naciąga się na przemian warstwy znanego rękawa z tkaniny technicznej oraz warstwy oplotu, układane wzdłuż walczaka 1. Warstwy rękawa 14 zawierają naddatki 15 co pokazano na rysunku fig. 12 oraz fig. 13.

Układ pary warstw 13, 14 na walczaku 1 pokazano na rysunku fig. 11, gdzie pokazano walczak 1 na stojaku. Proces nakładania warstw rękawa 14 tkaniny technicznej w innym przykładzie wykonania można prowadzić w postaci bezpośredniego zaplatania rękawa na walczaku 1 przez znaną maszynę plotącą, przesuwającą się cyklicznie wzdłuż walczaka 1, tam i z powrotem.

Końcową część zbiornika ciśnieniowego 100 według tego przykładu wykonania pokazano na rysunku fig. 12. Uprzednio przygotowany wielowarstwowy rękaw 14 o 10 warstwach, którego ilość warstw schematycznie pokazana została na rysunku fig. 12 oraz fig. 13 w postaci dwóch przerywanych linii, został umieszczony na zewnętrznej powierzchni walczaka 1 pomiędzy warstwami oplotu 13. Rękaw 14 zawiera naddatki 15, przeznaczone do zamocowania w szczękach 16 urządzeń naprężających po obu stronach walczaka 1. Na rysunku fig. 12 oraz fig. 13 dla jasności rysunku pokazano zakończenie zbiornika tylko po jednej stronie. W tym przykładzie wykonania zakończenie zbiornika oraz naddatek 15 wielowarstwowego rękawa 14 wygląda tak samo po obu stronach. W innym przykładzie wykonania urządzenie naprężające może być zastosowane tylko po jednej stronie walczaka 1, a naddatek 15 po drugiej stronie walczaka 1 może być mocowany wówczas do stałego punktu mocowania.

Na rysunku fig. 13 pokazano, że naddatek 15 zamocowany jest w szczękach 16 ze znanymi urządzeniami hydraulicznymi i naprężany jest w tym przykładzie wykonania pomiędzy tymi urządzeniami. Naddatki 15 na obu końcach walczaka 1 są naciągane w jedną stronę i w drugą stronę jednocześnie. Ciągnięcie, co pokazano strzałką w osi symetrii walczaka 1, prowadzi do naprężenia warstw tkaniny technicznej w postaci rękawów 14 na całej powierzchni walczaka 1, ponadto powodując promieniowe zaciśnięcie rękawa 14 wokół walczaka 1. Po opisanym naprężeniu tkaniny technicznej nasączonej żywicą polimerową, w stanie naprężenia wymienionej tkaniny technicznej zaciska się za pomocą urządzenia zaciskowego 18 po obu stronach walczaka 1 znany pierścień zaciskający 17 co pokazano schematycznie na rysunku fig. 13.

W tym przykładzie wykonania, w pierwszej fazie naddatek 15 rękawa 14 tkaniny technicznej mocowany jest w szczękach 16. W drugiej fazie zaciśnięte szczęki 16 oddalane są od dennic walczaka 1 za pośrednictwem znanego siłownikowego urządzenia hydraulicznego, w tym przykładzie wykonania z siłą 200 kN. W tym przykładzie wykonania walczak 1 ma średnicę zewnętrzną 0,762 m. Tkanina techniczna w postaci rękawa 14 na całej powierzchni cylindrycznej zostaje dzięki temu naprężona i zaciśnięta wokół walczaka 1. W trzeciej fazie znane urządzenie zaciskowe 18 zaciska obwodowy stalowy pierścień zaciskowy 17 na tak naprężonej tkaninie, powodując ustalenie tkaniny technicznej w stanie wstępnego naprężenia do czasu utwardzenia żywicy polimerowej w kolejnych etapach nakładania warstwy kompozytu 2.

Tak naprężona wstępnie tkanina techniczna rękawa 14 w zestawie urządzeń zaciskowo-naprężających 16, 17, 18 nasączona zostaje żywicą polimerową i następnie utwardzana jest wstępnie promieniowaniem UV, jako czynnikiem utwardzającym, pozwalającym po wstępnym utwardzeniu na wyjęcie walczaka 1 z urządzeń 16, 17, 18. Następnie całość zbiornika ciśnieniowego 100 końcowo wygrzewa się w autoklawie dla osiągnięcia docelowej sztywności.

W innym wykonaniu pokrycia warstwą kompozytu 2 walczaka 1 według wynalazku można nałożyć kolejną warstwę oplotu 13 i rękawa 14, po wstępnym utwardzeniu promieniami UV poprzedniej warstwy oplotu i powtarzać naprzemiennie proces naprężania i utwardzania UV kompozytu wielokrotnie. W ten sposób każda kolejna warstwa tkaniny technicznej naprężana jest na twardej skorupie poprzedniej warstwy, umożliwiając zastosowanie większej siły naprężającej urządzenia zaciskowego 18. Po zakończeniu nakładania wszystkich przewidzianych warstw wzmocnienia kompozytowego 2 całość wygrzewana jest końcowo w autoklawie.

Po osiągnięciu stanu utwardzonego, zbiornik 100 poddawany jest obróbce ustników dennic, a na gwint zewnętrzny złączy 5 jako ostatnie elementy cylindra nakręcane są kołnierze zewnętrzne 3 ze stali nierdzewnej 316L, wklejane na klej epoksydowy dwuskładnikowy lub w innym przykładzie wykonania, punktowane są na stałe, jako elementy nierozbieralne podczas całej eksploatacji zbiornika ciśnienio-

wego 100. Wewnątrz zbiornika znajduje się rura 4 ze stali nierdzewnej stanowiąca wzmocnienie strukturalne zbiornika 100 oraz stanowiąca nośnik gwintów wewnętrznych do mocowania armatury oraz gwintów zewnętrznych oraz żłobkowania, wyposażona w kołnierze wewnętrzne i zamykające.

Na rysunku fig. 14 pokazano przekrój strefy połączenia rury stalowej 4 z dennicą walczaka 1 oraz warstwę wstępnie naprężonego kompozytu 2. Na rurze 4 osadzone jest złącze 5 oraz pierścień wewnętrzny 6 i pierścień zewnętrzny 3. Pomiedzy pierścieniami 6, 3 znajduje się dennica walczaka 1 z naprężonym opłotem kompozytowym 2. Po drugiej stronie zbiornika znajduje się tak samo rozwiązana konstrukcja otworu w drugiej dennicy walczaka 1.

Na rysunku fig. 15 pokazano kołnierz zewnętrzny 3 w tym przykładzie wykonania o średnicy 300 mm i o grubości 16 mm w najgrubszym miejscu. Kołnierz 3 nakręcany jest na stałe, po zakończeniu budowy zbiornika przez usunięcie nadmiaru kompozytu i usunięcie pierścienia zaciskowego 17. Utwardzony kompozyt 2 jako zbędny fragment naddatku usuwa się w procesie toczenia oraz czyszczenia gwintu drobnozwojowego złącza 5. Kołnierz zewnętrzny 3, podobnie jak rura stalowa 4, kołnierz wewnętrzny 6 oraz złącze 5 wykonane są ze stali nierdzewnej typu 316L.

Na rysunku fig. 16 pokazano przekrój strefy dennicy gotowego zbiornika ciśnieniowego 100. W rurze stalowej 4 pokazano na tym rysunku otwory przepływowe 19 łączące strefy wnętrza walczaka 1 z wnętrzem rury stalowej 4 dla swobodnego przepływu wodoru magazynowanego w zbiorniku.

Na rysunkach fig. 17 oraz fig. 18 pokazano przykład zastosowania zbiornika ciśnieniowego 100. Wewnątrz zasobnika wodnego 20 w postaci znanego pojemnika na wodę wykonanego jako cylindryczny zbiornik z laminatu włókna szklanego umieszczono siedem zbiorników ciśnieniowych 100 na wodór. Siedem zbiorników ciśnieniowych 100 umiejscowiono w tarczach wspornikowych 21 wpasowanych do zasobnika wodnego 20. Zbiorniki ciśnieniowe 100 przeprowadzone są przez otwory 29 w trzech tarczach wspornikowych 21, jak to pokazano na rysunku fig. 18. Zbiorniki ciśnieniowe 100 połączone są w układ znanymi przewodami ciśnieniowymi 22 oraz elementami armatury, nie pokazanymi na rysunkach.

Na rysunkach fig. 19 oraz fig. 20 pokazano ten sam zasobnik wodny 20 w widoku z góry na rysunku fig. 19 oraz w widoku poosiowym na demontowalną dennicę na rysunku fig. 20. Na rysunku fig. 19 pokazano włązy rewizyjne 23 oraz punkty mocowania uchwytów transportowych 24 w zasobniku wodnym 20.

Zasobnik wodny 20 według rysunku od fig. 17 do fig. 20 jest przemywany dla usunięcia gazu rozpuszczonego w wodzie i może zawierać w innych przykładach wykonania inną liczbę, na przykład 19 sztuk zbiorników ciśnieniowych 100, połączonych armaturą i rurami ciśnieniowymi. Zasobnik wodny 20 może być wykonany jako samonośny z laminatu szklanego, z otworami rewizyjnymi i z otworami montażowymi po obu stronach. Zasobnik 20 jest wypełniony wodą zaś zbiorniki ciśnieniowe 100 wodoru zatopione są w jego wnętrzu. W innym przykładzie wykonania zasobnik wodny 20 może być wykonany jako zbiornik podziemny.

Na rysunkach fig. 21 oraz fig. 22 pokazano inne przykładowe zastosowanie zbiornika ciśnieniowego 100 w zasobniku kriogenicznym ciśnieniowym 28. Zasobnik kriogeniczny ciśnieniowy 28, jak pokazano na rysunku fig. 21, posiada płaszcz próżniowy 25 i warstwę izolacyjną oraz zewnętrzny znane urządzenie chłodzące 30. Zasobnik kriogeniczny ciśnieniowy 28 z urządzeniem chłodzącym 30 pozwala na utrzymanie wewnątrz zbiorników ciśnieniowych 100 temperatury w tym przykładzie wykonania 38K, co umożliwia przechowywanie wodoru w postaci skroplonej, blisko granicy faz pomiędzy cieczą a gazem, umożliwiając powolne parowanie skroplonego wodoru we wnętrzu zbiorników ciśnieniowych 100. Zastosowano tu znane z techniki sposoby izolacji cieplnej wnętrza zasobnika kriogenicznego ciśnieniowego 28 w postaci płaszczu próżniowego 25 oraz dodatkowej warstwy znanej izolacji cieplnej.

Wewnątrz zasobnika kriogenicznego 28 w postaci znanego stalowego cylindra izolacyjnego z płaszczem próżniowym 25 umieszczono siedem zbiorników ciśnieniowych 100 na wodór. Widok na dennicę zasobnika kriogenicznego 28 pokazano na rysunku fig. 22. Siedem zbiorników ciśnieniowych 100 umiejscowiono w tym przykładzie wykonania w tarczach odstępnikowych 26. Tarcze odstępnikowe 26 spełniają rolę wsporników zbiorników ciśnieniowych 100 oraz odstępników stalowego cylindra izolacyjnego zasobnika kriogenicznego 28. Na rysunku fig. 21 pokazano że zbiorniki ciśnieniowe 100 w liczbie siedmiu przeprowadzone są przez otwory 29 w pięciu tarczach odstępnikowych 26. Takie same otwory 29 pokazano na rysunku fig. 18 w odniesieniu do zasobnika wodnego 20 i wsporników 21. Zbiorniki ciśnieniowe 100 połączone są w zasobniku kriogenicznym 28 w znany sposób przewodami ciśnieniowymi 22 oraz elementami armatury, poza zasilaniem i poborem wodoru używanych również w celu podtrzymywania temperatury przez obieg chłodniczy w urządzeniu chłodzącym 30.

Na rysunku fig. 22 pokazano tę samą komorę próżniową 25 z rysunku fig. 21, w widoku poosiowym na demontowalną dennicę 27. Komora próżniowa 25 posiada tu znane włązy rewizyjne dostosowane do wymogów komory próżniowej oraz uchwyty transportowe 24.

Wewnątrz zasobnika kriogenicznego 28 znajdują się w tym przykładzie wykonania zbiorniki ciśnieniowe 100 w liczbie 7 sztuk, lub w innych przykładach wykonania w innej ilości sztuk, na przykład 19 sztuk. Zbiorniki ciśnieniowe 100 oparte są na wspornikach strukturalnych i na odstępnikach 26 dla izolacji próżniowej. Znane urządzenie chłodzące 30 zostało pokazane na rysunku w sposób schematyczny. Zasobnik 28 jest przewidziany do pracy w temperaturach 30K–80K.

Zastrzeżenia patentowe

1. Zbiornik ciśnieniowy, zwłaszcza do magazynowania wodoru, zawierający walczak w postaci cylindra aluminiowego, gdzie na obu końcach walczaka znajdują się półkuliste dennice z otworami w osi symetrii wzdłużnej tego walczaka, zaś na powierzchni zewnętrznej walczaka znajduje się warstwa kompozytu z tkaniny technicznej z włókien węglowych i żywicy utwardzalnej, przy czym w osi symetrii, wewnątrz zbiornika ciśnieniowego, w otworach obu dennic, zamocowana jest na całej długości zbiornika wewnętrzna rura ze stali nierdzewnej, od jednej dennicy do drugiej, przeciwległej dennicy, przy czym wymieniona rura ze stali nierdzewnej zawiera na końcach, w strefach współpracy z krawędziami otworów w dennicach zbiornika, złącza z gwintami do mocowania armatury, **znamienny tym**, że rura stalowa (4) zawiera otwory przepływowe (19) wodoru wzdłuż jej długości, zaś złącza (5) są zewnętrznie rowkowane, przy czym na obu końcach rury stalowej (4), zaciśnięte są krawędzie otworów w dennicach walczaka aluminiowego (1), zaś warstwa kompozytu (2) zawiera co najmniej jeden rękaw (14) o średnicy odpowiadającej średnicy zewnętrznej walczaka aluminiowego (1) i ten rękaw (14) posiada wstępne naprężenie przed utwardzeniem żywicy utwardzalnej.
2. Zbiornik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pomiędzy zaciśniętymi krawędziami otworów w dennicach walczaka aluminiowego (1), a końcami rury stalowej (4) znajdują się złącza (5).
3. Zbiornik ciśnieniowy według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że powierzchnia połączenia rury stalowej (4) i walczaka aluminiowego (1) zawiera warstwę kleju na bazie zasadowych krzemianów.
4. Zbiornik ciśnieniowy według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że rękaw (14) wykonany jest z jednokierunkowych wiązek tkaniny technicznej, złożonych z pojedynczych włókien ułożonych równoległe do osi symetrii walczaka (1).
5. Zbiornik ciśnieniowy według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że rękaw (14) wykonany jest z bezszwowej plecionej tkaniny technicznej.

Rysunki

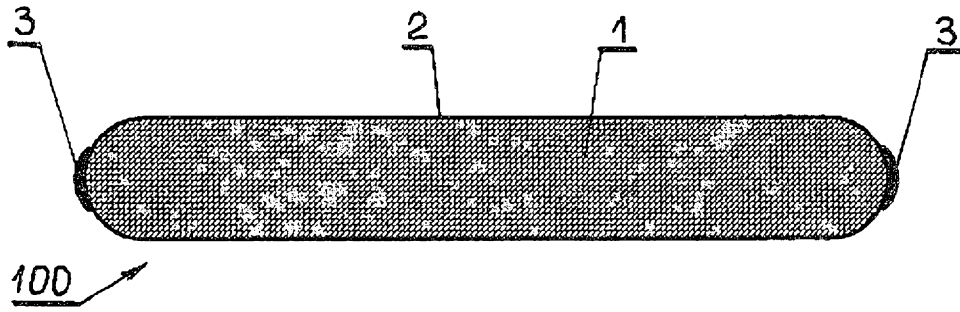


Fig. 1

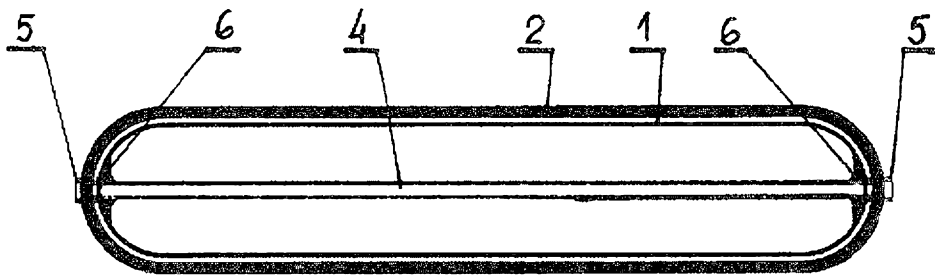


Fig. 2

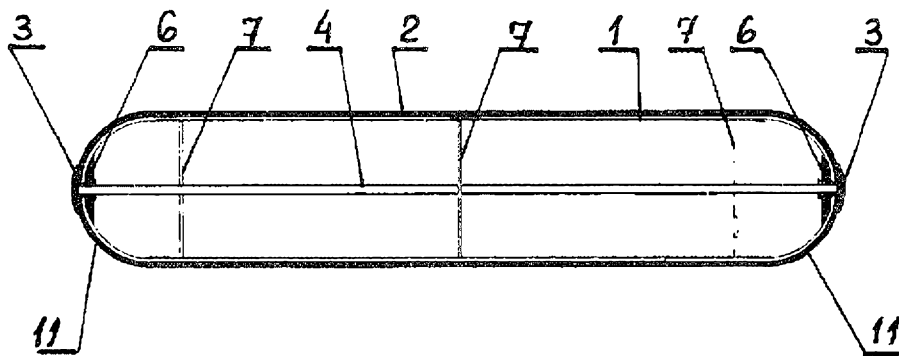


Fig. 3

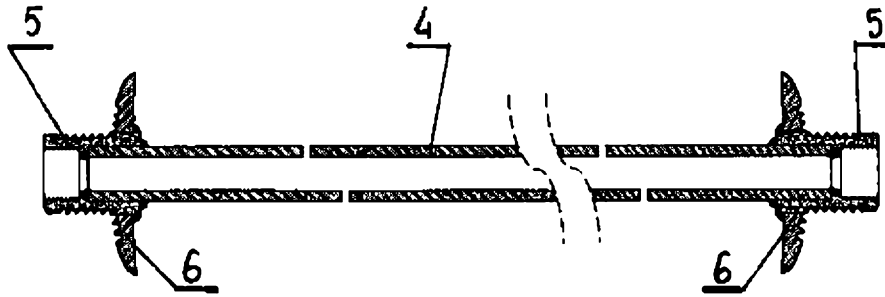


Fig. 4

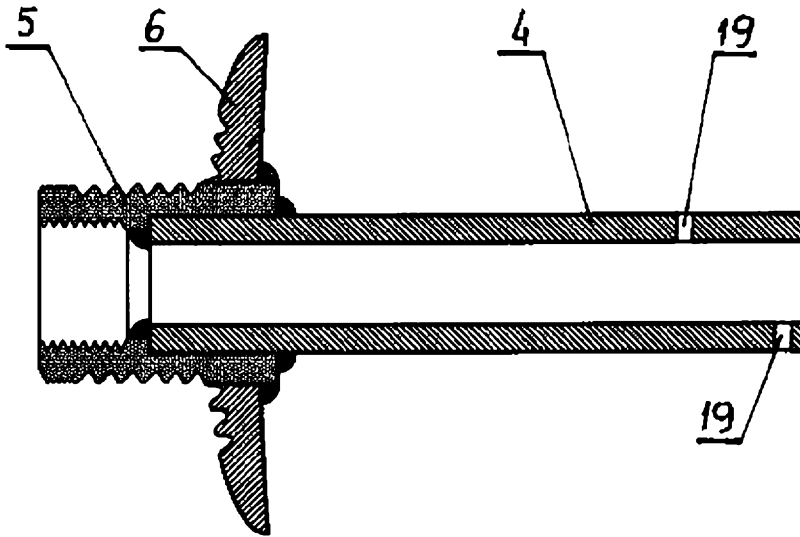


Fig. 5

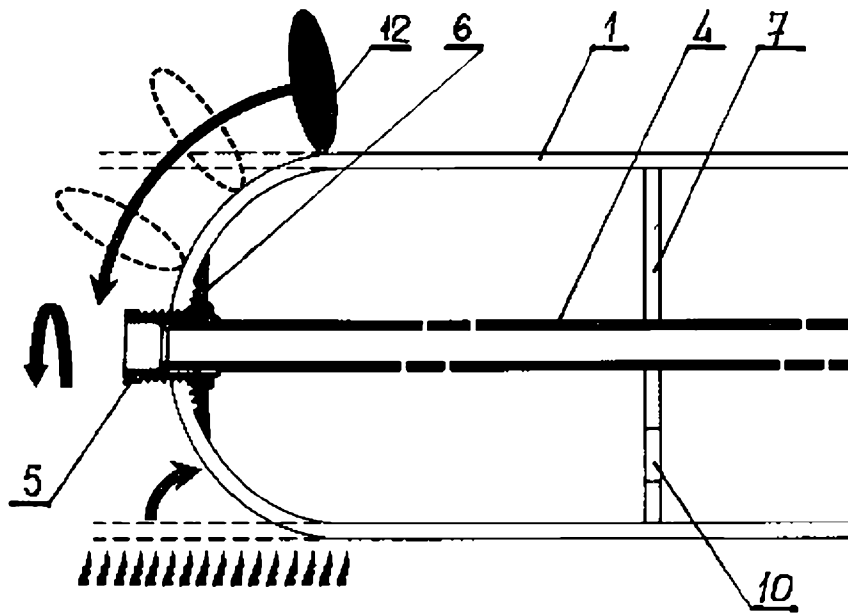


Fig. 6

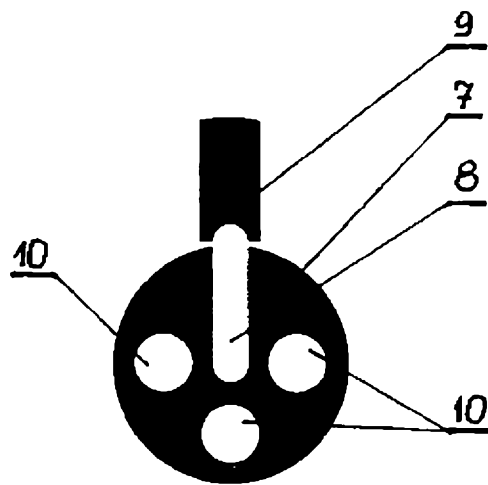


Fig. 7

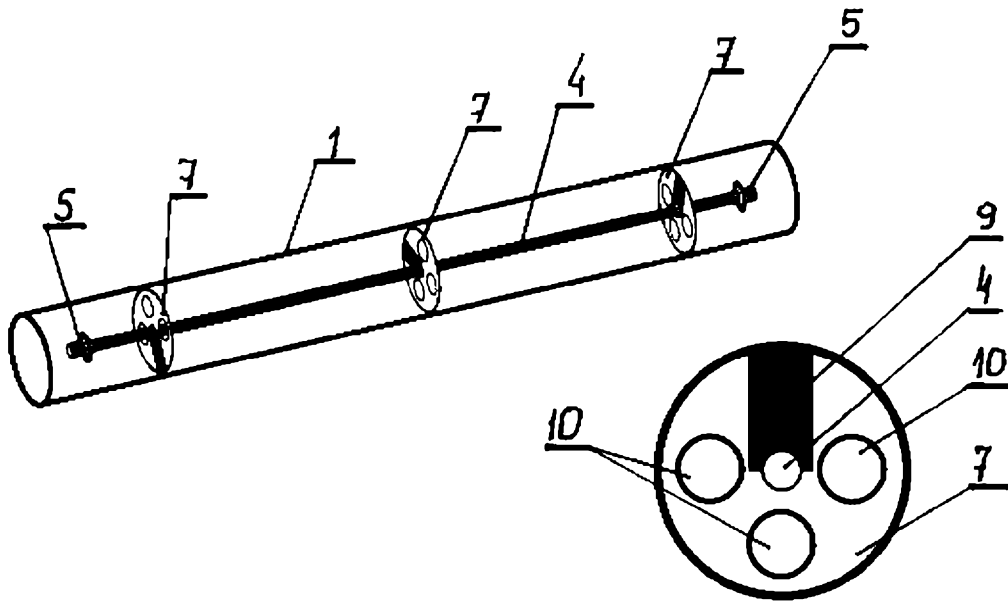


Fig. 8

Fig. 9

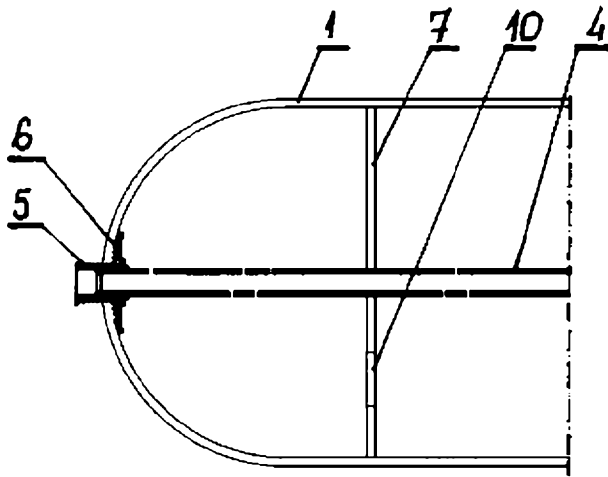


Fig. 10

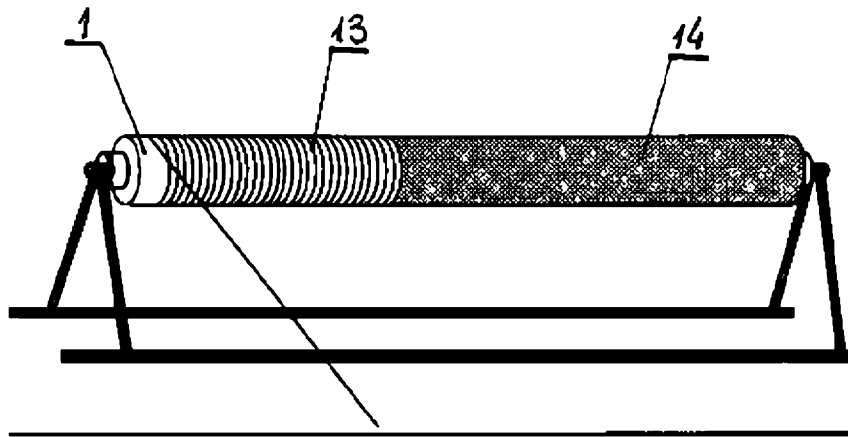


Fig. 11

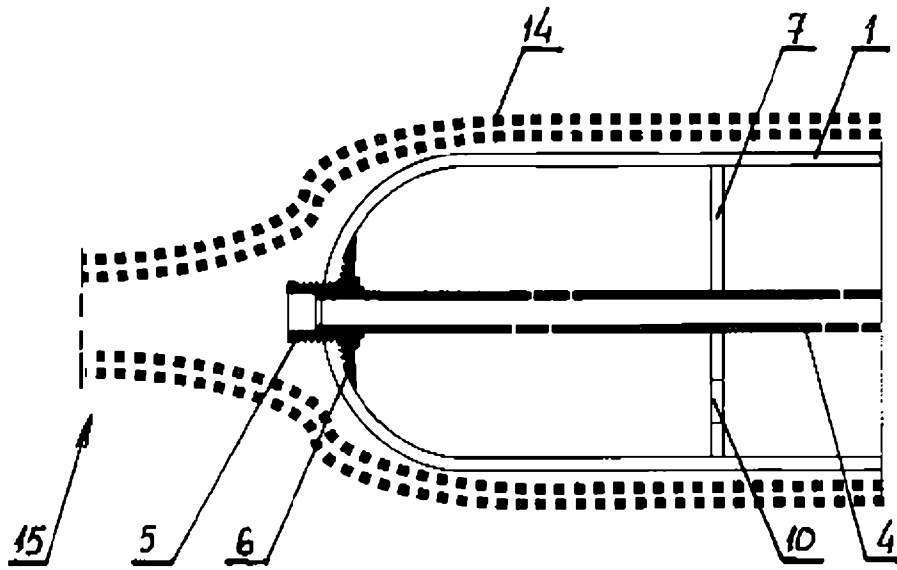


Fig. 12

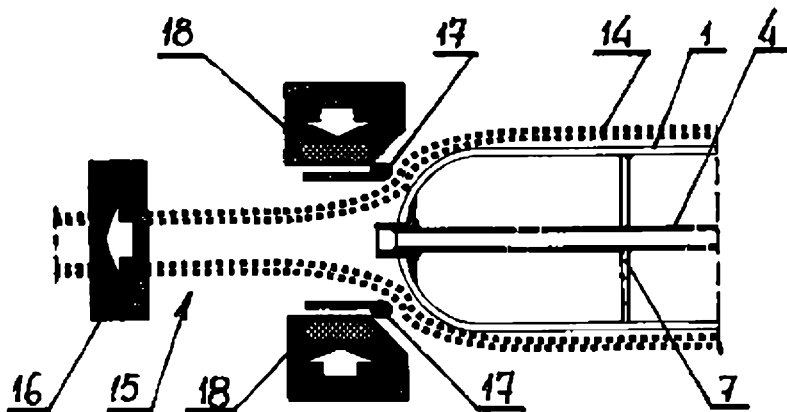


Fig. 13

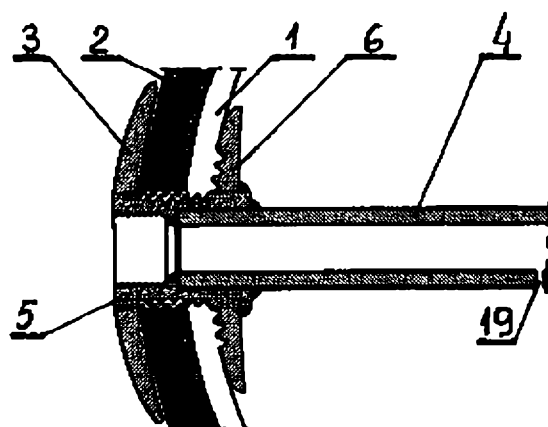


Fig. 14

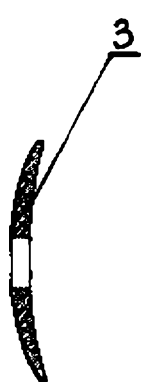


Fig. 15

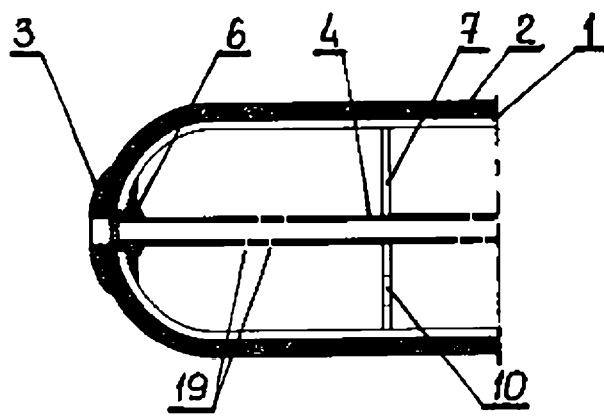


Fig. 16

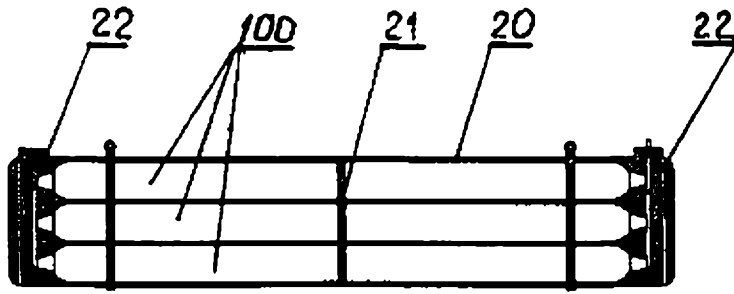


Fig. 17

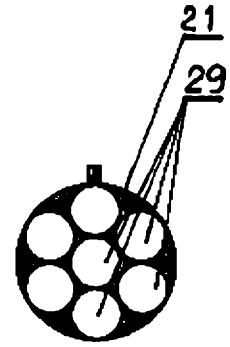


Fig. 18

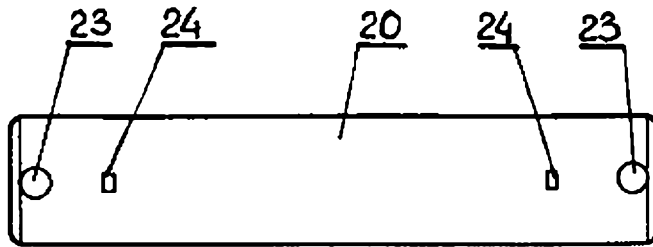


Fig. 19

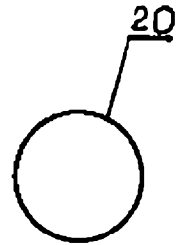


Fig. 20

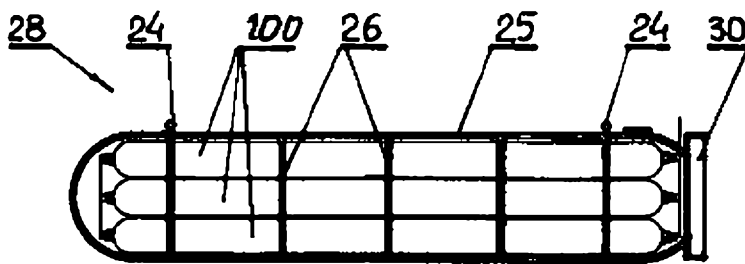


Fig. 21

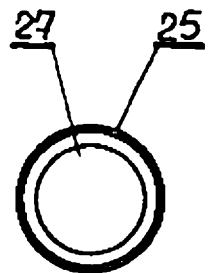


Fig. 22