

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **241753**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **436842**

(22) Data zgłoszenia: **03.02.2021**

(51) Int.Cl.

F17C 1/12 (2006.01)

F17C 1/16 (2006.01)

F17C 13/08 (2006.01)

(54) **Wysokociśnieniowy zbiornik do magazynowania gazów, zwłaszcza wodoru**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

08.08.2022 BUP 32/22

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.11.2022 WUP 48/22

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT WYSOKICH CIŚNIEŃ POLSKIEJ
AKADEMII NAUK, Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ANDRZEJ MORAWSKI, Otwock, PL
MIROSŁAW GURZKOWSKI, Józefów, PL
TOMASZ CETNER, Warszawa, PL
STANISŁAW FILIPEK, Płochocin, PL
EWA MARCZEWSKA, Warszawa, PL
KRZYSZTOF FILAR, Wrocław, PL
GRZEGORZ GAJDA, Wrocław, PL
ZBIGNIEW WITCZAK, Warszawa, PL
PIOTR KOPEĆ, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Magdalena Tarała

PL 241753 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest wysokociśnieniowy zbiornik przeznaczony do magazynowania gazów w małej objętości, w stanie wysokiej gęstości. W szczególności zbiornik ma zastosowanie do magazynowania wodoru i dotyczy sytuacji, w których określoną ilość gazu trzeba zmagazynować dla procesu technologicznego. Szczególnym zastosowaniem jest magazynowanie wodoru jako materiału energetycznego w pojazdach napędzanych ogniwami paliwowymi, w związanej z nimi sieci dystrybucji wodoru oraz stacjach wytwarzania wodoru.

Z patentu PL 196 481 B1 znany jest zasobnik wysokociśnieniowy na gaz, w którym zbiornik zasadniczy jest szczelnie pokryty warstwą włókien, które z kolei pokryte są powłoką ochronną.

Ze zgłoszenia patentowego P.312453 znany jest zbiornik o podwójnym płaszczu w kształcie walca, posiadający metalową ściankę wewnętrzną wykonaną z blachy stalowej, na którą nałożona jest ścianka zewnętrzna wykonana z folii z polietylenu niskociśnieniowego. Pomiędzy ścianką zewnętrzną, a ścianką wewnętrzną umieszczona jest warstwa siatki plecionej z polietylenu niskociśnieniowego.

Znane są zbiorniki kriogeniczne do magazynowania wodoru, które składają się ze zbiornika wewnętrznego, wykonanego ze stali austenitycznej i płaszcz zewnętrznego ze stali niskostopowej pokrytej powłoką antykorozyjną. Zbiornik kriogeniczny jest izolowany próżniowo – przestrzeń między zbiornikiem wewnętrznym i płaszczem zewnętrznym zbiornika kriogenicznego jest wypełniona materiałem izolacyjnym – perlitem.

Publikacje wzorów użytkowych CN209705707U i CN209705710U dotyczą systemu opartego na kriogenicznym wysokociśnieniowym magazynowaniu wodoru. System obejmuje zbiornik, który posiada wewnętrzny cylinder zainstalowany w zewnętrznym cylindrze poprzez element podtrzymujący. Pomiędzy wewnętrznym i zewnętrznym cylindrem, jest przestrzeń, którą opróżnia się, aby utworzyć próżniową warstwę izolacyjną. W wewnętrznym i zewnętrznym cylindrze wykonane są współosiowe otwory, w których zainstalowana jest głowica z kanałami odpowiednio wlotowymi albo wylotowymi do wtłaczania lub wytłaczania wodoru albo wytłaczania powietrza. W przykładowym wykonaniu wewnętrzny cylinder wykonany jest ze stopu aluminium i owinięty jest od zewnątrz włóknem węglowym, natomiast cylinder zewnętrzny wykonany jest z austenitycznej stali nierdzewnej.

W publikacji wzoru użytkowego CN208901068U przedstawiono zbiornik do magazynowania wodoru w stanie nad krytycznym, który składa się ze zbiornika wewnętrznego i zbiornika zewnętrznego, między zbiornikiem wewnętrznym a zbiornikiem zewnętrznym jest przestrzeń próżni. W przestrzeni próżni jest warstwa izolacji cieplnej. Zewnętrzna strona zbiornika wewnętrznego jest wzmocniona przez owinięcie warstwą materiału kompozytowego na bazie żywicy epoksydowej wzmocnionej włóknami.

Z publikacji WO2017114880A1 znany jest zbiornik ciśnieniowy, którego konstrukcja umożliwia składowanie np. w wieżach. Zbiornik składa się z pierwszego, wewnętrznego zbiornika, zawierającego wlot do jego napełniania lub opróżniania oraz drugiego, zewnętrznego zbiornika, przy czym zbiornik zewnętrzny jest przystosowany do wypełniania płynem innym niż wodór. Zbiornik zewnętrzny obejmuje zbiornik wewnętrzny. Ponieważ ściany wewnętrznego zbiornika nie stanowią ścian zewnętrznej, a zatem wodór nie styka się bezpośrednio ze ścianami zewnętrznymi, tak że mógłby powodować kruchość lub pogorszenie ich stanu, ściany zewnętrzne zbiornika mogą podlegać ścisnieniu na przykład podczas piętrowego składowania w wieżach.

Znane wysokociśnieniowe zbiorniki do magazynowania gazów ściśliwych dotyczą zatem w głównej mierze zbiorników kriogenicznych, gdzie wewnętrzny zbiornik służy do przechowywania gazu w obniżonej temperaturze, natomiast zewnętrzny zbiornik stanowi płaszcz dla utworzenia warstwy izolacyjnej próżni. Dodatkowy płaszcz zewnętrzny może służyć również jako dodatkowe zabezpieczenie przechowywanej w zbiorniku wewnętrznym zawartości, w przypadku, gdy np. zbiorniki składowane są piętrowo, w wieżach.

Obecnie stosowane zbiorniki wysokociśnieniowe zbudowane są z obłego płaszcz o dużej wytrzymałości mechanicznej, wewnątrz którego zamknięty jest sprężony gaz. Do napełniania i opróżniania zbiornika służy zainstalowany w ścianie płaszcz zawór lub zawory. Nominalne maksymalne ciśnienie magazynowanego gazu determinuje konstrukcja ściany płaszcz – przede wszystkim dobór materiału oraz jego grubość, które muszą zapewnić zarówno minimalizację dyfuzji gazu przez ścianę płaszcz oraz utrzymać siły rozciągające działające ze strony sprężonego gazu na ściany zbiornika.

Zbiorniki z płaszczem jednowarstwowym, najczęściej stalowym należą do zbiorników 2. generacji. Dla zmniejszenia wagi zbiornika stosuje się płaszcze wielowarstwowe, w których jeden materiał zapewnia nieprzepuszczalność (brak dyfuzji) a drugi wytrzymałość mechaniczną. Warstwa wewnętrzna może być z metalu (3. generacja) lub z tworzywa sztucznego (4. generacja). Warstwę zewnętrzną tworzy się z materiałów kompozytowych, np. z włókien węglowych z żywicą.

Celem wynalazku jest zaproponowanie wysokociśnieniowego zbiornika do przechowywania gazów w stanie wysokiej gęstości, bez obniżania albo z obniżaniem temperatury. Zbiornik powinien odznaczać się wysoką wytrzymałością na panujące w jego wnętrzu ciśnienie. Konstrukcja zbiornika powinna zapewniać jego długą, bezawaryjną pracę i obniżyć podatność na wystąpienie efektów zmęczeniowych. Jednocześnie pożądane jest, by zbiornik stanowił konstrukcję bezpieczną i możliwie lekką.

Cel ten realizuje wysokociśnieniowy zbiornik do magazynowania gazów, zwłaszcza wodoru, zbudowany ze zbiornika wewnętrznego, umieszczonego w zbiorniku zewnętrznym, w którym pomiędzy zbiornikiem wewnętrznym a zbiornikiem zewnętrznym znajduje się wolna przestrzeń. Każdy ze zbiorników ma wykonany otwór i przez otwory te przeprowadzony jest korpus głowicy, zawierający kanał wlotowo-wylotowy prowadzący do zbiornika wewnętrznego i kanał wlotowo-wylotowy prowadzący do zbiornika zewnętrznego. Istotą zbiornika jest to, że w wolnej przestrzeni znajduje się płyn pod ciśnieniem o wartości większej niż ciśnienie otoczenia. Korpus głowicy posiada kołnierz dolny, a na swej walcowej części posiada część nagwintowaną pierwszą z nakręconą nakrętką pierwszą i dalej część nagwintowaną drugą z nasadzonym kołnierzem i nakręconą nakrętką drugą. Pomiedzy kołnierzem dolnym i nakrętką pierwszą jest zamocowany płaszcz zbiornika wewnętrznego, a między nasadzonym kołnierzem i nakrętką drugą jest zamocowany płaszcz zbiornika zewnętrznego. Kołnierz dolny i nakrętka pierwsza oraz nasadzony kołnierz i nakrętka druga na swych powierzchniach stykających się z płaszczem zbiornika wewnętrznego i płaszczem zbiornika zewnętrznego posiadają uszczelki.

Korzystnie, płaszcz zbiornika wewnętrznego lub zbiornika zewnętrznego wykonany jest z metalu, tworzywa sztucznego, kompozytu, układu metal – tworzywo sztuczne, układu metal – kompozyt, układu tworzywo sztuczne – kompozyt, układu tworzywo sztuczne – tworzywo sztuczne, albo układu kompozyt – kompozyt, przy czym płaszcz zbiornika wewnętrznego jest z materiału o niskim współczynniku dyfuzji dla znajdującego się w nim gazu.

Korzystnie, dla magazynowanego wodoru materiałem o niskim współczynniku dyfuzji jest aluminium Al, polietylen PE, polietylen o wysokiej gęstości PE-HD, albo polietylen o ultra wysokiej masie molowej PE-UHMW.

Korzystnie, na płaszczu zbiornika wewnętrznego lub zbiornika zewnętrznego wykonany jest oplot wzmacniający z włókna węglowego, szklanego, aramidowego, bazaltowego, albo innego włókna wysokowytrzymałego, stosowanego w kompozytach polimerowo-włóknistych.

Korzystnie, kanał wlotowo-wylotowy prowadzący do zbiornika zewnętrznego połączony jest przewodem ze zbiornikiem płynu, przy czym na przewodzie jest zawór do regulacji ciśnienia płynu w wolnej przestrzeni.

Korzystnie, w wolnej przestrzeni znajduje się czujnik ilości gazu magazynowanego w zbiorniku wewnętrznym.

Wariantowo, płyn w wolnej przestrzeni ma temperaturę niższą od temperatury otoczenia ma temperaturę niższą od temperatury otoczenia.

Korzystnie, ciśnienie płynu w wolnej przestrzeni jest mierzone i regulowane w ramach normalnego cyklu pracy zbiornika poprzez dynamiczną zmianę ilości płynu w wolnej przestrzeni.

Wypełnienie wolnej przestrzeni pomiędzy zbiornikiem wewnętrznym i zewnętrznym o kontrolowanym ciśnieniu, większym niż ciśnienie otoczenia, prowadzi do wytworzenia wstępnego naprężenia wewnętrznego płaszcza w kierunku do wewnątrz, nazywanego ciśnieniem podpierającym. Takie naprężenie pozwala zwiększyć ciśnienie oraz gęstość gazu w zbiorniku wewnętrznym o wartość ciśnienia płynu w wolnej przestrzeni. Wstępne naprężenie podpierające pozwala zachować konstrukcję jednopłaszczową zbiornika wewnętrznego, przy pełnym zachowaniu jej wytrzymałości. Ilość płynu pomiędzy płaszczami może być ustalona, zapewniając stałe ciśnienie podpierające podczas całego cyklu napełniania, magazynowania i opróżniania zbiornika. Alternatywnie, wartość ciśnienia podpierającego może być dynamicznie zmieniana w trakcie cyklu napełniania i opróżniania zbiornika, poprzez zmianę ilości płynu w przestrzeni pomiędzy płaszczami. Regulacja ilości płynu możliwa jest dzięki zastosowaniu dodatkowego, zewnętrznego zbiornika z płynem do zasilania wolnej przestrzeni z zaworem do regulacji ciśnienia tego płynu w wolnej przestrzeni.

Dla zniwelowania naprężeń wynikających z pracy zbiornika w zmieniających się ciśnieniach, zaprojektowano specjalny korpus głowicy, który zaplanowany jest w taki sposób, aby oba zbiorniki – wewnętrzny i zewnętrzny działały na zasadzie balonika, tzn. bez sztywnego podparcia. Połączenie zbiorników poprzez korpus głowicy o proponowanej konstrukcji pozwala zniwelować rozszczelnienia podczas pracy zbiornika, jakie zachodzą przy sztywnych jego połączeniach z płaszczami zbiorników.

Czujnik ilości gazu wewnętrznego zamontowany w wolnej przestrzeni monitoruje szczelność zbiornika. Wykrycie ulatniającego się gazu jest łatwiejsze, gdy gromadzi się on w wolnej przestrzeni, niż gdyby wydostawał się bezpośrednio do otoczenia. Dzięki temu zwiększa się bezpieczeństwo stosowania tego rodzaju zbiornika. Na bezpieczeństwo wpływa również zastosowanie dwóch zbiorników – ogranicza się w ten sposób ryzyko przebicia zbiornika wewnętrznego, w którym zgromadzony jest niebezpieczny gaz, a zbiornik zewnętrzny stanowi ponadto bufor w przypadku rozszczelnienia zbiornika wewnętrznego. Jednocześnie ze względu na zastosowane ciśnienie podpierające, płaszcze zbiorników, zwłaszcza płaszcz zbiornika wewnętrznego, mogą być projektowane na niższe ciśnienie. Pozwala to w konsekwencji, przy zachowaniu wymaganych parametrów bezpieczeństwa, na stosowanie lżejszych materiałów.

Dodatkowo możliwe jest wypełnienie wolnej przestrzeni płynem o kontrolowanej temperaturze, niższej od temperatury otoczenia, co pozwala na chłodzenie zbiornika wewnętrznego. Prowadzi to do schłodzenia magazynowanego gazu, co przekłada się na zwiększenie jego gęstości w danym ciśnieniu i zwiększenia ilości zmagazynowanego gazu. Zbiornik w wersji z regulowaną temperaturą płynu w wolnej przestrzeni między płaszczami może być wykorzystany w układach, w których obecne są układy chłodzące lub kriogeniczne. Schłodzenie gazu, takiego jak wodór, pozwala zwiększyć jego gęstość do wartości znacznie większych niż uzyskuje się poprzez tradycyjne sprężanie w warunkach przemysłowych. Zbiornik według obecnego wynalazku pozwala zatem na magazynowanie gazu przy zwiększonej gęstości poprzez zwiększenie jego ciśnienia i ewentualnie obniżenie jego temperatury. Pozwala to zwiększyć ilość gazu magazynowanego w jednostce objętości zbiornika.

Zbiornik w wersji z ciśnieniem podpierającym o ustalonej ilości płynu podpierającego może być wykorzystany jako zbiornik paliwa do pojazdów z ogniwami paliwowymi, np. na wodór. Zbiornik taki pozwala zmieścić znaczną ilość paliwa, przy zachowaniu wystarczającej objętości. Zapewnia wysokie bezpieczeństwo oraz możliwość monitorowania nieszczelności.

Zbiornik w wersji z regulowanym ciśnieniem podpierającym może być wykorzystany w zbiornikach stacjonarnych, gdzie regulacja ciśnienia podpierającego w sprzężeniu z ciśnieniem magazynowanego gazu pozwala zmniejszyć naprężenia występujące w zbiornikach wewnętrznym i zewnętrznym w trakcie cyklu napełniania i opróżniania, co zmniejsza efekty zmęczeniowe i wydłuża żywotność zbiorników.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym: Fig. 1 przedstawia schematycznie zbiornik w przekroju przez króciec, Fig. 2 przedstawia w powiększeniu króciec i jego mocowanie w zbiornikach wewnętrznym i zewnętrznym, a Fig. 3 przedstawia zbiornik w wariancie z regulacją ciśnienia gazu w wolnej przestrzeni, dla uzyskania zmiennego ciśnienia podpierającego.

Wysokociśnieniowy zbiornik do magazynowania wodoru, zbudowany jest ze zbiornika wewnętrznego 1, umieszczonego w zbiorniku zewnętrznym 2. Pomiędzy zbiornikiem wewnętrznym 1 a zbiornikiem zewnętrznym 2 znajduje się wolna przestrzeń 3. Każdy ze zbiorników 1, 2 ma wykonany otwór i przez otwory te przeprowadzony jest korpus 4 głowicy 7, zawierający kanał wlotowo-wylotowy 5 prowadzący do zbiornika wewnętrznego 1 i kanał wlotowo-wylotowy 6 prowadzący do zbiornika zewnętrznego 2. W wolnej przestrzeni 3 znajduje się gaz pod ciśnieniem o wartości większej niż ciśnienie otoczenia. Korpus 4 głowicy 7 posiada kołnierz dolny 8, a na swej walcowej części posiada część nagwintowaną pierwszą 9 z nakręconą nakrętką pierwszą 1 i dalej część nagwintowaną drugą 11 z nasadzonym kołnierzem 12 i nakręconą nakrętką drugą 13. Między kołnierzem dolnym 8 i nakrętką pierwszą 10 jest zamocowany płaszcz zbiornika wewnętrznego 1, a między nasadzonym kołnierzem 12 i nakrętką drugą 13 jest zamocowany płaszcz zbiornika zewnętrznego 2. Kołnierz dolny 8 i nakrętką pierwszą 10 oraz nasadzony kołnierz 12 i nakrętką drugą 13 na swych powierzchniach stykających się z płaszczem zbiornika wewnętrznego 1 i płaszczem zbiornika zewnętrznego 2 posiadają uszczelki 14.

Płaszcz zbiornika wewnętrznego 1 wykonany jest z materiału o niskim współczynniku dyfuzji dla wodoru i materiałem tym jest na przykład aluminium Al. Płaszcz może być też, nie ograniczając, wy-

konany z następujących materiałów: polietylen PE, polietylen o wysokiej gęstości PE-HD, albo polietylen o ultra wysokiej masie molowej PE-UHMW. Płaszcz zbiornika zewnętrznego 2 wykonany jest z układu tworzywo sztuczne – kompozyt, ale możliwe jest, nie ograniczając, wykonanie z: metalu, tworzywa sztuczne, kompozytu, układu metal – tworzywo sztuczne, układu metal – kompozyt, układu tworzywo sztuczne – tworzywo sztuczne, albo układu kompozyt – kompozyt. Dla wykonania zbiornika, płaszcze są spawane. Na płaszcach zarówno zbiornika wewnętrznego 1, jak i zbiornika zewnętrznego 2 wykonany jest oplot 15 wzmacniający z włókna węglowego. Możliwe jest też, nie ograniczając, wykonanie z włókna szklanego, aramidowego, bazaltowego, albo innego włókna wysokowytrzymałego, stosowanego w kompozytach polimerowo-włóknistych. W wolnej przestrzeni 3 znajduje się czujnik 19 ilości gazu, w tym przypadku wodoru magazynowanego w zbiorniku wewnętrznym 1.

W wariantcie przedstawionym na Fig. 3 kanał wlotowo-wylotowy 6 prowadzący do zbiornika zewnętrznego 2 połączony jest przewodem 16 ze zbiornikiem gazu 17. Na przewodzie 16 jest zawór 18 do regulacji ciśnienia gazu w wolnej przestrzeni 3. Ciśnienie gazu w wolnej przestrzeni 3 jest mierzone i regulowane w ramach normalnego cyklu pracy zbiornika poprzez dynamiczną zmianę jego ilości w wolnej przestrzeni 3.

W wariantowym wykonaniu, gaz w wolnej przestrzeni 3 ma temperaturę niższą od temperatury otoczenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Wysokociśnieniowy zbiornik do magazynowania gazów, zwłaszcza wodoru, zbudowany ze zbiornika wewnętrznego, umieszczonego w zbiorniku zewnętrznym, przy czym pomiędzy zbiornikiem wewnętrznym a zbiornikiem zewnętrznym znajduje się wolna przestrzeń, a każdy ze zbiorników ma wykonany otwór i przez otwory te przeprowadzony jest korpus głowicy, zawierający kanał wlotowo-wylotowy prowadzący do zbiornika wewnętrznego i kanał wlotowo-wylotowy prowadzący do zbiornika zewnętrznego, **znamienny tym**, że w wolnej przestrzeni (3) znajduje się płyn pod ciśnieniem o wartości większej niż ciśnienie otoczenia, natomiast korpus (4) głowicy (7) posiada kołnierz dolny (8), a na swej walcowej części posiada część nagwintowaną pierwszą (9) z nakręconą nakrętką pierwszą (10) i dalej część nagwintowaną drugą (11) z nasadzonym kołnierzem (12) i nakręconą nakrętką drugą (13), a między kołnierzem dolnym (8) i nakrętką pierwszą (10) jest zamocowany płaszcz zbiornika wewnętrznego (1), a między nasadzonym kołnierzem (12) i nakrętką drugą (13) jest zamocowany płaszcz zbiornika zewnętrznego (2), przy czym kołnierz dolny (8) i nakrętką pierwszą (10) oraz nasadzony kołnierz (12) i nakrętką drugą (13) na swych powierzchniach stykających się z płaszczem zbiornika wewnętrznego (1) i płaszczem zbiornika zewnętrznego (2) posiadają uszczelki (14).
2. Wysokociśnieniowy zbiornik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że płaszcz zbiornika wewnętrznego (1) lub zbiornika zewnętrznego (2) wykonany jest z metalu, tworzywa sztuczne, kompozytu, układu metal – tworzywo sztuczne, układu metal – kompozyt, układu tworzywo sztuczne – kompozyt, układu tworzywo sztuczne – tworzywo sztuczne, albo układu kompozyt – kompozyt, przy czym płaszcz zbiornika wewnętrznego (1) jest z materiału o niskim współczynniku dyfuzji dla znajdującego się w nim gazu.
3. Wysokociśnieniowy zbiornik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że dla magazynowanego wodoru materiałem o niskim współczynniku dyfuzji jest aluminium Al, polietylen PE, polietylen o wysokiej gęstości PE-HD, albo polietylen o ultra wysokiej masie molowej PE-UHMW.
4. Wysokociśnieniowy zbiornik według któregośkolwiek z poprzednich zastrz., **znamienny tym**, że na płaszczu zbiornika wewnętrznego (1) lub zbiornika zewnętrznego (2) wykonany jest oplot (15) wzmacniający z włókna węglowego, szklanego, aramidowego, bazaltowego, albo innego włókna wysokowytrzymałego, stosowanego w kompozytach polimerowo-włóknistych.
5. Wysokociśnieniowy zbiornik według któregośkolwiek z poprzednich zastrz., **znamienny tym**, że kanał wlotowo-wylotowy (6) prowadzący do zbiornika zewnętrznego (2) połączony jest przewodem (16) ze zbiornikiem płynu (17), przy czym na przewodzie (16) jest zawór (18) do regulacji ciśnienia płynu w wolnej przestrzeni (3).

6. Wysokociśnieniowy zbiornik według któregokolwiek z poprzednich zastrz., **znamienny tym**, że w wolnej przestrzeni (3) znajduje się czujnik ilości (19) gazu magazynowanego w zbiorniku wewnętrznym (1).
7. Wysokociśnieniowy zbiornik według któregokolwiek z poprzednich zastrz., **znamienny tym**, że płyn w wolnej przestrzeni (3) ma temperaturę niższą od temperatury otoczenia.
8. Wysokociśnieniowy zbiornik według któregokolwiek z poprzednich zastrz., **znamienny tym**, że ciśnienie płynu w wolnej przestrzeni (3) jest mierzone i regulowane w ramach normalnego cyklu pracy zbiornika poprzez dynamiczną zmianę ilości płynu w wolnej przestrzeni (3).

Rysunki

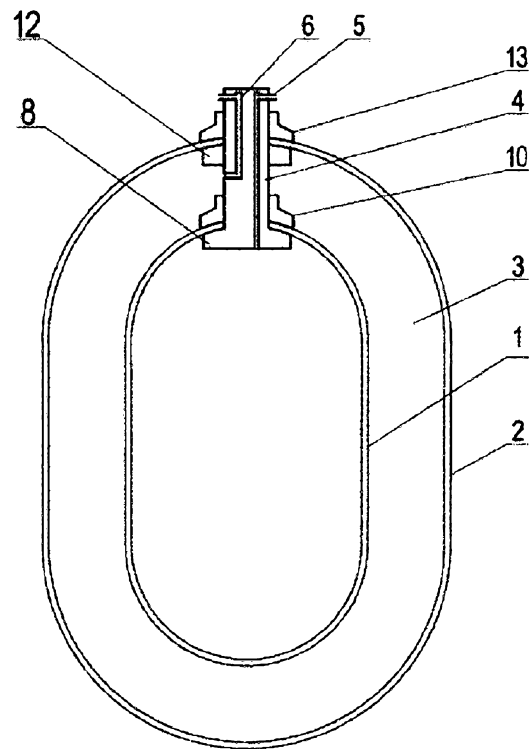


Fig.1

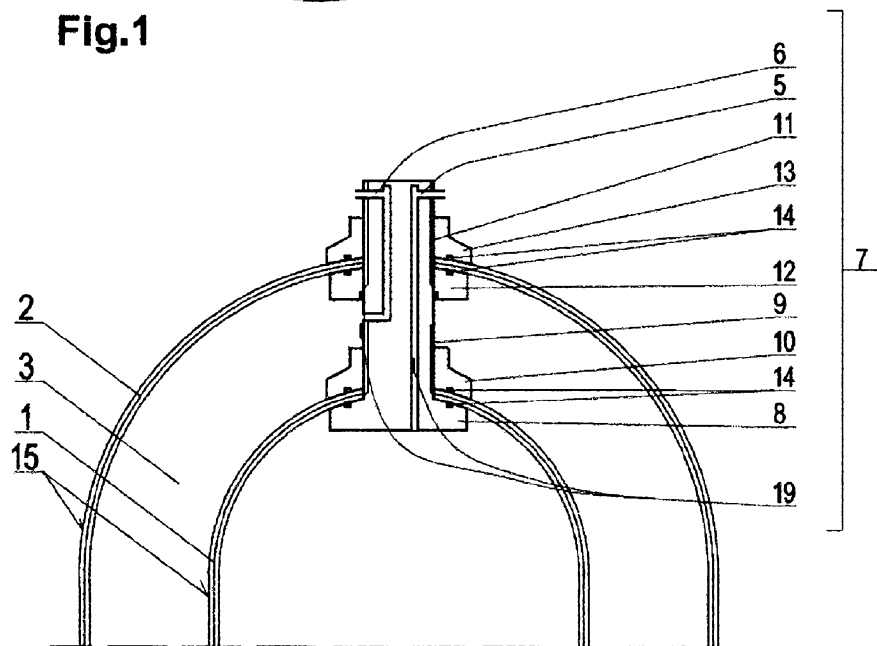
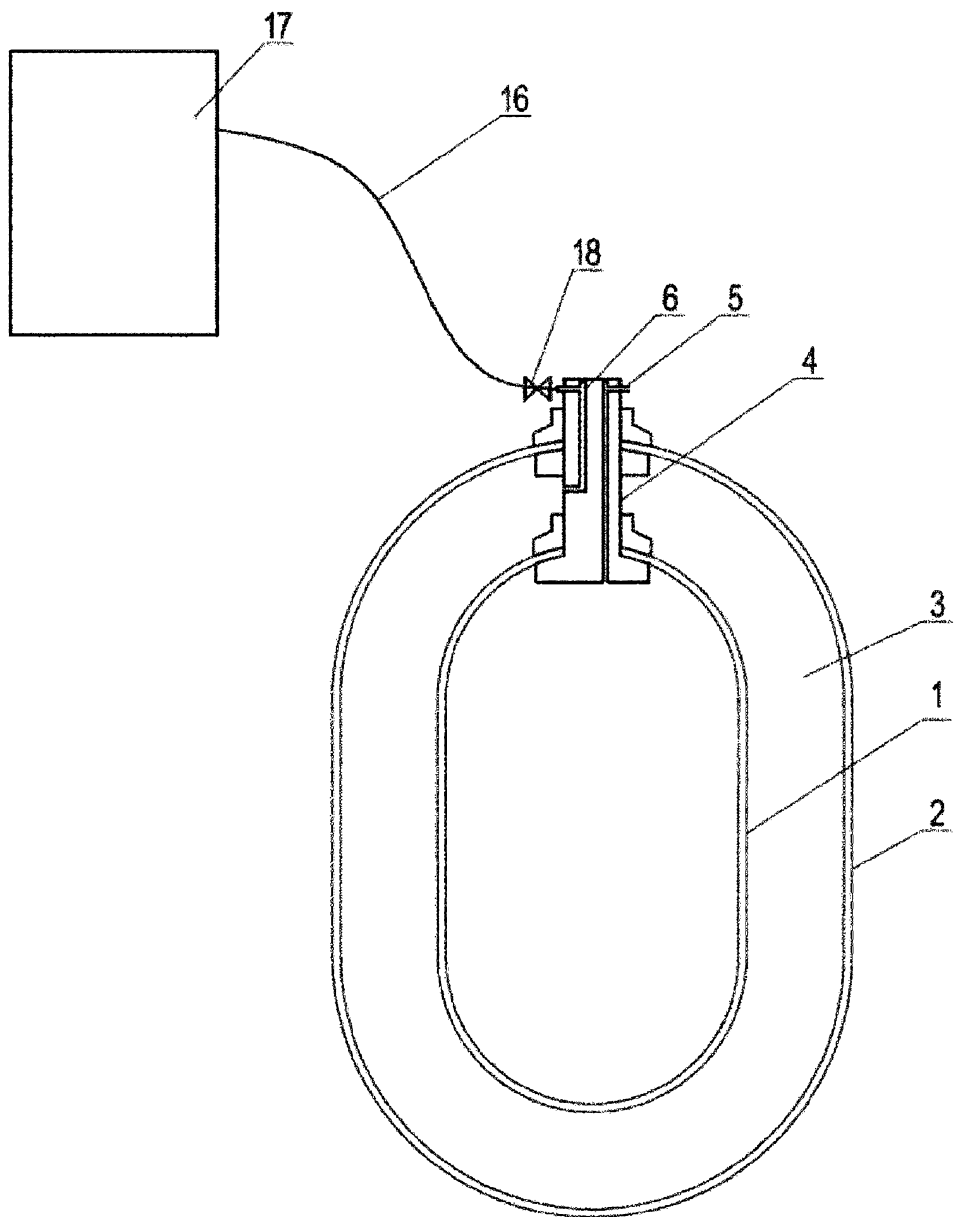


Fig.2

**Fig.3**