

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **230148**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **419140**

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

(22) Data zgłoszenia: **17.10.2016**

(54)

Urządzenie do adsorpcyjnego magazynowania gazu ziemnego

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

23.04.2018 BUP 09/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.09.2018 WUP 09/18

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

MIROSLAW KWIATKOWSKI, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Agnieszka Staniszewska

PL 230148 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem niniejszego patentu jest urządzenie do adsorpcyjnego magazynowania gazu ziemnego przeznaczone dla dziedziny techniki obejmującej magazynowanie gazu ziemnego na potrzeby zasilania pojazdów samochodowych oraz na potrzeby zasilania systemów stacjonarnych wykorzystujących gaz ziemny.

W ostatnich kilkunastu latach podejmuje się wiele działań w celu ochrony środowiska naturalnego i poprawy jakości powietrza atmosferycznego. Jednym z największych problemów, z jakim borykają się szczególnie duże miasta jest zanieczyszczenie powietrza wywołane przez pojazdy samochodowe, wykorzystujące paliwa silnikowe otrzymywane w procesach przeróbki ropy naftowej. W związku z tym coraz większym zainteresowaniem jako paliwem, cieszy się gaz ziemny, składający się głównie z metanu oraz etanu i wyższych węglowodorów nasyconych. Paliwo to ze względu na swoje znaczące zasoby, powszechną dostępność i niewielką ilość zanieczyszczeń, a co za tym idzie mniejsze zagrożenie dla środowiska przyrodniczego w porównaniu do ciekłych paliw ropopochodnych oraz stosunkowo niską cenę gaz ziemny stanowi atrakcyjną alternatywę dla paliw klasycznych stosowanych do zasilania silników pojazdów samochodowych oraz systemów stacjonarnych zasilanych gazem ziemnym.

Gaz ziemny magazynowany w temperaturze otoczenia i pod ciśnieniem atmosferycznym jest jednak mało atrakcyjny pod względem praktycznego wykorzystania z uwagi na niską gęstość energii i co za tym idzie między innymi bardzo ograniczony zasięg zasilanych nim pojazdów samochodowych oraz krótki okres pracy systemów stacjonarnych. Dlatego praktyczne wykorzystanie gazu ziemnego uzależnione jest od możliwości zmagazynowania odpowiedniej ilości tego paliwa w zbiorniku przy określonej wymaganej gęstości energii. Temperatura krytyczna metanu wynosi 191 K, dlatego też gaz ten nie może być skraplany przez samo zwiększenie ciśnienia, w związku z tym poszukuje się odpowiednich metod zwiększania gęstości energii tego paliwa.

Jedną z najbardziej efektywnych metod magazynowania gazu ziemnego na potrzeby zasilania pojazdów samochodowych jest jego magazynowanie w złożach mikroporowatych adsorbentów węglowych, co związane jest z tym, że w określonych warunkach, pod tym samym ciśnieniem magazynowania objętość gazu ziemnego mieszczącego się w zbiorniku wypełnionym adsorbentem może nawet kilkakrotnie przewyższać objętość gazu w zbiorniku bez adsorbentu. Niestety gęstość energii możliwa do osiągnięcia w metodzie adsorpcyjnego magazynowania gazu i stąd zasięg pojazdów zasilanych gazem ziemnym magazynowanym w złożach materiałów porowatych wynosi tylko ok. 20% zasięgu typowego dla pojazdów zasilanych benzyną.

Wadą dotychczas znanych rozwiązań adsorpcyjnego magazynowania gazu ziemnego jest także to, iż podczas procesu adsorpcji tj. podczas napełniania zbiornika wypełnionego adsorbentem, następuje znaczny wzrost temperatury złoża związany z egzotermicznym charakterem procesu oraz małą przewodnością cieplną adsorbentów węglowych. Zjawisko to utrudnia i wydłuża znacznie proces napełniania zbiornika oraz znacznie obniża pojemność adsorpcyjną złoża, tzn. im wyższa jest temperatura złoża adsorbentu tym mniej metanu zostanie zaadsorbowane. Z drugiej strony podczas użytkowania pojazdu zasilanego gazem ziemnym magazynowanym w zbiornikach wypełnionych adsorbentem węglowym, nie jest możliwe wykorzystanie znaczącej części zaadsorbowanego gazu, co w konsekwencji zmniejsza użyteczną pojemność zbiornika, a co za tym idzie zmniejsza się zasięg pojazdów zasilanych tym paliwem szczególnie w niskich temperaturach. Wady te utrudniają w dużym stopniu praktyczne wykorzystanie na szerszą skalę metod adsorpcyjnego magazynowania gazu ziemnego szczególnie do zasilania pojazdów samochodowych. W związku z tym podejmowano wiele prób redukcji wspomnianych niepożądanych efektów termicznych.

Z opisu patentowego nr CN102182918A, znane jest rozwiązanie magazynowania gazu ziemnego na potrzeby zasilania pojazdów samochodowych, w którym procesy adsorpcji i desorpcji przeprowadza się w stałej temperaturze przez cały czas, dzięki czemu uzyskuje się największą wydajność magazynową złoża adsorbentu. Zaproponowane rozwiązanie zapewnia ogrzewanie złoża podczas desorpcji z wykorzystaniem ciepła spalin oraz chłodzenia podczas napełniania złoża tj. adsorpcji wykorzystując sprężarkę z systemu klimatyzacji samochodowej.

Z opisu patentowego nr US2013220479A1, znane jest urządzenie do magazynowania gazu ziemnego, które zawiera co najmniej jeden porowaty, elastyczny pojemnik (torebka lub worek z materiału elastycznego), który jest przepuszczalny dla gazu. W pojemniku tym umieszczony jest węgiel aktywny

który ma średnią średnicę porów większą niż średnia średnica porów pojemnika. Zaproponowane rozwiązanie może skutecznie zapobiegać przedostawaniu się pyłu powstającego z materiału adsorpcyjnego do instalacji silnika samochodowego.

Z opisu patentowego nr CA2169311A1, znane jest urządzenie do magazynowania gazu ziemnego, w którym w zbiorniku ciśnieniowym umieszczono metaloorganiczny kompleks o jedno-wymiarowej strukturze kanałów.

Z opisu patentowego nr US2015258487, znany jest sposób wytwarzania lekkiego systemu magazynowania gazu ziemnego. System ten składa się z porowatego materiału monolitycznego z zintegrowaną nieprzepuszczalną powłoką o dużej wytrzymałości, która jest zdolna do przechowywania gazu pod ciśnieniem, w bezpieczny i użyteczny sposób.

Z opisu patentowego nr CN105402599A, znane jest rozwiązanie magazynowania gazu ziemnego, w którym w zbiorniku ciśnieniowym umieszczone jest złożo adsorbentu węglowego w odpowiednim elastycznym opakowaniu, mającym właściwości filtrujące.

Z opisu wzoru użytkowego nr CN204026132U, znane jest rozwiązanie magazynowania gazu ziemnego z układem wymiany ciepła, w którym w cylindrycznej obudowie umieszczone jest złożo adsorbentu węglowego. W złożu tym umieszczona jest rura uźebrowana chłodząca wykorzystywana do wymiany ciepła w złożu adsorbentu. Uźebrowana rura wymiennika ciepła utworzona przez wiele żeber i warstw adsorbentu, które są umieszczone pomiędzy każdymi dwoma sąsiednimi warstwami żeber.

Z opisu patentowego nr CN1529084A, znane jest rozwiązanie magazynowania gazu ziemnego układem ogrzewania złoża i jego schładzania z zależności od trybu pracy tj. odpowiednio desorpcji i adsorpcji gazu ziemnego. Urządzenie to składa się z pionowych elementów rurowych wypełnionych złożem adsorbentu węglowego. Z jednej strony końce elementów rurowych podłączone są do instalacji napełniania układu, a z drugiej są zaślepione. Do schładzania lub ogrzewania elementów rurowych wykorzystywane jest powietrze o odpowiedniej temperaturze lub woda.

Z opisu patentowego nr CA2906115A1, znane jest rozwiązanie magazynowania gazu ziemnego, składające się z płaskiego modułu o dużej powierzchni wymiany ciepła, zawierającego złożo adsorbentu węglowego. Moduły te mogą być łączone w pakiety.

Z opisu patentowego nr CN1566741A, znane jest rozwiązanie systemu magazynowania gazu ziemnego na potrzeby zasilania pojazdów samochodowych, w którym do stabilizacji/chłodzenia złoża adsorbentu węglowego wykorzystano instalację wodną chłodzącą silnik samochodowy.

Z opisu wzoru użytkowego nr CN202252816U, znany jest zbiornik do magazynowania gazu ziemnego w kompozytowych materiałach adsorpcyjnych, z układem akumulacji ciepła. W korpusie zaproponowanego zbiornika gazu ziemnego, umieszczone są poprzecznie warstwy kompozytowego materiału adsorpcyjnego, przedzielone siatkami metalowymi. Wewnątrz zbiornika rozmieszczone są także równomiernie metalowe rury z materiałami akumulującymi ciepło, zadaniem których jest regulacja temperatury w zbiorniku, w procesie adsorpcji i desorpcji gazu, w celu zmniejszenia efektu termicznego i poprawy rzeczywistej objętości adsorpcyjnej.

Z opisu patentowego nr KR20050007029A, znane jest rozwiązanie zbiornika do magazynowania wodoru w stopach metali. W urządzeniu tym zastosowano rurę grzejną z zamontowanym równolegle do jej osi uźebrowaniem, w celu redukcji efektów termicznych towarzyszących reakcji endotermicznej lub egzotermicznej odpowiednio podczas rozładowywania lub załadowywania zbiornika.

Opisane powyżej wady rozwiązań adsorpcyjnego magazynowania gazu ziemnego zostały skutecznie wyeliminowane dopiero przez rozwiązanie według wynalazku. Zastosowanie odpowiednio zizolowanego termicznie dwuściennego zbiornika wykonanego z kompozytów, w porównaniu do klasycznych zbiorników stalowych nie tylko zmniejsza jego wagę, ale także zapobiega niekontrolowanemu zwiększaniu lub zmniejszaniu temperatury w zbiorniku na skutek jego nagłego wychłodzenia lub ogrzania, dzięki temu iż materiał ten cechuje się bardzo dobrą izolacyjnością cieplną, a przestrzeń pomiędzy ściankami zbiornika dodatkowo wypełniona jest argonem.

Urządzenie do adsorpcyjnego magazynowania gazu ziemnego posiadające zbiornik, w którym umieszczono złożo adsorbentu węglowego w formie monolitycznej, z aktywnym układem wymiany ciepła, charakteryzuje się tym, że posiada dwuścienny zbiornik z materiału kompozytowego węglowo epoksydowego o ujednorodnionych kierunkowo własnościach, wzmacnianego korzystnie włóknami kevlarowymi pomiędzy ściankami którego, znajduje się argon, przy czym zbiornik wypełniony jest złożem mikroporowatego adsorbentu węglowego z zamontowanymi wewnątrz miedzianymi radiatorami wewnętrznymi i połączonymi z nimi na wcisk miedzianymi gazowymi rurkami cieplnymi, wyprowadzonymi z dwóch stron na zewnątrz zbiornika i zamocowanymi w miedzianych stopkach, pokrytych na powierzchni styku

elektrolitycznie srebrem, a na pozostałych powierzchniach warstwą niklu. Mikroporowaty adsorbent węglowy ma formę monolityczną z kanałami transportowymi wzdłuż zbiornika o średnicy korzystnie 4 mm, w poprzek zbiornika, korzystnie o średnicy 2 mm i strukturze przestrzennej plastra miodu. Miedziane radiatory wewnętrzne i rurki ciepłe wykonane są z miedzi beztlenowej pokrytej elektrolitycznie na zewnątrz warstwą antykorozyjną niklu. Radiatory żeberkowe posiadają zamontowane wewnątrz i kompatybilne z nimi wentylatory o regulowanych obrotach oraz siłowniki odpowiadające za ich sprzęganie i rozprężanie z stopkami, niepokazane na rysunku.

Przedmiot rozwiązania został uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przekrój wzdłużny urządzenia do adsorpcyjnego magazynowania gazu ziemnego z układem redukcji efektów termicznych, natomiast fig. 2 przedstawia przekrój poprzeczny urządzenia według wynalazku przez złożo adsorbentu węglowego, fig.3 przedstawia przekrój poprzeczny urządzenia przez perforowany wewnętrzny radiator.

Zgodnie z rozwiązaniem, w dwuściennym zbiorniku 1 z materiału kompozytowego, którego przestrzeń między ściankami zewnętrzną i wewnętrzną wypełniona jest argonem, wyposażonym w zawór wlotowy i wylotowy oraz wypełnionego złożem mikroporowatego adsorbentu węglowego 2 w formie monolitycznej, zainstalowano perforowane miedziane radiatory wewnętrzne 3 z dodatkowymi przetłoczeniami zwiększającymi ich powierzchnię, połączone na wcisk z miedzianymi rurkami cieplnymi 4 wypełnionymi gazem. Końcówki układów rurek cieplnych 4 wyprowadzone zostały z dwóch stron na zewnątrz zbiornika 1 i zamocowane zostały w miedzianych stopkach 5, pokrytych na powierzchni styku elektrolitycznie srebrem. W miedzianych stopkach 5 zamontowane zostały dodatkowo oporowe elementy grzejne 6 załączane i sterowane za pomocą cyfrowego układu elektronicznego 11 połączonego z miernikiem ciśnienia 10 i miernikiem temperatury 12 złoża adsorbentu węglowego umieszczonych w zbiorniku 1 oraz miernikiem temperatury zewnętrznej 9, umieszczonym na zewnątrz pojazdu lub obudowy urządzenia stacjonarnego. Stopki 5 stykają się okresowo tj. w trybie chłodzenia podczas napełniania zbiornika 1, czyli procesu adsorpcji lub nadmiernego wzrostu temperatury zewnętrznej, z miedzianymi radiatorami żeberkowymi 7 wyposażonymi w wentylatory 8. Za rozdzielanie i łączenie radiatorów żeberkowych 7 ze stopkami 5, odpowiadają siłowniki elektryczne niepokazane na rysunku. W trybie chłodzenia, następuje intensywne odprowadzanie ciepła ze złoża adsorbentu węglowego, wydzielającego się podczas procesu adsorpcji gazu ziemnego. Podczas trybu pracy tj. wykorzystywania zmagazynowanego gazu ziemnego do napędu silnika pojazdu samochodowego lub innego urządzenia, czyli procesu desorpcji gazu z powierzchni mikroporowatego adsorbentu węglowego 2, powierzchnie stopek 5 z zamontowanymi końcówkami rurek cieplnych 4 i powierzchnie radiatorów żeberkowych 7 są rozdzielone od siebie, dzięki czemu unika się wychładzania złoża adsorbentu. Sprzęganie radiatorów 7 ze stopką 5 oraz załączanie wentylatorów 1 odbywa się automatycznie w przypadku trybu napełniania zbiornika oraz w przypadku nadmiernego przekroczenia temperatury np. podczas postoju w upalny dzień. Budowa miedzianych radiatorów żeberkowych 7 i umieszczenie wentylatorów 8 może być dostosowane do konkretnych warunków instalacji zbiorników, wymagane jest jednak zapewnienie możliwości efektywnej wymiany ciepła.

W celu zminimalizowania niekontrolowanej wymiany ciepła, w proponowanym rozwiązaniu stosuje się w karoserii samochodowej lub obudowie urządzenia stacjonarnego dodatkowo system żaluzji, otwieranych automatycznie podczas pracy wentylatorów 8 i zamykanych w trybie wykorzystywania zmagazynowanego paliwa tj. desorpcji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do adsorpcyjnego magazynowania gazu ziemnego, **znamiennie tym**, że posiada dwuścienny zbiornik (1) z materiału kompozytowego, wypełniony złożem mikroporowatego adsorbentu węglowego (2), z zamontowanymi wewnątrz miedzianymi radiatorami wewnętrznymi (3) i połączonymi z nimi miedzianymi gazowymi rurkami cieplnymi (4), wyprowadzonymi z dwóch stron na zewnątrz zbiornika (1) i zamocowanymi w miedzianych stopkach (5), w których zamontowane są oporowe elementy grzejne (6) współpracujące z cyfrowym układem elektronicznym (11) połączonym z miernikiem ciśnienia (10) i miernikiem temperatury (12) złoża adsorbentu węglowego, umieszczonych w zbiorniku (1) oraz miernikiem temperatury

- zewnątrz (9), umieszczonym na zewnątrz, przy czym stopki (5) stykają się okresowo w trybie chłodzenia podczas napełniania zbiornika (1), z miedzianymi radiatorami żeberkowymi (7) wyposażonymi w wentylatory (8).
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że kompozytowy zbiornik (1) ma podwójne ścianki, pomiędzy którymi umieszczony jest argon.
 3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że mikroporowaty adsorbent węglowy (2), ma formę monolityczną z kanałami transportowymi wzdłuż zbiornika o średnicy korzystnie 4 mm, w poprzek zbiornika, korzystnie o średnicy 2 mm i strukturze przestrzennej plastra miodu.
 4. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że miedziane radiatory wewnętrzne (3) oraz cylindryczny element sprzęgający (5) połączone są z rurkami cieplnymi (4) precyzyjnie na wcisk.
 5. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że radiatory żeberkowe (7) posiadają zamontowane wewnątrz i kompatybilne z nimi wentylatory (8) o regulowanych obrotach.
 6. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zbiornik (1) jest wykonany z wytrzymałego materiału kompozytowego węglowo-epoksydowego o ujednorodnionych kierunkowo własnościach, wzmacnianego korzystnie włóknami kewlarowymi.
 7. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zamontowane wewnątrz miedziane radiatory wewnętrzne (3) i połączone z nimi rurki cieplne (4) wykonane są korzystnie z miedzi beztlenowej pokrytej elektrolitycznie na zewnątrz warstwą antykorozyjną niklu.
 8. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że stopki miedziane (5) są wykonane korzystnie z miedzi beztlenowej pokrytej elektrolitycznie na powierzchniach styku warstwą srebra, a na pozostałych powierzchniach warstwą niklu.
 9. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że radiatory żeberkowe (7) wykonane są korzystnie z miedzi beztlenowej pokrytej elektrolitycznie na powierzchniach styku ze stopką (5) warstwą srebra, a na pozostałych powierzchniach warstwą niklu.

Rysunki

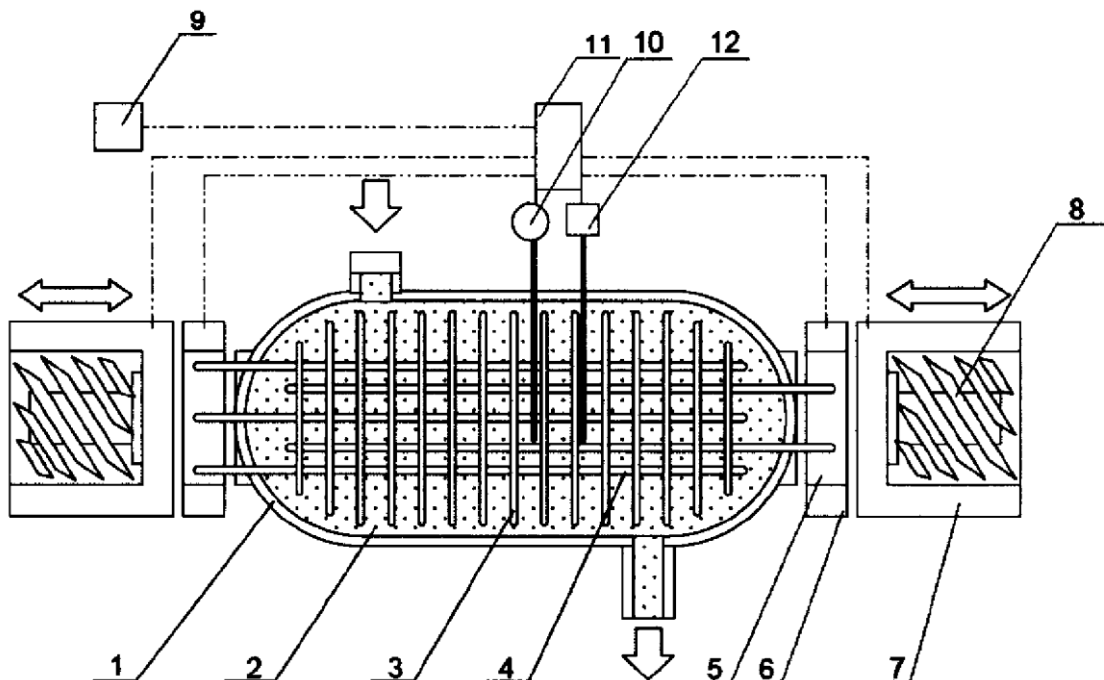


Fig.1

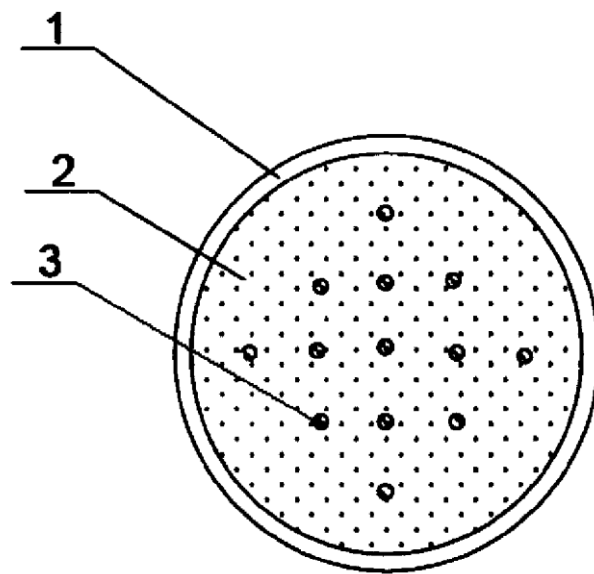


Fig.2

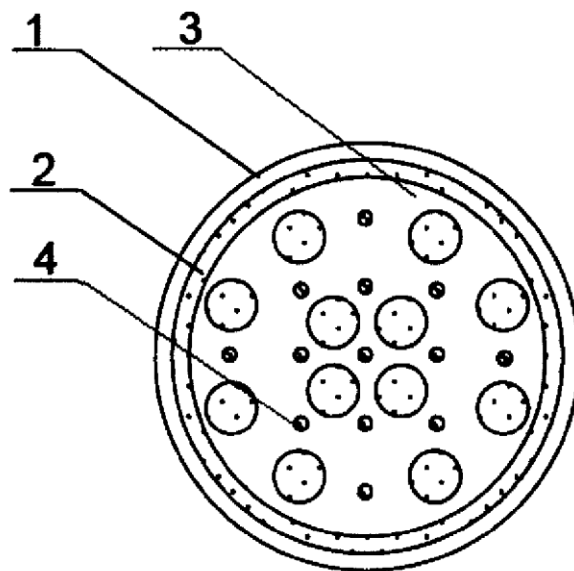


Fig.3