

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 243767 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **436217**

(22) Data zgłoszenia: **2020.12.03**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.06.06 BUP 23/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.10.09 WUP 41/2023**

(51) MKP:

**F25J 1/02** (2006.01)

**F25J 5/00** (2006.01)

**F17C 9/04** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:  
**POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:  
**PIOTR KRAWCZYK, Nowe Racibory, PL**  
**ALEKSANDRA DZIDO, Warszawa, PL**  
**KRZYSZTOF BADYDA, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**Oliwia Czarnocka, Warszawa, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób magazynowania dwutlenku węgla, zwłaszcza w przemyśle spożywczym**

**PL 243767 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób magazynowania dwutlenku węgla w postaci skroplonej z układem do odzysku energii, przeznaczony zwłaszcza do stosowania w przemyśle spożywczym. W szczególności wynalazek stosowany jest w sektorze produkcji napojów gazowanych, a także w instalacjach, w których konieczne jest krótkoterminowe magazynowanie dwutlenku węgla.

W stanie techniki znane są sposoby i układy do magazynowania energii bądź gazu w skroplonym powietrzu, w których gaz poddaje się sprężaniu, wstępnemu chłodzeniu oraz dławieniu, w wyniku czego część strumienia się wykrapla. Skroplone powietrze jest następnie magazynowane i w odpowiednim czasie regazyfikowane. Stosowana w tym procesie instalacja do magazynowania energii w skroplonym powietrzu z modułem do separacji tlenu przedstawiona została przykładowo w dokumencie PL233789 B1.

Ze względu na znaczną energochłonność, zwłaszcza w przypadku etapu sprężania gazu, znane są sposoby podwyższenia sprawności układów do magazynowania energii w skroplonym powietrzu poprzez zastosowanie obiegu parowego (przykładowo w dokumencie PL236371 B1) lub modułu parowego (jak na przykład w dokumencie PL236372 B1). Podobnie, stosowanie modułu skraplania i regazyfikacji powietrza w celach magazynowania energii połączonego z układem wytwarzania energii w obiegu parowym przedstawiono w dokumencie US 2015/0113940 A1.

Sposób oraz układ do skraplania gazu innego niż powietrze zaprezentowano w dokumencie PL233185 B1. Opisana w tym dokumencie instalacja służy do magazynowania gazu ziemnego w postaci skroplonej i jest dedykowana dla dużych odbiorców tego paliwa w celu optymalizacji pracy ich instalacji ze względu na koszty utrzymania przyłącza gazowego. Ujawnione w dokumencie PL233185 B1 rozwiązanie uwzględnia instalację upłynnienia gazu ze zbiornikiem magazynującym fazy ciekłej i obwodem recyrkulacji fazy gazowej oraz zespół regazyfikacji ciekłego gazu z obwodem regazyfikacji łączącym zbiornik magazynujący z ekspanderem podgrzanego gazu. Instalacja upłynnienia gazu obejmuje co najmniej dwa wielostrumieniowe wymienniki ciepła z oddzielnymi obiegami chłodniczymi.

Jak opisano na podstawie przytoczonych dokumentów ze stanu techniki – głównym celem ujawnionych w nim sposobów i układów jest magazynowanie energii – w postaci odpowiednio skroplonego powietrza lub gazu ziemnego. Rozwiązania te w praktyce wiążą się ze znacznymi stratami energetycznymi wynikającymi głównie ze sprężania gazu, stanowiącego najbardziej energochłonny etap procesu. Z tego względu w dalszym ciągu dąży się do minimalizacji strat energii procesowej oraz możliwego jej odzysku, zwłaszcza w zakresie różnego rodzaju zastosowań oraz związanych z nim wymogów oraz ograniczeń technologicznych.

W przemyśle spożywczym, szczególnie w sektorze produkcji napojów gazowanych, stosowany jest dwutlenek węgla. Pozyskuje się go często ze spalin silników pracujących na terenie zakładu. Niestety, w praktyce zapotrzebowanie na energię elektryczną konieczną do wytwarzania dwutlenku węgla nie pokrywa się w czasie z faktycznym i aktualnym zapotrzebowaniem na ten gaz, który to konieczny jest w produkcji napojów gazowanych. Zachodzi więc konieczność magazynowania dwutlenku węgla, który w warunkach normalnych jest gazem, a zatem do jego przechowywania konieczne byłoby stosowanie zbiorników o znacznej objętości. W celu zmniejszenia wymiarów instalacji magazynującej praktykowane jest przechowywanie dwutlenku węgla w postaci skroplonej. Obecnie do ochłodzenia i skroplenia dwutlenku węgla stosuje się np. agregaty chłodnicze, jednakże nie zapewniają one w pełni satysfakcjonującego oraz wydajnego obniżenia strat energetycznych procesu.

W świetle powyższego, u podstaw przedmiotowego wynalazku leży zadanie opracowania nowego sposobu krótkoterminowego magazynowania dwutlenku węgla do zastosowań w przemyśle spożywczym, w którym zapewniona jest możliwość odzysku części energii a przez to zwiększenie sprawności procesu.

Zgodny z wynalazkiem sposób magazynowania dwutlenku węgla, zwłaszcza w przemyśle spożywczym, prowadzi się w układzie zintegrowanej gospodarki dwutlenku węgla, w którym wlotowy strumień gazowego dwutlenku węgla poddaje się sprężaniu w sprężarce, a następnie poddaje się procesowi chłodzenia. Chłodzenie prowadzi się w co najmniej pierwszym obiegu chłodzenia czynnikiem chłodniczym, w którym strumień dwutlenku węgla przepuszcza się przez wejściowy wymiennik ciepła oraz wyjściowy wymiennik ciepła, gdzie wejściowy wymiennik ciepła w pierwszym obiegu chłodzenia stanowi wielostrumieniowy wymiennik ciepła. Po etapie chłodzenia strumień dwutlenku węgla kieruje się do zaworu dławiącego, w którym część strumienia wykrapla się a następnie prowadzi do separatora,

w którym zachodzi rozdzielenie fazy ciekłej i gazowej strumienia, po czym faza ciekła jest magazynowana a następnie ogrzewana, regazyfikowana i formowana w wylotowy strumień gazowego dwutlenku węgla. Sposób charakteryzuje się tym, że po etapie rozdzielania faz w separatorze faza ciekła dwutlenku węgla magazynowana jest w zbiorniku ciekłego dwutlenku węgla po czym zwiększa się ciśnienie fazy ciekłej w pompie a następnie strumień ten prowadzi się do wyjściowego wymiennika ciepła w pierwszym obiegu chłodzenia, w którym fazę ciekłą podgrzewa się i regazyfikuje a następnie podgrzewa utworzony strumień gazowy po czym wprowadza się go do turbiny gazowej. Uzyskaną w separatorze fazę gazową dwutlenku węgla zawraca się do wielostrumieniowego wymiennika ciepła a następnie kieruje i podłącza się do wlotowego strumienia gazowego dwutlenku węgla w usytuowanym przed sprężarką mikserze. Ponadto, wlotowy strumień gazowego dwutlenku węgla, po etapie sprężania w sprężarce oraz przed etapem chłodzenia w wielostrumieniowym wymienniku ciepła w pierwszym obiegu chłodzenia chłodzi się wstępnie w co najmniej drugim obiegu chłodzenia czynnikiem chłodniczym, przy czym czynniki chłodnicze w pierwszym obiegu chłodzenia i drugim obiegu chłodzenia są substancjami o innym zakresie temperatury, w którym są cieczą. Drugi obieg chłodzenia obejmuje pierwszy dwustrumieniowy wymiennik ciepła, który zlokalizowany jest przed wielostrumieniowym wymiennikiem ciepła w pierwszym obiegu chłodzenia oraz trzeci wymiennik ciepła, który zlokalizowany jest za wyjściowym wymiennikiem ciepła w pierwszym obiegu chłodzenia.

Korzystnie jest również, gdy czynnik chłodniczy w pierwszym obiegu chłodzenia i drugim obiegu chłodzenia magazynowany jest w co najmniej jednym zbiorniku zimnego czynnika chłodniczego oraz co najmniej jednym zbiorniku ciepłego czynnika chłodniczego.

Ponadto korzystnie jest, gdy turbina gazowa sprężona jest z generatorem.

Przedmiotowy sposób magazynowania dwutlenku węgla pozwala na znaczne zwiększenie sprawności energetycznej procesu. Magazynowanie dwutlenku węgla w postaci ciekłej pozwala na stosowanie niewielkiego zbiornika, który pracować może w warunkach niemal bezciśnieniowych. Ponadto, ze względu na stosowanie gazu występującego już pod pewnym ciśnieniem możliwe jest dalsze ograniczenie nakładów energetycznych wymaganych na etapie skraplania. Wprowadzenie turbiny gazowej na wylocie układu umożliwia odzyskanie niemal połowy energii spożytkowanej na sprężanie gazu co również przyczynia się do zwiększenia sprawności całego procesu. Co istotne także, sposób według wynalazku pozwala na wykorzystanie w procesie ciepła odpadowego, które w przedsiębiorstwach przemysłu spożywczego dostępne jest często w postaci strumienia gorących spalin uzyskanych na innych liniach technologicznych i które to, poprzez zawartą w nich energię, zużytkowane może zostać przykładowo do podgrzania strumienia po regazyfikacji oraz przed jego wprowadzeniem do turbiny.

Przedmiot wynalazku uwidoczniiony został w przykładzie wykonania oraz na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przykładowy układ zintegrowanej gospodarki dwutlenkiem węgla stosowany do realizacji sposobu według wynalazku.

Zgodnie z prezentowanym przykładem wykonania wlotowy strumień 1 gazowego dwutlenku węgla jest sprężany w sprężarce 3 a następnie chłodzony dwuetapowo. Pierwsze chłodzenie strumienia dwutlenku węgla polega na przekazaniu części ciepła strumienia do drugiego obiegu chłodzenia II z czynnikiem chłodniczym drugim w pierwszym dwustrumieniowym wymienniku ciepła 4, natomiast chłodzenie drugie ma miejsce w wielostrumieniowym wymienniku ciepła 5 i odbywa się poprzez oddanie ciepła do strumienia gazu recyrkulowanego oraz strumienia czynnika chłodniczego pierwszego w pierwszym obiegu chłodzenia I. Zarówno pierwszy obieg chłodzenia I jak również drugi obieg chłodzenia II posiadają zbiorniki na stosowany w nich czynnik chłodniczy, tj. zbiornik 15 ciepłego czynnika chłodniczego i zbiornik 16 zimnego czynnika chłodniczego w pierwszym obiegu chłodzenia I oraz odpowiednio zbiornik 17 ciepłego czynnika chłodniczego i zbiornik 18 zimnego czynnika chłodniczego w drugim obiegu chłodzenia II.

Sprężony i schłodzony strumień dwutlenku węgla trafia następnie na zawór dławiący 6, gdzie w efekcie występowania zjawiska Joule'a-Thomsona ochładza się a w wyniku wspomnianego spadku temperatury częściowo skrapla. Po rozdzieleniu faz w separatorze 7 faza gazowa strumienia jest kierowana poprzez wielostrumieniowy wymiennik ciepła 5 do miksera 2, gdzie łączy się z wlotowym strumieniem 1 gazowego dwutlenku węgla. Faza ciekła strumienia kierowana jest do i magazynowana w zbiorniku 8 ciekłego dwutlenku węgla. W momencie wystąpienia zapotrzebowania na dwutlenek węgla, strumień ciekłego dwutlenku węgla jest kierowany na pompę 9 w celu podwyższenia ciśnienia a następnie na system wyjściowych wymienników ciepła, w których zachodzi jego ogrzanie i regazyfikacja, tj. drugi wymiennik ciepła 10 w pierwszym obiegu chłodzenia I a następnie trzeci wymiennik ciepła 11 w drugim

obiegu chłodzenia II. Część energii włożonej w proces odzyskiwana jest w turbinie gazowej 12, połączonej z generatorem 13, gdzie energia sprężonego gazu może być zamieniona na energię elektryczną. Uzyskany przez to wylotowy strumień 14 dwutlenku węgla w postaci gazowej gotowy jest do przekazania na instalację produkcyjną napojów gazowanych.

Przedmiotowy wynalazek nie ogranicza się tylko do przedstawionych powyżej przykładów wykonania. Możliwe są różne jego modyfikacje i rozwinięcia w ramach załączonych zastrzeżeń patentowych, bez odejścia od istoty wynalazku.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób magazynowania dwutlenku węgla, zwłaszcza w przemyśle spożywczym, w układzie zintegrowanej gospodarki dwutlenku węgla, w którym wlotowy strumień (1) gazowego dwutlenku węgla poddaje się sprężaniu w sprężarce (3), a następnie poddaje się procesowi chłodzenia, przy czym chłodzenie prowadzi się w co najmniej pierwszym obiegu chłodzenia (I) czynnikiem chłodniczym, w którym strumień dwutlenku węgla przepuszcza się przez wejściowy wymiennik ciepła (5) oraz wyjściowy wymiennik ciepła (10), gdzie wejściowy wymiennik ciepła (5) w pierwszym obiegu chłodzenia (I) stanowi wielostrumieniowy wymiennik ciepła, przy czym po etapie chłodzenia strumień dwutlenku węgla kieruje się do zaworu dławiącego (6), w którym część strumienia wykrapla się a następnie prowadzi do separatora (7), w którym zachodzi rozdzielanie fazy ciekłej i gazowej strumienia, po czym faza ciekła jest magazynowana a następnie ogrzewana, regazyfikowana i formowana w wylotowy strumień (14) gazowego dwutlenku węgla, **znamienny tym**, że po etapie rozdzielania faz w separatorze (7) faza ciekła dwutlenku węgla magazynowana jest w zbiorniku (8) ciekłego dwutlenku węgla po czym zwiększa się ciśnienie fazy ciekłej w pompie (9) a następnie strumień ten prowadzi się do wyjściowego wymiennika ciepła (10) w pierwszym obiegu chłodzenia (I), w którym fazę ciekłą podgrzewa się i regazyfikuje a następnie podgrzewa utworzony strumień gazowy po czym wprowadza się go do turbiny gazowej (12), natomiast uzyskaną w separatorze (7) fazę gazową dwutlenku węgla zawraca się do wielostrumieniowego wymiennika ciepła (5) a następnie kieruje i podłącza się do wlotowego strumienia (1) gazowego dwutlenku węgla w usytuowanym przed sprężarką (3) mikserze (2), oraz tym, że wlotowy strumień (1) gazowego dwutlenku węgla, po etapie sprężania w sprężarce (3) oraz przed etapem chłodzenia w wielostrumieniowym wymienniku ciepła (5) w pierwszym obiegu chłodzenia (I) chłodzi się wstępnie w co najmniej drugim obiegu chłodzenia (II) czynnikiem chłodniczym, przy czym czynniki chłodnicze w pierwszym obiegu chłodzenia (I) i drugim obiegu chłodzenia (II) są substancjami o innym zakresie temperatury, w którym są cieczą, przy czym drugi obieg chłodzenia (II) obejmuje pierwszy dwustrumieniowy wymiennik ciepła (4), który zlokalizowany jest przed wielostrumieniowym wymiennikiem ciepła (5) w pierwszym obiegu chłodzenia (I) oraz trzeci wymiennik ciepła (11), który zlokalizowany jest za wyjściowym wymiennikiem ciepła (10) w pierwszym obiegu chłodzenia (I).
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czynnik chłodniczy w pierwszym obiegu chłodzenia (I) i drugim obiegu chłodzenia (II) magazynowany jest w co najmniej jednym zbiorniku (16; 18) zimnego czynnika chłodniczego oraz co najmniej jednym zbiorniku (15; 17) ciepłego czynnika chłodniczego.
3. Sposób według któregokolwiek z powyższych zastrzeżeń, **znamienny tym**, że turbina gazowa (12) sprzężona jest z generatorem (13).

Rysunek

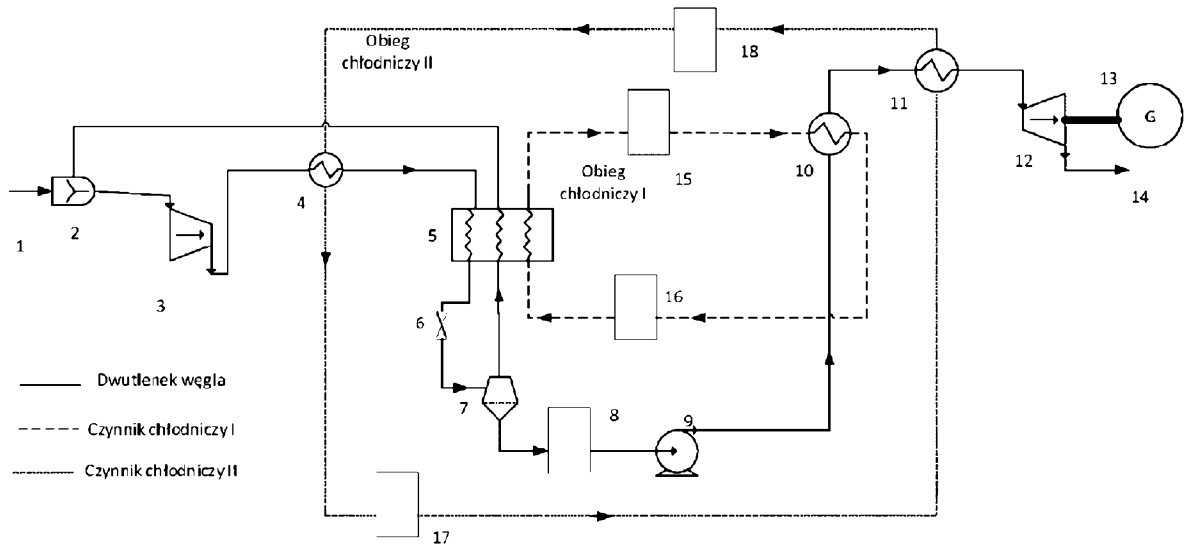


Fig. 1