

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 244321 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437577**

(22) Data zgłoszenia: **2021.04.13**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.10.17 BUP 42/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.01.08 WUP 02/2024**

(51) MKP:

**F28D 11/02** (2006.01)

**F25J 3/08** (2006.01)

**F23J 15/02** (2006.01)

**F23J 15/06** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**OKONIEWSKI DARIUSZ PIOTR, Gdynia, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**DARIUSZ PIOTR OKONIEWSKI, Gdynia, PL**

(54) Tytuł:

**Wymiennik ciepła**

**PL 244321 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest płaszczowy wymiennik ciepła, do zastosowania szczególnie w biogazowniach do oczyszczania biogazu do gazu wysokometanowego, oraz wychwytywaniem dwutlenku węgla powstałego w wyniku spalania biogazu lub biometanu. Wychwyt dwutlenku węgla z procesów w biogazowniach jako sekwestracja, w swej istocie jest usuwaniem dwutlenku węgla z atmosfery.

Biogaz jest mieszaniną składającą się głównie z metanu i dwutlenku węgla, produkowaną przez mikroorganizmy z rozkładu substancji organicznych w warunkach beztlenowych. Powstały biogaz składa się w 50–75% z metanu i 25–45% z dwutlenku węgla, a także z małych ilości siarkowodoru, azotu, tlenu i wodoru. Skład biogazu zależy od procesu technologicznego i zastosowanych substratów. Procentowy udział metanu w biogazie stanowi o wartości opałowej tego paliwa. Im większy jego udział, tym większa wartość kaloryczna biogazu (przyjmuje się, że biogaz o zawartości 65% metanu ma zazwyczaj wartość kaloryczną 23 MJ/m<sup>3</sup>). Ze względu na obecność zanieczyszczeń bezpośrednie wykorzystanie wytworzonego w procesie fermentacji biogazu jest właściwie niemożliwe. Biogaz jest zazwyczaj wykorzystywany do wytwarzania energii cieplnej w kotłach lub do produkcji energii elektrycznej i cieplnej w skojarzeniu. Oczyszczanie biogazu w takich instalacjach sprowadza się do usuwania siarkowodoru i pary wodnej, odpowiedzialnych za korozję i obniżenie żywotności urządzeń energetycznych. Natomiast, aby wytworzony biogaz można było wtłoczyć do sieci gazowej, wykorzystając do napędu pojazdów należy usunąć z niego dwutlenek węgla, a także siarkowodór, siloksany, a następnie go osuszyć. Stosując odpowiednie technologie oczyszczania biogazu, można uzyskać tzw. biometan o zawartości metanu powyżej 95%. Biometan może być bezpiecznie wtłaczany do sieci, oraz wykorzystywany do produkcji energii, nawet w ogniwach paliwowych czy mikroinstalacjach, które wymagają gazu pozbawionego zanieczyszczeń. Wszystkie te przedsięwzięcia prowadzą jedynie do korzystania z energii czystej, nieobciążonej emisją dwutlenku węgla.

Dotychczas znane technologie oczyszczania gazu z biogazowni i wysypisk śmieci dzielą się na metody wykorzystujące membrany, metody oparte o reakcje chemiczne, oraz metody kriogeniczne. Proces usuwania pary wodnej z biogazu polega na doprowadzeniu go do parametrów, w których przekroczony zostaje punkt rosy. Podwyższenie ciśnienia pozwala uzyskać ten punkt przy wyższej temperaturze.

Kriogeniczny proces najczęściej oparty jest na wykorzystaniu zjawiska Jouela – Thompsona i polega na sprężaniu biogazu do wysokiego ciśnienia np. 50 MPa, schłodzeniu a następnie jego rozprężaniu, przez co uzyskuje się niską temperaturę biogazu. Rozdzielanie dwutlenku węgla przebiega dwuetapowo, najpierw około 40% w postaci ciekłej, a dopiero w kolejnym etapie resztę gazu, ale już w postaci ciała stałego. Wadą tego typu instalacji jest to, że aby sprężyć biogaz do wysokiego ciśnienia np. 50 MPa potrzeba odpowiednich sprężarek, co generuje bardzo wysokie koszty całego procesu.

Znany jest Pat.225854 pt. „Sposób oczyszczania biogazu do parametrów gazu przesyłowego, oraz instalacja do oczyszczania biogazu”. Sposób charakteryzuje się tym, że usuwanie dwutlenku węgla odbywa się poprzez przeponowe schłodzenie biogazu ciekłym azotem, doprowadzając do wykroplenia się dwutlenku węgla, wydzielonego następnie w separatorze. Proces prowadzi się pod ciśnieniem nie niższym niż 1,5 MPa, w przedziale temperatur od -62 do -72°C. Proces wstępnego schłodzenia nieoczyszczonego biogazu odbywa się w wymienniku ciepła przy pomocy oczyszczonego biogazu mającego temperaturę od -50 do -60°C. Następnie z nieoczyszczonego biogazu w specjalnej kolumnie usuwana jest woda i siarkowodór, po czym kierowany jest już do wymiennika ciepła z ciekłym azotem, który wrząc (w warunkach normalnych -196°C) pobiera przeponowo ciepło parowania od przepływającego biogazu, schładzając go do wymaganej temperatury.

W metodzie tej wstępne schłodzenie nieoczyszczonego biogazu, biogazem oczyszczonym o temperaturze poniżej -50°C będzie powodować problemy wynikające z tworzenia się lodu na powierzchni wymiany ciepła. Bardzo pogorszy to parametry wymiany i będzie wprost blokować przepływ.

Całe ciepło pobrane przez parujący azot zostanie utracone, bowiem gazowy azot ulatuje do atmosfery.

Zastosowanie tej metody w większej skali spowoduje nieuchronnie wzrost ceny ciekłego azotu. Rzutować to będzie niekorzystnie na opłacalność całej metody.

Celem wynalazku było opracowanie takiej konstrukcji powierzchni wymiany ciepła, aby możliwe było zastosowanie, w procesie ciągłym, długiej drogi wymiany, z równoczesnym oddzielaniem, powstającej w niskotemperaturowym procesie resublimacji, frakcji stałego dwutlenku węgla. Roz-

wiązanie ma dać możliwość przeprowadzenia całego procesu w jednym urządzeniu. Nawet bez żadnej fazy przygotowawczej.

#### **Istota wynalazku.**

Zostało to rozwiązane, według wynalazku, w ten sposób, że zespół przegród wymiany ciepła składa się z obrotowych, kolistych płyt z osiowym otworem, obwodowo stożkowo wyprofilowanych. Przy tym parami, obrzeżami, są one połączone z sobą szczelnie, poprzez dodatkową kolistą płytę wewnętrzną, z zespołem otworów przepływowych, blisko wewnętrznej strony obwodowego obrzeża. Wszystkie pary płyt, osiowymi otworami, połączone są z sobą szczelnie długimi śrubami, za pośrednictwem pierścieni dystansowych. Rozwiązanie to sprawia, że strumień czynnika cieplnego, przepływającego przez wnętrze zespołu połączonych płyt, każdorazowo rozplywa się równo, odosiowo, wewnątrz kolistych par do obwodowych otworów przepływowych i potem ponownie koncentruje się w kolejnych przyosiowych otworach przepływowych. Zapewnione zostaje wyrównane natężenie wymiany ciepła na całych powierzchniach płyt. Jednocześnie, pierścienie dystansowe wytworzyły, na zewnątrz par płyt, przestrzenie dla przepływu gazu poddawanego przerobowi.

W rozwiązaniu, wg wynalazku, koliste płyty wewnętrzne wychodzą nieznacznie poza obrzeże kolistych płyt wymiany i połączone są sztywno z pierścieniami zębatymi. Zębami tych pierścieni, każda para płyt podparta jest na dwóch wałach z zespołami zębów.

Rozwiązanie to umożliwia rezygnację z napędu całego zespołu przez jeden osiowy wał, który musiałby spełniać wymóg dużej sztywności. Dzięki przyjętemu rozwiązaniu, zespół kolistych płyt podparty jest na całej swej długości. Jednocześnie boczne wały przenoszą napęd osobno na każdą parę płyt. Wyeliminowane są duże osiowe siły skrętne wewnątrz całego zespołu. Siła obrotowa na każdą parę przenoszona jest w dwóch punktach. Z kolei płyty wewnętrzne przenoszą ją dalej, po obwodach płyt, bez ryzyka odkształceń.

W rozwiązaniu, wg wynalazku, zespół par kolistych płyt od góry dociskany jest osiową zębatą, stycznie z zębami pierścieni płyt.

Rozwiązanie zabezpiecza zespół płyt przed wyboczeniem osi obrotu pod wpływem dużego bocznego oporu. Możliwe staje się zeszkrobывanie osadzającej się frakcji stałej jednocześnie z wszystkich kolistych płyt wymiany ciepła.

W rozwiązaniu, wg wynalazku, wały z zespołami zębów i oś dociskowa, osadzone są skrajnie w konstrukcji nośnej, zbudowanej z dwóch ram, połączonych wzdlużnymi belkami. Na górnej parze belek, wspornikami, spoczywa skrzyniowy zsyp, z poprzecznymi przegrodami. Do jego wnętrza, pomiędzy przegrody, wchodzi dolne części obracających się kolistych płyt wymiany ciepła. Poprzeczne przegrody wychodzą w górę, ponad krawędź zsyphu i szczelnie przylegają do dolnych powierzchni wałów. Wychodzą też w górę i krawędziami części przyosiowych tworzą, wspólnie z pierścieniami dystansowymi, części dolne pierścieniowych otworów przepływowych gazu. Pozostałą część górną pierścieniowych otworów tworzą skraje przegród, będące częścią półwalcowej pokrywy przykrywającej cały zespół kolistych płyt, od góry, obrzeżem, szczelnie zespolonej z krawędzią zsyphu. Przegrody pokrywy obejmują, szczelnie, górne powierzchnie wałców i dolną powierzchnię osi zębatej, oraz stykają się, szczelnie, swymi krawędziami, z krawędziami przegród zsyphu. Od góry podłużny otwór w pokrywie, wokół osi zębatej, zamyka szczelnie obudowa. Posiada ona również wewnętrzne przegrody, stycznie szczelne z osiową i przegrodami pokrywy.

Rozwiązania te tworzą, wokół zespołu kolistych płyt wymiany ciepła, zamkniętą przestrzeń przepływową dla gazu poddawanego przerobowi. Przy tym poprzeczne, częściowe, przegrody wymuszają przepływ całego strumienia gazu, blisko całych powierzchni wymiany ciepła.

W rozwiązaniu, wg wynalazku, w obudowanych otworach bocznej ściany zsyphu, stycznie do powierzchni płyt wymiany ciepła, osadzone są skrobaki. Posiadają one kliny z ostrymi krawędziami, stycznymi do powierzchni płyt i schodzącymi się w kierunku natarcia, osadzonej na powierzchniach płyt, frakcji stałej.

Rozwiązania te umożliwiają ciągłe usuwanie z powierzchni płyt gromadzącej się frakcji stałej i utrzymanie przenikania ciepła na wymaganym poziomie. Zastosowanie klinowych ostrzy, działających stycznie z płytami, znacznie zmniejsza siłę natarcia osadu ze względu na wytworzone zjawisko podważania go przez klinowe ostrza i odspajania od powierzchni płyt. Jednocześnie, skośne natarcie ostrzy daje efekt rozcinania.

W rozwiązaniu, wg wynalazku, do dna zsyphu przytwierdzone są, szczelnie, przenośniki ślimakowe z piórami bezwałowymi, posiadające poprzeczną przegrodę i dwa wysypy. Rozwiązania te zamykają denną część przestrzeni przepływowej przerabianego gazu, jednocześnie umożliwiając

ciągły odbiór spadającego osadu (frakcję stałą), odspajanego od płyt wymiany ciepła. Większa niż jeden ilość przenośników umożliwia zachowanie niezbędnego kąta ścian zsypu. Bezwałowe pióra ślimaków umożliwiają przesuw okruchów osadu w kierunku otworów wysypowych, przy całkowitym wypełnieniu przestrzeni ich obudowy. Jeśli masa osadu utrzymywana jest możliwie wysoko, to stanowi ona barierę dla przepływu gazu przez przestrzeń ślimaków, bez kontaktu z płytami wymiany ciepła. Rozwiązanie umożliwia, w przypadku dwufazowego procesu schładzania gazu, osobne odbieranie frakcji stałych z obydwu faz.

W rozwiązaniu, wg wynalazku, pierścienie zębate kolistych płyt wymiany ciepła przegrodzone są pierścieniami termoizolacyjnymi.

Rozwiązanie to zapobiega przewodzeniu ciepła od zębów w kierunku płyt wymiany lub odwrotnie, w zależności od warunków procesu. Umożliwia to utrzymywanie przez zęby pierścieni temperatury takiej, jaką posiada gaz. Skutkuje to brakiem osadzania się na nich frakcji stałej, która wypełniając przestrzenie pomiędzy nimi uniemożliwiałaby zazębianie się i w konsekwencji niewłaściwą pracę wałów.

W rozwiązaniu, wg wynalazku, do ramowego skraju konstrukcji nośnej, z jednej strony, przytwierdzone są sztywno napędy wałów i kolektor dolotowy przerabianego gazu, w płycie skrajnej, z zaworem doprowadzania czynnika cieplnego. Z przeciwnej strony, do skrajnej ściany półwałcowej pokrywy przytwierdzony jest szczelnie, kolektor wylotowy przerabianego gazu, z osiową rurą odprowadzania czynnika cieplnego, której otwór skrajny przystaje do otworu obracającego się pierścienia skrajnego zespołu płyt wymiany ciepła i napędy przenośników ślimakowych.

Rozwiązania te powodują współprądowy przepływ przerabianego gazu i czynnika cieplnego, istotny ze względu na taki sam kierunek spadku ciśnienia i mniejszą różnicę ciśnień w miejscu uszczelnień skrajnych obrotowego zespołu płyt. Uwzględniany jest też, możliwy, wpływ na te uszczelnienia skurczu liniowego pracujących w innej temperaturze elementów roboczych, w stosunku do znajdującej się poza izolacją termiczną konstrukcji nośnej.

W rozwiązaniu, wg wynalazku, pomiędzy skrajnymi pierścieniami przyosiowymi zespołu płyt wymiany ciepła i płytą skrajną, z zaworem doprowadzania czynnika cieplnego, oraz kolektorem dolotowym przerabianego gazu, obok pierścieniowych uszczelnień, znajdują się ślizgowe pierścienie oporowe.

Rozwiązanie to eliminuje możliwość poziomych osiowych przemieszczeń zespołu płyt względem całej obudowy i ułatwia zachowanie szczelności przepływu gazów przez skraje wymiennika.

#### **Objaśnienie figur rysunku.**

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia urządzenie w widoku z boku, z przekrojami wzdłużnymi. Dwoma stopniowymi, cząstkowymi przekrojami C-C, przez oś obrotu zespołu kolistych przegród 1 wymiany ciepła i oś obrotu ślimaka 23 bezwałowego przenośnika, oraz trzecim przekrojem D-D cząstkowym, przez oś obrotu wału 10. Przy czym we wszystkich przekrojach pominięto warstwę zewnętrznej termoizolacji. Fig. 2 przedstawia urządzenie w dwóch połówkowych przekrojach poprzecznych. Przekrój A-A wyznacza płaszczyzna poprowadzona przez wnętrze kolistych par płyt 1 wymiany ciepła. Przekrój B-B wyznacza płaszczyzna poprowadzona pionowo przez pierścień 7 przepływowy metanu i pierścieniowy kanał przepływowy spalin. Fig. 3 przedstawia wykrój poprzecznego przekroju przez wsporniki 20 urządzenia i skrobaki 21, oraz koliste płyty 1 wymiany ciepła.

#### **Przykład 1 wykonania wynalazku.**

Urządzenie przystosowane jest do oczyszczania spalin, w powiązaniu z wychwytywaniem dwutlenku węgla. Spaliny powstają w wyniku spalania biometanu, pochodzącego z biogazowni średniej wielkości. Wymiennik ciepła zbudowany jest z 30 kolistych płyt 1 o średnicy 3 m, z osiowym otworem 2, o łącznej powierzchni wymiany ciepła wynoszącej 200 m<sup>2</sup>. Wszystkie płyty 1 są obwodowo wyprofilowane stożkowo i zewnętrznymi krawędziami, parami, z sobą szczelnie połączone, poprzez kolistą płytę 3 wewnętrzną, z zespołem otworów 4 przepływowych, blisko wewnętrznej strony obrzeża. Koliste płyty 3 wychodzą obwodowo poza obrzeża płyt 1 i do każdej z nich przytwierdzony jest pierścień 5 zębaty, poprzez obwodową przegrodę 6 termoizolacyjną. Wszystkie 15 par płyt 1 osiowo jest z sobą, szczelnie, zespolonych poprzez pierścienie 7 dystansowe, przepływowe czynnika cieplnego, długimi śrubami 8 łączeniowymi. Przeprowadzone są one poprzez otwory w pierścieniach 7. Przechodzą też przez otwory w płytach 1, otwory w płytach 3 wewnętrznych i oddzielające je tuleje 9 dystansowe. Cały zespół płyt 1, zębami pierścieni 5, leży na zębach wałów 10, osadzonych w łożyskach ślizgowych konstrukcji 11 nośnej. W górnych ramach, skrajnych, konstrukcji 11 osadzona jest oś 12 zębata, styknie z zębami pierścieni 5. Na całej swej długości zespół płyt 1, dolną częścią, wchodzi do wnętrza skrzyniowego zsypu 13, z poprzecznymi przegrodami 14 styknie z dolnymi po-

wierzchniami wałów 10. Przegrody 14 znajdują się pomiędzy wszystkimi parami kolistych płyt 1 i krawędzią części przysiowej tworzą, blisko pierścieni 7 dystansowych, części dolne pierścieniowych otworów 15 przepływowych spalin. Od góry, szczelnie, stycznie z krawędzią zsypu 13 cały zespół kolistych płyt wymiany ciepła przykryty jest półwalcową pokrywą 16, z poprzecznymi przegrodami 17 stycznymi, szczelnie, ze skośnymi krawędziami przegród 14 i stycznymi też, szczelnie, z górnymi powierzchniami wałów 10. Przegrody 17, zaokrągloną krawędzią części przysiowej, tworzą blisko pierścieni 7 dystansowych, części górne pierścieniowych otworów 15 przepływowych spalin. Półwalcowa pokrywa 16, w przewyższeniu, posiada długi prostokątny otwór do osadzenia osi 12 w konstrukcji 11 nośnej. Krawędzie przegród 17 są kolisto wyprofilowane, by szczelnie przylegały, pomiędzy zębami, do dolnej połowy osi 12. Otwór w pokrywie 16 zamknięty jest szczelnie pokrywą 18 górną, z przegrodami 19 górnymi, zaokrągleniami, szczelnie, przylegającymi do osi 12 i stycznymi, szczelnie, z górnymi skrajami przegród 17. W ten sposób wokół całego zespołu kolistych przegród wymiany ciepła wytworzony jest pierścieniowy kanał opływowy spalin. W bocznej ścianie zsypu 13 skrzyniowego znajduje się zespół obudowanych otworów, w których osadzone są, szczelnie, skrobaki, składające się ze wsporników 20, do których są przytwierdzone, zawiasowo, klinowe skrobaki 21, dociskane sprężynami 22 do powierzchni kolistych płyt 1 wymiany ciepła. Składają się one ze wsporników, skrajnie opartych o pierścienie 7 dystansowe, z zespołami bocznych klinów, posiadających ostre krawędzie przylegające do ścian kolistych przegród 1 dystansowych. Skrobaki 20 są tak zainstalowane, że odpadający od nich, stały dwutlenek węgla wpada grawitacyjnie do wnętrza zsypu 13, na pióra ślimaków 21 bezwałowych dwóch przenośników. Obudowy przenośników są podzielone przegrodami 22, znajdującymi się pod przegrodą 14, pomiędzy drugą i trzecią parą kolistych przegród 1. Osadzone są w nich krótkie wały 23, dzielące ślimaki 21 na dwie części. Ślimaki 21 przednie przenoszą lód w kierunku dwóch wysypów 24 a ślimaki 21 tylne w kierunku dwóch wysypów 25 stałego CO<sub>2</sub>. Do ramowego skraju konstrukcji H nośnej, z jednej strony przytwierdzone są, sztywno, napędy 26 wałów 10 i kolektor 27 dolotowy spalin, będący częścią płyty 28 skrajnej, z zaworem 29 doprowadzania ciekłego metanu. Z przeciwnej strony, do skrajnej ściany półwalcowej pokrywy 16 przytwierdzony jest, szczelnie, kolektor 30 wylotowy spalin, z osiową rurą 31 odprowadzania gazowego metanu, której otwór skrajny przystaje do otworu, obracającego się, pierścienia 32 skrajnego zespołu płyt wymiany ciepła i napędy 33 przenośników, ze ślimakami 21 bezwałowymi. W kolektorach 27 i 30, stycznie do pierścieni 32 skrajnych, osadzone są pierścienie 34 oporowe zespołu kolistych przegród (1) wymiany ciepła.

**W przykładzie pracy**, zespół kolistych płyt 1 wymiany ciepła wykonuje 10 obr./h. Spaliny podawane są do kolektora 29 w ilości 78500 Nm<sup>3</sup>/dobę. Schłodzone są już do temperatury 10°C w procesie produkcji energii elektrycznej, w obiegu Rankine'a, z odbiorem ciepła odpadowego przez sieć propanową. Nadciśnienie w rurze doprowadzającej kolektora 29 jest tylko takie, aby wywołać przepływ spalin o zakładanym natężeniu, przy odprowadzaniu azotu pospalinowego bezpośrednio do atmosfery.

Jednocześnie z tej samej strony, przez zawór 31, wtryskiwany jest ciekły metan, w miejscu pierścienia skrajnego 34, do wewnętrznej przestrzeni zespołu płyt 1 wymiany ciepła, pod ciśnieniem bliskim ciśnieniu spalin, po drugiej stronie płyt 1. Ciekły metan, wrząc, przepływa otworami 4 i osiowymi otworami pierścieni 7, przez przestrzenie kolejnych par płyt 1, pobierając ciepło wrzenia i stopniowo przechodząc w gaz. Ilość wtryskiwanego metanu jest tak sterowana, aby faza ciekła zanikała dopiero we wnętrzu ostatniej pary płyt 1. Dzięki temu, we wnętrzu zespołu panuje zbliżona temperatura, wyznaczana jedynie przez ciśnienie i jest cały czas bliska -160°C.

Spaliny w kolektorze 29 dolotowym rozptywiają się pierścieniowo i wlatują do przedniej części kanału opływowego spalin. Wokół pierwszej pary płyt 1 schładzają się do temperatury 0°C i zawarta w spalinach woda, w postaci warstwy lodu zostaje wydzielona na kolistych płytach 1. Skrobaki 21, przylegając ostrymi krawędziami do obracających się powierzchni płyt 1, odspajają od nich lód i jego grudki wpadają do zsypu 13. Następnie, dwa ślimaki 23 bezwałowe przesuwają grudki do wysypów 26 lodu. Wysypujący się z nich lód jest odbierany. Wokół drugiej i trzeciej pary kolistych płyt 1, przepływające spaliny schładzają się do temperatury resublimacji dwutlenku węgla, to jest 78,5°C. Od czwartej pary następuje proces wydzielania się na powierzchni płyt 1 frakcji stałej CO<sub>2</sub> (tzw. suchy lód). Nie posiada on własności ciernych i jest stosunkowo miękki (twardość na poziomie gipsu). Kruszony jest i odspajany od powierzchni płyt 1, jak wcześniej lód, wpada do przenośnika ślimakowego i wysypem 27 opuszcza urządzenie. Razem usuwany jest obecny w spalinach dwutlenek siarki. Na powierzchniach płyt 1 została się on w temperaturze -75,5°C. W obrębie ostatniej pary płyt 1 temperatu-

ra gazu spada niżej, ze względu na wydzielenie już całości CO<sub>2</sub>. Opuszczając urządzenie kolektorem 32 azot pospalinowy posiada temperaturę -85°C.

W trakcie przerobu spalin dobowo wydzielone zostało 780 kg lodu i 30 800 kg zestalonego CO<sub>2</sub>. Wrzący wewnątrz urządzenia metan odebrał 28 500 MJ ciepła. Odpowiada to mocy prawie 330 kW. Metan cyrkuluje w chłodniczym obiegu zamkniętym, oddając ciepło ciekłemu etanowi (R1150). Obieg etanowy stanowi etap pośredni w przekazywaniu ciepła do sieci propanowej.

#### **Przykład 2 wykonania wynalazku.**

Urządzenie przystosowane jest do głębokiego schładzania spalin przed etapem wydzielania dwutlenku węgla, schłodzonych już do 10°C. Czynnikiem cieplnym odbierającym spalinom ciepło jest azot pospalinowy o temperaturze -85°C pochodzący ze spalania biometanu i wychwyceniu CO<sub>2</sub> z biogazowni średniej wielkości. Urządzenie zbudowane zostało jak w Przykładzie 1 z tą różnicą, że płyta 30 skrajna zamiast zaworu 31 posiada rurę odprowadzania azotu pospalinowego, po pobraniu ciepła a dwa przenośniki ślimakowe nie posiadają przegród 24. Zespół kolistych płyt 1 wymiany ciepła posiada 9 par płyt 1, o średnicy 3 m. Daje to łącznie powierzchnię wymiany ciepła wynoszącą 120 m<sup>2</sup>.

**W przykładzie pracy** spaliny podawane są do kolektora 29 w ilości 78500 Nm<sup>3</sup>/dobę. Azot pospalinowy podawany jest w ilości 49000 Nm<sup>3</sup>/dobę (w temp. -85°C objętość ok. 1200 m<sup>3</sup>) rurą 33. Zespół kolistych płyt 1 obraca się z prędkością 5 obr./h. Spaliny i azot pospalinowy przepływają przez urządzenie przeciwwądowo. W efekcie następuje wydzielenie na powierzchniach wymiany ciepła 780 kg lodu. Spaliny wypływając kolektorem 32 posiadają temperaturę ok. -20°C. Azot pospalinowy wypływa rurą osadzoną w płycie 30 skrajnej. Posiada temperaturę 0°C.

### **Zastrzeżenia patentowe**

1. Wymiennik ciepła, posiadający obrotowe przegrody do przepływowej wymiany ciepła, **znamienny tym**, że posiadają one kształt kolistych płyt (1), z osiowym otworem (2), obwodowo stożkowo wyprofilowanych, przy tym parami, obrzeżami, połączone są ze sobą, szczelnie, poprzez kolistą płytę (3) wewnętrzną, z zespołem otworów (4) przepływowych blisko wewnętrznej strony obrzeża a na zewnątrz z przytwierdzonym pierścieniem (5) zębatym, wszystkie pary płyt (1) zespolone są ze sobą, szczelnie, poprzez pierścienie (7) dystansowe, blisko otworów (2) a cały zespół płyt (1), zębami pierścieni (5) leży na zębach wałów (10) osadzonych w konstrukcji (11) nośnej, z góry dodatkowo stycznych z zębami osi (12) zębatej, ponadto zespół dolną częścią jest we wnętrzu skrzyniowego zsyppu (13), z poprzecznymi przegrodami (14) dolnymi, które zaokrągleniami przylegają szczelnie do dolnych powierzchni wałów (10), przy tym przegrody (14) krawędzią części przyosiowej, tworzą blisko pierścieni (7) dystansowych, części dolne pierścieniowych otworów (15) przepływowych gazu, od góry, szczelnie, stycznie z krawędzią zsyppu (13), cały zespół kolistych przegród (1) przykryty jest półwałcową pokrywą (16), z przegrodami (17) środkowymi, stycznie szczelnie, z krawędziami przegród (14) dolnych i przylegającymi, szczelnie, zaokrągleniami, do górnych powierzchni wałów (10), przegrody (17) środkowe, zaokrągloną krawędzią części przyosiowej, tworzą wspólnie z pierścieniami (7) dystansowymi, części górne pierścieniowych otworów (15), przepływowych gazu, a zaokrąglonymi częściami górnymi obejmują szczelnie dolną powierzchnię osi (12) zębatej, są też styczne, szczelnie, z dolnymi krawędziami przegród 19 pokrywy (18) górnej, przykrywającej długi otwór w przegrodzie (17) środkowej, wykonany dla osi (12), w otworach bocznej ściany zsyppu (13), stycznie do powierzchni płyt (1) i pierścieni (7) dystansowych, osadzone są wsporniki (20) ze skrobakami (21), a do dna zsyppu przytwierdzone są, szczelnie, przenośniki ze ślimakami (23), posiadające poprzeczną przegrodę (24) i po dwa wysypy (26), (27), do ramowego skraju konstrukcji (11) nośnej, z jednej strony przytwierdzone są sztywno napędy (28) wałów i kolektor (29) dolotowy przerabianego gazu w płycie (30) skrajnej, z zaworem (31) doprowadzania czynnika cieplnego, a z przeciwnej strony, do skrajnej ściany półwałcowej pokrywy (16), przytwierdzony jest, szczelnie, kolektor (32) wylotowy przerabianego gazu, z osiową rurą (33) odprowadzania czynnika cieplnego, której otwór skrajny przystaje do otworu obracającego się pierścienia (34), skrajnego, zespołu płyt (1) wymiany ciepła i napędy (35) przenośników ślimakowych.

2. Wymiennik ciepła wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że pierścienie (5) zębate zespolone są ze skrajami kolistych płyt wewnętrznych poprzez obwodowe przegrody (6) termoizolacyjne.
3. Wymiennik ciepła wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że skrobaki (21) przytwierdzone są do wsporników (20) zawiasowo.
4. Wymiennik ciepła wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że skrobaki (21) dociskają do kolistych płyt (1), wymiany ciepła, sprężyny (22).
5. Wymiennik ciepła wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że skrobaki (21) posiadają ostre krawędzie.
6. Wymiennik ciepła wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że ostre krawędzie skrobaków (21) schodzą się w kierunku natarcia osadzonej na płytach (1) frakcji stałej.
7. Wymiennik ciepła wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że ostre krawędzie klinów skrobaków (20) są styczne do powierzchni płyt (1).
8. Wymiennik ciepła wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że ślimaki (23) przenośników posiadają pióra bezwałowe.
9. Wymiennik ciepła wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że na skrajach zespołu płyt (1), blisko osi obrotu, znajdują się ślizgowe pierścienie (36) oporowe.

## Rysunki

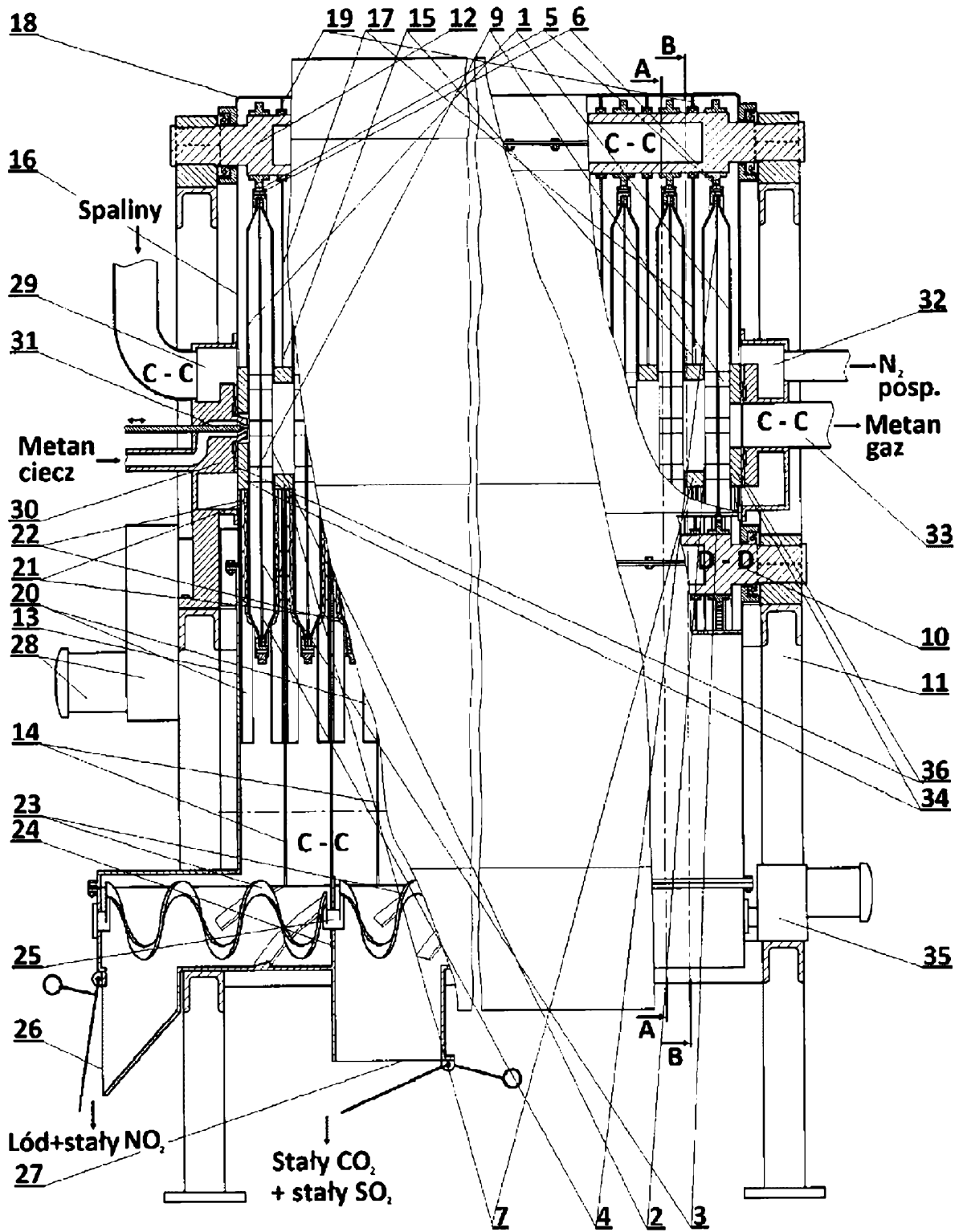


Fig. 1

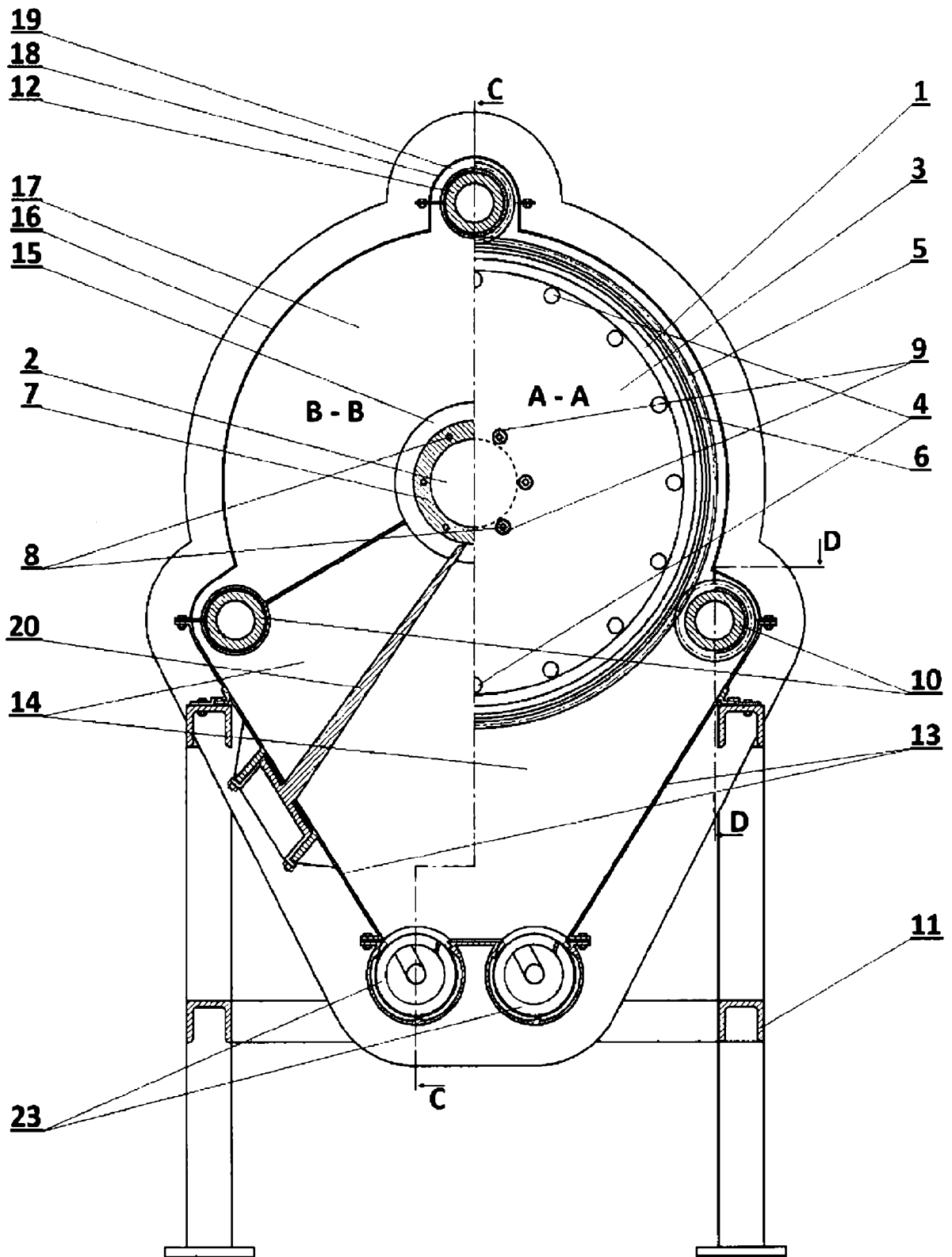
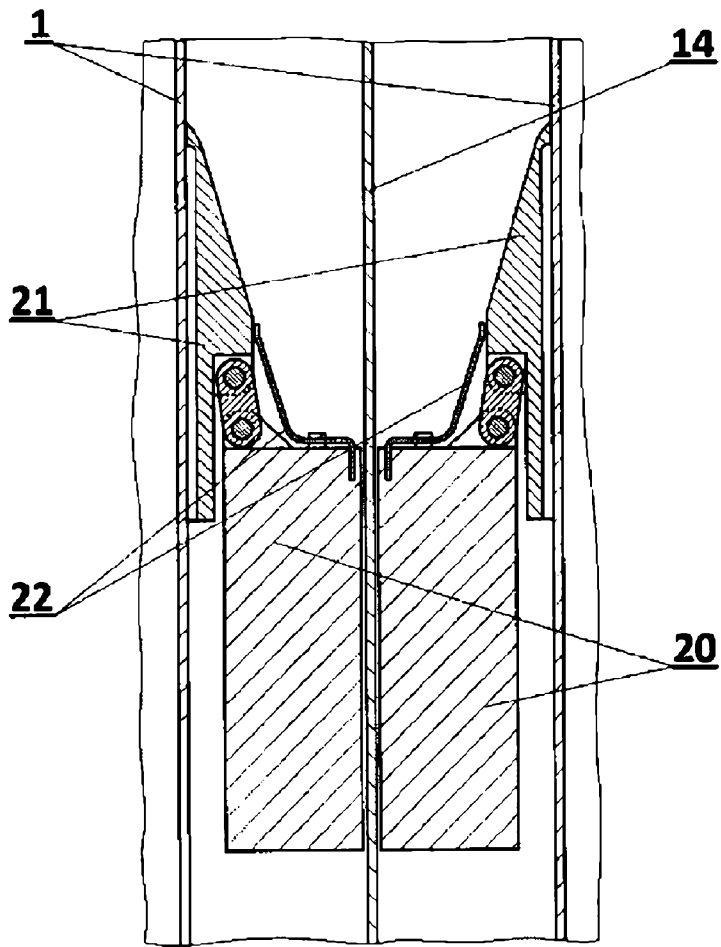


Fig. 2



**Fig. 3**