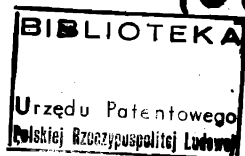


F02c 7/08



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 43511

Kl. 46 f, 5/02

VEB Entwicklungsbau Pirna *)

Pirna n/Elbą, Niemiecka Republika Demokratyczna

Obrotowy regeneracyjny wymiennik ciepła

Patent trwa od dnia 27 sierpnia 1958 r.

Wynalazek dotyczy obrotowego regeneracyjnego wymiennika ciepła do turbin gazowych, w szczególności turbin do pojazdów.

Zastosowanie takiego urządzenia do odzyskiwania dość znacznej ilości ciepła spalin pozwala na poprawienie sprawności cieplnej, zwłaszcza turbin gazowych lub powietrznych. Współczesna technika wysuwa ze względów ekonomicznych na pierwszy plan rekuperacyjne wymienniki ciepła z powodu bardziej zadawalającego sposobu działania. Z drugiej jednak strony szybki postęp w dziedzinie turbin gazowych wymaga wykonania pracującego bez zarzutu i również ekonomicznie regeneracyjnego wymiennika ciepła, a to ze względu na jego zalety technologiczne. Wprowadzenie turbiny gazowej jako zespołu maszynowego do ekonomicznego napędu pojazdów, zależy więc w dużym stopniu również od zastosowania regeneracyjnego wymiennika ciepła.

Zalety regeneracyjnego wymiennika ciepła w porównaniu z rekuperacyjnym wymiennikiem ciepła polegają przede wszystkim na tym, że przechodzenie ciepła z gazu do materiału gromadzącego ciepło i odwrotnie odbywa się tylko przez przechodzenie ciepła, konwekcję i promieniowanie ciepła. W rekuperacyjnym wymienniku ciepła odbywa się jeszcze przechodzenie ciepła przez przegrodę między stroną powietrzną i gazową, a więc przejście ciepła przez ściankę. Wskutek tego, regeneracyjny wymiennik ciepła wymaga znacznie mniejszej powierzchni przechodzenia ciepła, dzięki czemu przy takim samym stopniu odzyskania ciepła uzyskuje się oszczędność na objętości i wadze w porównaniu z wymiennikiem rekuperacyjnym. Okoliczność ta jest szczególnie ważna przy napędzie pojazdów.

Poza tym według zasad termodynamiki ogólnej można w przypadku regeneracyjnego wymiennika ciepła założyć większy spadek ciepła resztkowego pomiędzy temperaturą spalin, wychodzących z turbiny i temperaturą podgrzewa-

*) Właściciel patentu oświadczył, że twórcą wynalazku jest Gerhard Gütter.

niego gazu (np. powietrza atmosferycznego), aniżeli w przypadku wymiennika rekuperacyjnego, tzn. regeneracyjny wymiennik ciepła wykazuje większy współczynnik odzysku ciepła.

Poza tym regeneracyjny wymiennik ciepła podczas pracy szybciej reaguje na zmiany, aniżeli wymiennik rekuperacyjny. Dzięki temu regulacja odpowiedniego pojazdu mechanicznego jest prostsza i przede wszystkim bardziej niezawodna.

Znany wymiennik ciepła jest wykonany konstrukcyjnie tak, iż obrotowy pierścieniowy zespół wymiany ciepła jest wypełniony cienką, falistą taśmą blaszaną o szerokości wymiennika, włożoną wraz z gładką taśmą blaszaną spiralnie do komory pierścieniowej. Strony czołowe zespołu pierścieniowego są zasłonięte dwiema płytkami węglowymi, pozostającymi pod naciskiem sprężyny, wskutek czego powstają dwa wycinki, zajmujące jedną trzecią i dwie trzecie przekroju na przejście gazu. Na większy wycinek wchodzi przy tym gorące spaliny turbiny, a na mniejszy wycinek — świeże powietrze idące ze sprężarki przez odpowiednio umieszczone otwory wlotowe i wylotowe.

Niedogodnością takiego znanego wymiennika ciepła wynikają z trudności uszczelnienia pomiędzy stroną spalin i stroną zimnego powietrza. Ponieważ takie uszczelnienie musi być utrzymane na całej szerokości, jest rzeczą konieczną, aby powierzchnie czołowe kadłuba pierścieniowego i krawędzie spiralnej wkładki blaszanej leżały w jednej płaszczyźnie. Przy nadzwyczaj małej grubości blachy krawędzie podczas obróbki nie stawiają wystarczającego oporu, wskutek czego powstaje nadmierne zadzieranie, a krawędzie ulegają wygięciu. Zniekształcenia strumienia spowodowane przez powstające przy tym zwichnięcia wielu małych kanałków, nie dają dostatecznej pewności ruchu i znacznie obniżają sprawność, jak i celowość wymiennika ciepła.

Wszystkie pracujące na tej zasadzie regeneracyjne wymienniki ciepła, oparte na działaniu podgrzewaczy powietrza systemu Ljungströma do kotłów parowych są również wadliwe pod względem ich uszczelnienia, ponieważ między czynnikiem oddającym ciepło i czynnikiem odbierającym ciepło w turbinie gazowej, zachodzą różnice ciśnień od 2 do 4 at.

Według wynalazku unika się wspomnianych trudności regeneracyjnego wymiennika ciepła w ten sposób, że wirujący pierścieniowy zespół wymiennika ciepła obraca się pomiędzy głowicami wykonanymi, jako płaskie pokrywy usz-

czelniające, które posiadają komory zwrotne oraz przesunięte względem siebie otwory wlotowe i wylotowe, które za każdym razem odsłaniają tylko jeden określonej wielkości obszar przekroju wymiennika ciepła.

Wymiennik ciepła według wynalazku może posiadać różne postacie konstrukcyjne.

Dogodna i przy tym w stosunku do znanych wymienników cieplnych nowa postać polega na tym, że obrotowy zespół cieplno-wymienniczny jest podzielony na położone obok siebie wycinkowe komórki, w których są umieszczone elementy wymiennicze o dowolnym kształcie i różnych właściwościach.

Jedna z zastosowanych postaci wykonania cieplnych elementów wymienniczych według wynalazku polega na tym, że do komórek są włożone jedna na drugą faliste, zgięte pryzmatycznie lub w inny sposób ukształtowane folie blaszane o płaskich przekładkach.

Według innej odmiany wykonania wynalazku, jako cieplne elementy wymiennicze są zastosowane liczne małe wypełniacze, wykonane z tworzywa, gromadzącego ciepło i wstawione do komórek.

Aby takie wypełniacze przy danej najmniejszej wielkości miały możliwie dużą powierzchnię, są one wykonane według wynalazku, jako kuliste narządy podstawowe z kulisto-czaszowymi wydrążeniami w układzie kostkowym. Dla polepszenia przewodności cieplnej wypełniacze te najlepiej jest wykonać z masy ceramicznej, pokrytej cienką warstewką metalową, np. z miedzi lub srebra, nałożoną najlepiej przez odparowanie w próżni.

Komórki zespołu wymiany ciepła mogą również posiadać różne odmiany konstrukcyjne. Jedna z nich polega według wynalazku na tym, że każda z komórek na obu stronach czołowych jest zamknięta ścianką, zaopatrzoną w otwory, podobnie jak w węzie woskowej plastra miodu. W tej postaci konstrukcyjnej do komórek najlepiej jest włożyć wypełniacze, będące elementami do wymiany cieplnej.

W innej postaci wykonania wynalazku wycinkowe komórki zespołu wymiany ciepła są otwarte na stronach czołowych. W tym przypadku elementy cieplnej wymiany, w szczególności ceramiczne wypełniacze lub podobnie wykonane elementy do wymiany cieplnej są włożone do komórek w odpowiednio ukształtowanych klatkach z cienkiej drobnoczkowej plecionki drucianej.

Inna odmiana wymiennika ciepła, znana z dziedziny budowy stałych turbin gazowych,

polega na tym, że wirujący zespół wymiany ciepła jest zaopatrzony w rurki o ustalonej z góry średnicy i grubości ścianek.

Inna cecha wymiennika ciepłego według wynalazku polega na tym, że dla polepszenia sprawności termodynamicznej również i wirujący zespół wymiennika ciepła oraz głowice są wykonane najkorzystniej z ceramiki o samouszczelniających się powierzchniach stykowych, również zaopatrzonych w ciekłą warstwę metalową, np. z miedzi lub srebra.

Jest rzeczą oczywistą, że głowice wykonane jako płaskie suwaki albo z powierzchniami uszczelniającymi, nie muszą być sporządzone wyłącznie z tworzyw ceramicznych. Zespoły te mogą być wykonane również z żaroodpornej stali lub z tworzywa kompozycyjnego, które w obszarze oddziaływania ciepła jest pokryte grafitowaną ceramiką, a na zewnątrz obszaru ciepłego przechodzi w stalowy narząd nośny.

W celu uwzględnienia oddziaływania temperatury lub spadku temperatur i wynikających stąd naprężeń, głowice i ewentualnie części przyłączeniowe mogą być umieszczone według wynalazku przesuwnie i przechylnie względem wymiennika ciepła oraz należyście umocowane. Ażeby przy takich ruchach, wynikających z naprężeń cieplnych, zachować wymaganą szczelność do wycięć w powierzchniach uszczelniających głowic i części przyłączeniowej, są wstawione dodatkowe ściśnięte uszczelki elastyczne.

Na rysunku uwidoczniono schematycznie kilka przykładów wykonania urządzenia według wynalazku, przy czym fig. 1 przedstawia wirujący wymiennik ciepła w widoku perspektywnym z komórkami zamkniętymi czołową ścianką dziurkowaną w układzie plastrowym, fig. 2 — wymiennik ciepła według fig. 1 w przekroju podłużnym z komórkami otwartymi od strony czołowej, fig. 2a — widok otworu wlotowego wymiennika ciepła według fig. 2 w przekroju wzdłuż linii A—A, tuż za powierzchnią uszczelniającą, fig. 2b — widok wymiennika ciepła w obszarze komórek według fig. 2 w przekroju wzdłuż linii B—B, fig. 2c — widok otworu wylotowego wymiennika ciepła według fig. 2 w przekroju wzdłuż linii C—C, tuż przed powierzchnią uszczelniającą, fig. 2d — elementy wymiennika ciepła według fig. 2b w powiększeniu, fig. 2e przedstawia w zwiększonej podziałce plecionkę drucianą dla odpowiednio ukształtowanych klatek do podtrzymywania elementów wymiennika ciepła, fig. 3 — przekrój podłużny wirującego wymiennika ciepła z włożonymi rurkami, jako elementami do wymiany

ciepłej, a fig. 4 przedstawia wypełniacz w widoku perspektywnym w zwiększonej podziałce.

Wymiennik ciepła 1 w kształcie pierścienia kołowego według fig. 1, napędzany przez np. przekładnię kół zębatach 4, 5, 6, obraca się między głowicami 2, 3, wykonanymi w postaci płaskich pokryw uszczelniających. Wymiennik ciepła 1 jest wykonany w postaci wydrążonej i podzielony jest na pewną liczbę rozmieszczonych obok siebie promieniowo komórek 7, a jego powierzchnie czołowe posiadają pewną liczbę otworów 8 podobnie, jak w węzie woskowej plastra miodu pszczelego. Gorące spaliny, wychodzące z turbiny gazowej, przepływają przez wymiennik ciepła przez umieszczony po środku kanał 9 i są prowadzone w głowicy 2 przez komorę zwrotną w kierunku strzałek 10, przez otwory 8 do komórek 7, na które w danej chwili jest kierowany czynnik przez komorę zwrotną. Oczywiście mogą być zastosowane również inne podobne komory zwrotne. Po oddaniu przez spaliny ciepła do komórek 7 wymiennika ciepła, spaliny te wychodzą z otworu, wylotowego lub z kilku otworów wylotowych w głowicy 3 wymiennika ciepła w kierunku strzałek 11. Dla zastosowania wynalazku jest rzeczą całkowicie obojętną, czy odprowadzanie i doprowadzanie spalin odbywa się w kierunku osiowym, czy też promieniowym. Dla lepszego uwidocznienia odchyłania gorących spalin turbinowych w głowicy 2 do komórek 7 zespołu wymiennika ciepła, głowica 2 jest przedstawiona na fig. 1 w stanie wykrojonym. W głowicy 2 od strony zimnego powietrza znajdują się w obszarze brzegowym powierzchni czołowej, w układzie współśrodkowym względem kanału 9 dwa lub kilka otworów 12, przez które dopływa czynnik, podlegający ogrzaniu, w danym przypadku świeże powietrze, przechodzące ze sprężarki w kierunku strzałek 13 do wymiennika ciepła i przeprowadzane przez podgrzane gorącymi spalinami turbinowe komórki 7 wymiennika ciepła. Podgrzane świeże powietrze jest następnie wyprowadzone z wymiennika ciepła w kierunku strzałek 14 przez kanał 9 do komory spalania. W celu zwiększenia sprawności termodynamicznej do komórek 7 wymiennika ciepła są włożone wypełniacze według fig. 2e lub fig. 4. Do każdej z głowic 2, 3, jest przyłączony króciec 15, 15' (fig. 3), w celu umożliwienia wmontowania wymiennika ciepła do całego urządzenia turbiny. Przyłączenie wymiennika ciepła do urządzenia jest oczywiście niezwiązane z tą konstrukcyjną odmianą i ukła-

dem. Wypełniacze gromadzące ciepło są wprowadzane do komórek 7 wymiennika ciepła 1 przez zamykane otwory 16 (fig. 1). Układ oraz liczba otworów wlotowych, komór zwrotnych i otworów wylotowych oraz wielkość prędkości obrotowej wymiennika ciepła są tak dobrane, iż przy danej wielkości ciśnienia, temperatury, przekroju itd. jest zapewnione odbieranie ciepła elementów wymiennika z gorących spalin turbinowych i oddawanie ciepła do podgrzewanego świeżego powietrza, w pożądanym cyklu i przy największej możliwej sprawności termodynamicznej.

W wymienniku ciepła (fig. 2) uwidocznione są również komórki, które jednak od strony czołowej nie są zamknięte i z tego względu nierzadko mają inną postać wykonania wymiennika ciepła, który jest tutaj bardziej prosty i bardziej ekonomiczny w produkcji, zwłaszcza z materiałów ceramicznych. Wirujący zespół wymiennika ciepła posiada przy tym cylindryczną część 17 do komórek 18, do których są włożone elementy wymiennika ciepła 19 z folii blaszanej. Te elementy wymiennicze są wykonane w znany skądinąd sposób z nierdzewnych ciepłoodpornych falistych i gładkich folii z blachy stalowej, które na przemian leżą jedna na drugiej. Można oczywiście zamiast folii arkuszowej 19 zastosować ceramiczne wypełniacze 19' według fig. 2e lub fig. 4 albo podobnie ukształtowane elementy wymiany ciepła. Aby wypełniacze 19' można było w tym przypadku włożyć szybko i łatwo wszystkie naraz do komórek 18 wymiennika ciepła, są one włożone do klatki 20 z cienkiej plecionki drucianej, która jest wówczas umocowana w poszczególnych komórkach. Wykonanie konstrukcyjne wymiennika ciepła według fig. 2 różni się następnie od wymiennika według fig. 1 tym, że na cylindrycznym zespole wymiennika ciepła 17 są umieszczone króćcowe nasadki 21, 22, obracające się wraz z zespołem 17. Przegrody komórkowe 24, znajdujące się w króćcach wlotowych 21, w przypadku wykonania zespołu wymiennika ciepła i króćców ze stali są wygięte dla lepszego wyrównania różnic temperatury, natomiast ścianki komórkowe 23 w części cylindrycznej 17 są proste. Głowice 25, 26 (fig. 2) wykonane jako pokrywy uszczelniające, pomiędzy którymi obraca się zespół wymiennika ciepła 17 z króćcami wlotowymi 21, 22, podtrzymywane na nim i mianowicie w kierunku osiowym za pomocą sprężyn 27 oraz elementów elastycznych 28, a w kierunku promieniowym — za pomocą elementów elastycznych 29, 30. W kołnierзовych

powierzchniach głowic 25, 26 są wykonane rowki, do których jest włożona odpowiednio profilowana uszczelka 31 z niepalnego grafitowanego tworzywa, która pozostaje pod działaniem sprężyn naciskowych z tworzywa żaroodpornego, np. z betylu. Do głowic uszczelniających 25 są doprowadzane lub przyłożone króćce 33, 34, a do głowic 26 — króćce 35, 36 w ten sposób, że są możliwe nieznaczne ruchy elastycznie podtrzymywanych głowic 25, 26 dla wyrównania wahań temperatury. Głowice 25, 26 są wykonane tak, iż ich powierzchnie uszczelniające zasłaniają tylko wycinki 37, 38 pierścienia kołowego przekroju wymiennika ciepła (fig. 2c), których szerokość jest nieco większa, niż szerokość komórki 18. Gorące spaliny turbinowe płyną w kierunku strzałek 41, 42 przez większy wycinek przekroju 39, a zimne powietrze płynące ze sprężarki, przepływa w kierunku strzałek 43 i 44 przez mniejszy wycinek przekroju 40. Na skutek umieszczenia króćców 21, 22, obrotowy zespół wymiennika ciepła 17 ślizga się tylko powierzchniami uszczelniającymi tych króćców i powierzchniami czołowymi przegród 24, stanowiących przedłużenie przegród komórek 23, po głowicach uszczelniających 25 i 26. Dzięki temu unika się konieczności późniejszego obrabiania krawędzi czołowych elementów wymiennika ciepła 19, włożonych do komórek 18 tak, aby tworzyły część powierzchni uszczelniającej. Napęd zespołu wymiennika ciepła 17 z króćcami wlotowymi 21, 22 odpowiada napędowi wymiennika, przedstawionemu na fig. 1, z tą jedynie różnicą, że napędzane koło zębate 45 nie jest połączone na stałe z obrotowym zespołem 17, lecz są zastosowane zabieraki 46, pozwalające na rozszerzanie się cieplne zespołu 17 z króćcami wlotowymi 21, 22 w obu kierunkach.

Wymiennik ciepła według fig. 3 stanowi wymiennik rurowy, którego działanie jest takie same, jak wymiennika według fig. 1 i 2. Gorące spaliny turbinowe płyną promieniowo w kierunku strzałek 47, 48 przez rury 19" działające jako elementy do wymiany ciepła, natomiast podlegające ogrzaniu świeże powietrze, dostarczane ze sprężarki, przepływa w kierunku osiowym, jak to wskazują strzałki 49, 50. Układ, zwłaszcza w zastosowaniu do wymienników rurowych jest tego rodzaju, że gorące spaliny turbinowe przepływają przez wymiennik tylko jeden raz, czynniki zaś podlegające ogrzaniu, np. świeże powietrze atmosferyczne, wobec mniejszej objętości właściwej wymiennika przepływa wielokrotnie i mianowicie przez

komory zwrotne w kierunku strzałek 51 i 52. Działanie napędowe wału 53 zostaje przenieszone na uszczelnienie 2, 3 za pomocą uzębienia sprzęgającego 54.

Przepływ odbywa się zasadniczo według zasady równoprądowej, przyjętej dla wymiennika rurowego, która to zasada może być również zalecona i dla pozostałych konstrukcji.

Wymiennik ciepła według wynalazku nadaje się w zasadzie do mniejszych i średnich mocy do około 1000 KM, przy przepływie powietrza 1—4 kg/sek.

Zastrzeżenia patentowe

1. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła, składający się z komórkowych wycinków obrotowego zespołu wymiennika, wypełnionego elementami do wymiany cieplnej, w którym wymienniku przez część wycinków stale przepływają gorące spaliny, przy czym pobrane ciepło zostaje przy dalszym ruchu obrotowego zespołu wymiennika oddawane w innym miejscu do świeżego powietrza podlegającego nagrzewaniu, znamienny tym, że obrotowy zespół wymiennika ciepła jest umieszczony obrotowo między głowicami, wykonanymi w postaci płaskich elementów uszczelniających, zawierających komory zwrotne oraz przemieszczone względem siebie otwory wlotowe i wylotowe, które każdorazowo odsłaniają tylko jeden z góry określonej wielkości obszar przekroju zespołu wymiennika ciepła.
2. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 1, znamienny tym, że obrotowy zespół wymiennika jest podzielony na leżące obok siebie wycinkowe komórki, do których są wstawione elementy do wymiany cieplnej o dowolnej postaci i właściwości.
3. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 1 i 2, znamienny tym, że jako elementy do wymiany cieplnej zastosowane są fałiste, pryzmatycznie złożone lub w inny sposób ukształtowane cienkie blachy z płaskimi przekładkami, ułożone w komórkach jedna nad drugą.
4. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 1 i 2, znamienny tym, że jako elementy do wymiany cieplnej zastosowana jest wstawiona do komórek większa liczba małych wypełniaczy, wykonanych z tworzywa gromadzącego ciepło.
5. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 4, znamienny tym, że wypełniacze są wykonane w postaci kulistego ciała podstawowego z czaszowymi wydrążeniami w układzie kostkowym.
6. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 4 i 5, znamienny tym, że wypełniacze są wykonane najkorzystniej z ceramiki metalizowanej.
7. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 4—6, znamienny tym, że zastosowane są odpowiednio ukształtowane klatki z cienkiej drucianej plecionki drobnooczkowej, służące do wstawiania wypełniaczy lub podobnie ukształtowanych elementów do wymiany cieplnej, do komórek.
8. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 4—7, znamienny tym, że każda z komórek na obu stronach czołowych jest zamknięta ścianką, zaopatrzoną w otwory podobne do otworów węży woskowej plastra miodu pszczelego.
9. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 1, znamienny tym, że zespół wymiennika ciepła jest zaopatrzony w rurki o z góry określonej średnicy i grubości ścianek.
10. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 1—9, znamienny tym, że obrotowy zespół wymiennika ciepła i głowice są wykonane najkorzystniej z ceramiki o samouszczelniających się powierzchniach stykowych.
11. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 1—10, znamienny tym, że głowice i części przyłączeniowe są umieszczone przesuwnie w kierunku podłużnym i przechylnie względem zespołu wymiennika ciepła oraz podtrzymywane w sposób wymuszony.
12. Obrótowy regeneracyjny wymiennik ciepła według zastrz. 11, znamienny tym, że do wycięć powierzchni uszczelniających głowic i części przyłączeniowych są włączone dodatkowe, obciążone ciśnieniem, elastyczne części uszczelniające.

VEB Entwicklungsbau Pirna

Zastępca: inż. Józef Felkner,
rzecznik patentowy

