

1 lutego 1927 r.

URZĄD PATENTOWY



F02g, 5/02

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIŚ PATENTOWY

Nr 4649.

Kl. 46 d, 5/02

Michael Martinka
(Rakosszentmihály, Węgry).

Regenerator do silników cieplnych.

Zgłoszono 16 kwietnia 1923 r.

Udzielono 13 kwietnia 1926 r.

Pierwszeństwo: 20 kwietnia 1922 r. (Węgry).

Przedmiotem wynalazku są regeneratory do silników cieplnych, odbierające ciepło od zużytego środka pędnego i oddające ciepło to świeżemu zimnemu środkowi. Regeneratory znane nie znalazły dotychczas szerszego zastosowania, bo przy niewielkiej skuteczności cieplnej przedstawiały stosunkowo duży opór tarcia przy przepływie gazów, skutkiem czego straty ciśnienia, spowodowane przez regenerator, przeważały znacznie zysk cieplny.

Powodem złych wyników pracy z regeneratorami były zbyt wielkie wymiary przekrojów kanałów przepływowych, stosowane w regeneratorach, skutkiem czego dla utrzymania energicznej wymiany ciepła należało stosować możliwie wielką, ponad szybkość krytyczną wychodzącą, szybkość

przepływu, przy której przepływ gazu staje się bardzo burzliwy. Wprawdzie wzrastał przytem współczynnik przenikania ciepła, to jest ilość kalorii, przechodzących w ciągu godziny przez powierzchnię jednego m² przy różnicy temp. 1° C, jednak temu wzrostowi współczynnika towarzyszyły znaczne straty na tarcie, a zatem znaczne straty ciśnienia.

Wynalazek ma na celu ulepszenie działania regeneratorów i opiera się na tem, że prześwił szczeliny przepływowej regeneratora zmniejsza się o tyle, że niewielkie na ogół przewodnictwo gazów, nieruchomych lub płynących z prędkością mniejszą od krytycznej, wystarcza jednak do uzyskania znacznej wartości współczynnika przenikania ciepła. Naprzykład dla powietrza

pod ciśnieniem atmosferycznym przy średniej temperaturze około 600—900°C, występujących w zwykłych warunkach pracy regeneratorów, współczynnik przenikania ciepła α osiąga wartość około 300, którą to wartość można było uzyskać w dotychczasowych regeneratorach tylko przez zastosowanie wielkich szybkości.

Wynalazek polega więc na zmniejszeniu szczeliny dla przepływu powietrza, na przykład poniżej 0,6 mm, w praktycznym wykonaniu aż do 0,06 mm, a nawet jeszcze mniej, co powoduje, że wskutek przewodnictwa ciepłego nieruchomych gazów ciepło przenosi się na ścianki również z cząstek gazu, znajdujących się w środkowych częściach przekroju kanału przepływowego, i przytem tak prędko, że można się obejść bez konwekcyjnego przenoszenia ciepła zapomocą wirów. Regenerator taki pomimo wąskich kanałów przepływu może być użyty nawet w tych wypadkach, w których trzeba o ile możliwości unikać strat ciśnienia, bowiem, nie wpływając ujemnie na przechodzenie ciepła, przez wąskie kanały regeneratora można przeprowadzić gazy z dowolnie małą prędkością, np. 3,5—4 m/sek, możliwie poniżej 5 m/sek i nigdy powyżej 20 m/sek; powstają więc tylko małe opory tarcia, mało wpływające na sprawność, względnie małe straty ciśnienia.

Przewodnictwo cieplne λ powietrza, to jest ilość kaloryj, przechodzących w godzinie przez przekrój 1 m² warstwy powietrza o grubości 1 m i przy różnicy temperatur 1° C dla powietrza pod ciśnieniem 1 atm i przy zwykłej dla regeneratora średniej temperaturze 600° wynosi 0,0448. Ilość więc kaloryj przechodzących w ciągu godziny przez powierzchnię 1 m², warstwy powietrznej o grubości δ , czyli współczynnik przenikania ciepła przez powierzchnię tej warstwy powietrza wynosi

$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta}$$

Jeżeli więc szerokość szczelinowych kanałów regeneratora oznaczmy przez s , to największa długość drogi w powietrzu, przez którą ciepło musi przejść, wynosi tylko $\frac{s}{2}$, bo cząstki powietrza w środkowej płaszczyźnie szczeliny znajdują się w największej odległości $\frac{s}{2}$ od ścian szczeliny. Ponieważ jednak nie wszystkie cząstki powietrza w szczelinie (przyjmując je w spoczynku) leżą w odległości $\frac{s}{2}$ od ścian, lecz odległość ta zmienia się od $\frac{s}{2}$ do 0 dla cząstek dotykających ścian kanału, więc dla przenikania ciepła miarodajną jest war-

$$\text{tość średnia } \frac{\frac{s}{2} + 0}{2} \text{ czyli } \frac{s}{4}$$

Ilość kaloryj, przechodzących w jednym lub drugim kierunku przez powierzchnię 1 m² ścian w jednej godzinie, a więc współczynnik przenikania ciepła wynosi zatem dla nieruchomego powietrza

$$\alpha = \frac{\lambda}{\frac{s}{4}}$$

a dla szerokości szczeliny $s=0,5$ mm

$$\alpha = \frac{4\lambda}{s} = \frac{4 \cdot 0,0448}{0,0005} = 358,4.$$

Warunki nie zmieniają się, gdy powietrze nie jest nieruchome, lecz przepływa przez szczelinę z tak małą chyżością, że przepływ jest spokojny, warstwowy.

Warunkowi bardzo małej prędkości przepływu łatwo można uczynić zadość, dając regeneratorowi tak wielki ogólny przekrój przepływowy, by ilość powietrza, przesyłanego przez ten przekrój w jednostce czasu, mogła rzeczywiście przepłynąć z obraną małą prędkością. Ogólna ob-

jętość regeneratora ze szczelinami o małej szerokości jest bardzo mała mimo wielkiego ogólnego przekroju przepływowego, bo długość regeneratora zmniejsza się tem więcej, im mniejszą obrano prędkość przepływu.

Regenerator najlepiej jest wykonać z cienkich płytek. Odległość ich na chłodnej stronie regeneratora nie powinna być większa jak 0,6 mm, odstęp ten zmniejszany jest jednak celowo aż do 0,06 mm, a nawet mniej, przyczem grubość blaszek jest również mała, mianowicie około 0,1—0,2 mm. Jeżeli jednak regenerator jest utworzony z ziaren, np. ze źle przewodzącego materiału ogniotrwałego, pomiędzy którymi powstają kanały przepływowe dla gazów, to wielkość ziarn masy, wypełniającej regenerator, nie powinna przekraczać 4 mm po chłodnej jego stronie. Ponieważ objętość właściwa gazu wzrasta w kierunku od chłodnego do gorącego końca regeneratora, więc wzrasta też prędkość i straty tarcia; ponieważ jednak wraz z temperaturą wzrasta też współczynnik przewodnictwa gazu, więc celem zmniejszenia strat tarcia można stopniowo zwiększać szerokość szczeliny ku gorętszej stronie regeneratora, nie pogarszając przytem warunków przenoszenia ciepła. Ze względu na warunek małej przestrzeni szkodliwej i małych oporów przepływu, regenerator powinien mieć jak najmniejszą długość w kierunku przepływu. Jeżeli jednak regeneratore jest wykonany z metalu, to występują straty, wskutek możności przenoszenia się ciepła z cieplejszego końca regeneratora do zimniejszego. Aby straty te zmniejszyć, dzieli się w myśl wynalazku masę, gromadzącą ciepło w regeneratorze, na wielką liczbę odcinków, leżących jeden za drugim w kierunku przepływu gazu; odcinki te są oddzielone od siebie warstwami gazu i liczba ich w stosunku do spadku temperatury między obu końcami regeneratora jest tak wielka, że spadek temperatury w jednym odcinku jest praktycznie równy zeru, a róż-

nica temperatur średnich dwóch sąsiednich odcinków regeneratora mniej niż 20° C.

Przez taki podział regeneratora na bardzo krótkie odcinki, przedzielone szczelinami powietrznymi, zwiększa się jeszcze znacznie współczynnik przenikania ciepła, gdy prędkość przepływu jest tak mała, że wynosi tylko mały ułamek krytycznej prędkości. Wiadomo bowiem, że gdy gazy wchodzą choćby z najmniejszą chyżością w ograniczony kanał, to u wejścia powstają wiry, które przemieniają się na przepływ warstwowy dopiero po przejściu pewnej drogi, tak zwanej drogi zaniku wirów. Wskutek tych wirów współczynnik przenikania ciepła wzrasta w obrębie drogi zaniku wirów znacznie ponad wartość, wynikającą z samej tylko zdolności przewodzenia. Jeżeli więc odcinki regeneratora będą dłuższe od drogi zaniku wirów, to u wejścia do każdego dalszego odcinka rozpoczyna się nowa droga zaniku wirów, tak, że mimo małej prędkości przepływ może nie być warstwowy. Ponieważ długość drogi zaniku wirów zmniejsza się wraz z szerokością szczeliny, odcinki więc muszą być np. dla szczelin o szerokości 0,1 mm skrócone do około 2 mm.

Wzrost współczynnika przenikania ciepła wskutek tego podziału umożliwia stosowanie większej szerokości szczeliny, niż w regeneratorze, niepodzielonym w kierunku jego długości. Tak np. można uzyskać współczynnik przenikania ciepła 300 już przy szerokości szczelin 1 mm, gdy tylko odcinki będą krótkie.

Materiałami dla regeneratora są przede wszystkim kwarc, nikiel, kobalt lub ich stopy gdyż próby wykazały, że materiały te najlepiej się do tego nadają. Można jednak różne odcinki regeneratora wykonywać z różnych materiałów. Można by odcinki narażone na najwyższą temperaturę wykonać np. z cienkich płytek kwarcowych, najbliższe odcinki z niklu, a dalsze z miedzi, glinu lub innego metalu albo stopu.

Na rysunku przedstawiono kilka przy-

kładów wykonania regeneratorów według wynalazku.

Fig. 1 przedstawia w widoku zewnętrznym część regeneratora, złożonego z prostych, równoległych pasków, fig. 2—przekrój tegoż regeneratora wzdłuż 2—2 na fig. 1.

Przedstawiony na tych figurach regenerator składa się z cienkich, około 0,1 mm grubości, prostych pasków metalowych 1, o szerokości a wynoszącej około 2—3 mm. Wzajemnemu przyleganiu pasków 1 zapobiegają przegradzające je paski 4 grubości około 0,06—0,1 mm. Paski 1 osadzone są we wpustkach ramy 3, źle przewodzącej ciepło; w każdej więc wpustce 2 ramy umocowany jest ruszt o bardzo wąskich szczelinach, około 0,06—0,1 mm, utworzonych równoległymi ściankami. W ramie 3, jak wskazuje fig. 2, mieści się wielka ilość takich rusztów oddzielonych wąską szczeliną powietrzną 5 o grubości około 0,06—1 mm. Gazy przepływają przez ruszty regeneratorew naprzemian w kierunku strzałki 6 i 7. Wskutek tego, że małe poszczególne odcinki regeneratora mają w kierunku przepływu gazów długość a , wynoszącą niewiele milimetrów, strefa zaniku wirów zajmuje co najmniej długość jednego odcinka regeneratora. Po wyjściu ze szczeliny jednego odcinka prąd gazu napotyka w szczelinie 5 zwiększony przekrój, tak że powstają zaburzenia i u wejścia do następnego odcinka rozpoczyna się nowa strefa zaniku wirów. Wskutek tego współczynnik przenikania ciepła może wzrosnąć znacznie ponad wartość 4, nawet jeżeli prędkość przepływu jest tylko ułamkiem prędkości krytycznej, przez co górna granica szerokości szczeliny dla minimalnej wartości współczynnika przenikania ciepła 300 może być przesunięta mniej więcej do 1 mm.

Do zabezpieczenia szerokości szczeliny między poszczególnymi warstwami pasków metalowych 1 mogą służyć rozpórki, wykonane z pasków.

Fig. 3 przedstawia np. wykonanie, w którym odstęp 9 między poszczególnymi warstwami metalowych pasków 1 może być zapewniony zapomocą ich karbów 8.

Ruszty, tworzące poszczególne odcinki regeneratora, można wykonać w bardzo prosty sposób, zwijając spirale z cienkich i wąskich wstęg metalowych 10 (fig. 4) i zabezpieczając konieczną szczelinę między poszczególnymi zwojami spirali.

Celem utworzenia regeneratora składa się większą ilość takich płaskich spirali, np. z cienkich (około 0,1 mm grubości) taśm, w osłonie ze złego przewodnika ciepła.

Fig. 5 przedstawia taki regenerator w podłużnym przekroju. W osłonie 3 z materiału ogniotrwałego i źle przewodzącego ciepło, tak uszeregowane są spirale 10, że pozostają między nimi szczeliny powietrzne 5.

Zimne gazy płyną w kierunku strzałki 6, a gorące gazy w kierunku strzałki 7, ogrzewając się względnie ochładzając.

Na fig. 5 widać, że przekrój regeneratora wzrasta stopniowo od chłodnego końca 11 do gorącego 12, aby też szczeliny poszczególnych jego odcinków mogły wzrastać w tym samym kierunku. W ten sposób przy najlepszej wymianie ciepła uzyskuje się najmniejszy opór przepływu. Regenerator taki można wykonać z szerokością szczeliny 0,1 mm w ten sposób, że szerokość ta w chłodnym końcu wynosi, np. tylko 0,1 mm, ku gorącemu końcowi wzrasta stopniowo do 0,22 mm. Przy średnim ciśnieniu powietrza 1 atm i prędkości przepływu $w=3,6$ m/sek współczynnik przenikania ciepła $\alpha=1448$. Przy spadku temperatury 1000° C między zimnym a gorącym końcem i przy całkowitej długości około 200 mm strata ciśnienia gazu wynosi nie więcej jak 0,025 atm, a różnica temperatur między gazem a częścią regeneratora, z którą on się w danej chwili styka, utrzymuje się poniżej 5° C.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Regenerator do silników cieplnych, zestawiony w kierunku przepływu z oddzielnych części, które utworzone są z równoległych taśm metalowych, znamienny tem, że ogólny przekrój przepływu, jak również prześwit między poszczególnymi metalowymi wkładkami taśmowymi wzrasta stopniowo od tego końca regeneratora, przy którym prześwit posiada wymiar mniejszy niż 0,6 mm, do przeciwnego, przyczem poszczególne odcinki są od siebie oddzielone przez rozpórki w tej samej odległości, jak

odpowiadające im prześwity, tak że z zawartej między obu końcami regeneratora różnicy temperatury przypada na dwa po sobie następujące prześwity najwyżej różnica temperatury 20° C.

2. Regenerator według zastrz. 1, znamienny tem, że przynajmniej najcieplejsze odcinki regeneratora wykonane są z niklu.

Michael Martinka.

Zastępca: M. Kryzan,
rzecznik patentowy.

