

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY PATENTU TYMCZASOWEGO

81 395

Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu _____

Kl. 36c,9/22

Zgłoszono: 26.11.1973 (P. 166805)

Pierwszeństwo: _____

MKP F28d 9/00

Zgłoszenie ogłoszono: 02.11.1974

Opis patentowy opublikowano: 25.11.1975

Twórca wynalazku: Tadeusz Drozd

Uprawniony z patentu tymczasowego: Instytut Lotnictwa, Warszawa (Polska)

Przeponowy wymiennik ciepła z wymuszonymi przepływami czynników

Przedmiotem wynalazku jest przeponowy wymiennik ciepła z wymuszonymi przepływami czynników, zawierający rdzeń wykonany ze spłaszczonych rurek ożebrowanych zewnętrznie.

W znanych dotychczas wymiennikach przeponowych rdzenie zawierają spłaszczone rurki, ustawione płaską ścianką równolegle do kierunku przepływu czynnika omywającego rurki z zewnątrz. Rurki te w kolejnych równoległych rzędach są ustawione jedna za drugą lub są przestawione względem kierunku przepływu o część podziałki rozmieszczenia rurek w jednym rzędzie. W rozwiązaniach tych w celu zmniejszenia oporu cieplnego od strony zewnętrznej rurek stosuje się ożebrowanie typu płytkowego lub taśmowego. Na ożebrowaniu wykonuje się różnego rodzaju sfalowania i nacięcia w celu zrywania warstwy przyściennej, co powoduje intensyfikację przenikania ciepła pomiędzy obu czynnikami. Różnego rodzaju konstrukcje rdzeni wymienników typu woda-powietrze zostały podane w książce A. Fraasa i H. Oziska pt. „Heat Exchanger Design”, John Wiley, New York 1965 r. Roz. XI.

Sfalowania i nacięcia na powierzchniach ożebrowania w znanych konstrukcjach powodują efekt zrywania warstwy przyściennej przede wszystkim na tych powierzchniach. Wiry indykowane przez takie turbulizatory mają charakter lokalny, przyścienny. Zwiększenie wymiarów turbulizatorów jest ograniczone wzrostem oporów przepływu czynnika omywającego ożebrowanie i rurki. Przystawne układy rurek w rdzeniach płytkowych wymienników ciepła powodują powstawanie dużych oporów czołowych dla przepływu omywającego czynnika. Układy z przestawnymi rurkami stosuje się w celu zwiększenia współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej rurek, ponieważ w układach nieprzestawnych powierzchnie zewnętrzne kolejnych rurek pozostają w cieniach aerodynamicznych rurek poprzednich. Charakterystyka cieplno-przepływowa wymienników ciepła z rurkami nieprzestawnymi, stosowanymi najczęściej w wymiennikach typu taśmowego, w porównaniu z charakterystyką układów z rurkami przestawnymi ma gorsze wskaźniki oceny jakości. Z kolei wymienniki z układami rurek przestawnych sprzyjają powstawaniu akustycznych fal stojących, co już przy stosunkowo niewielkich prędkościach przepływu np. rzędu 18 m/s, powodują powstawanie gwizdów. Przykładowo, przy prędkości przepływu powietrza, napływającego na chłodnicę płytkową typu woda-powietrze, rzędu 30 m/s natężenie hałasu osiąga wartość 120 db, a główna częstość emitowanych fal akustycznych wynosi 3500 Hz.

Celem wynalazku było zwiększenie wydajności cieplnej wymiennika o niezmienionej gabarytowo objętości rdzenia.

W wymienniku według wynalazku rurki rzędów wewnętrznych są odchylone od długiej osi przekroju poprzecznego każdej z rurek rzędu pierwszego o kąt ostry, zaś odchylenia te występują przemienne w kolejnych rzędach. Rząd pierwszy i ostatni mają rurki ustawione długimi osiami przekroju równoległe do kierunku przepływu omywającego je czynnika. Ponadto rząd ostatni jest przesunięty w stosunku do pierwszego o odcinek nie większy niż pół podziałki rozmieszczenia rurek w rzędach.

Istotną cechą konstrukcyjną przedmiotu wynalazku jest konstrukcja rdzeni, oparta na skośnie przemienym układzie rurek płaskich. Układ taki może być zastosowany w rdzeniach o dowolnej liczbie rzędów poczynając od trzech. W każdym jednakże układzie rurki rzędu pierwszego i ostatniego są ustawione długimi osiami równoległe do kierunku przepływu omywającego je czynnika. W związku z powyższym przy rdzeniu o minimalnej liczbie rzędów występuje jedynie jeden rząd ze skośnie ustawionymi rurkami. Układ skośnie ustawionych rurek może współpracować z płytowym ożebrowaniem wykonanym w postaci trójkątnie pofalowanej taśmy, poprzecznie do kierunku przepływu powietrza. Może także współpracować z ożebrowaniem taśmowym. Dobre parametry pracy wymiennika osiągnięto dzięki zmniejszeniu oporu cieplnego od strony powierzchni ożebrowanej poprzez odpowiedni dobór geometrii rdzenia i ożebrowania.

Zasada działania rdzenia ze skośnie przemienym układem rurek płaskich polega na wytworzeniu cyrkulacyjnego przepływu wokół rurek i pomiędzy rurkami. Osiąga się to przez przyhamowywanie z przeciwnych stron w kolejnych rzędach prędkości przepływu strumienia powietrza. Powstające w związku z tym wiry powodują zrywanie warstwy przyściennej na powierzchniach zewnętrznych rurek i powierzchniach ożebrowania, które również wykonane w postaci sfalowanej lub z nacięciami indukują drobne wiry w płaszczyznach prostopadłych do wirów cyrkulacyjnych. Powstają więc wiry przestrzenne, podwyższa się poziom turbulencji, zmniejsza się grubość warstwy przyściennej, warstwa przyścienna jest lokalnie zrywana, zmniejszają się opory cieplne dla przenikania ciepła przez powierzchnię ożebrowaną (powierzchnię nieosłoniętą rurek i powierzchnię ożebrowania). Prowadzi to do zwiększenia współczynnika przenikania ciepła pomiędzy wodą gorącą, płynącą wewnątrz rurek i powietrzem, omywającym powierzchnię ożebrowaną. Zwiększa się przez to wydajność ciepła chłodnicy. Z założenia, odbywa się to w warunkach stałego oporu statycznego rdzenia chłodnicy np. około 50 mm H₂O dla strumienia powietrza, przy zachowaniu takiej samej maksymalnej różnicy temperatur obu czynników na wlocie np. 50°C i przy takiej samej prędkości przepływu wody w rurkach np. 0,4 m/s tj. w umownie znormalizowanych warunkach. Zwiększony poziom turbulencji wirowej pozwala zmniejszyć natężenie przepływu powietrza tak ażeby w związku ze wzrostem oporów aerodynamicznych spowodowanych recyrkulacyjnym przepływem wokół rurek spadek ciśnienia statycznego w strumieniu powietrza przepływającego przez rdzeń utrzymać na niezmienionym poziomie tzn. około 50 mm H₂O. Ograniczenie oporu aerodynamicznego rdzenia chłodnicy do rzędu 50 mm H₂O wynika ze stosowania w układach chłodzących wentylatorów osiowych jednostopniowych. Z drugiej jednak strony lepsze ukształtowanie kanałów przepływu powietrza w rdzeniu ze skośnym układem rurek w porównaniu z przestawnym równoległym układem płaskich rurek spowoduje zmniejszenie się oporów przepływu. W wyniku może wystąpić niewielka zmiana w spadku ciśnienia statycznego w rdzeniu ze skośnym układem rurek w porównaniu z równoległym przestawnym przy takim samym natężeniu przepływu powietrza. Drugą zaletą skośnego układu jest wytworzenie przepływów wirowych recyrkulacyjnych uniemożliwiających tworzenie się fal stojących w drgających słupach powietrza pomiędzy rurkami. Zapobiega to powstawaniu silnego natężenia hałasu dźwięków o dużej częstotliwości.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładowym rozwiązaniu na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematycznie rdzeń w widoku z góry, fig. 2 — ten sam rdzeń w widoku w kierunku prostopadłym do kierunku napływu powietrza, fig. 3 — płytkę ożebrowania w widoku z góry, fig. 4 — rdzeń z ożebrowaniem taśmowym w widoku z góry, a fig. 5 przedstawia ten sam rdzeń w widoku od strony napływu powietrza.

Konstrukcja rdzenia ze skośnie przemienym układem rurek płaskich powstaje w ten sposób, że środek O_1 łuku 1 przedniej krawędzi rurek rzędu drugiego 2 jest przesunięty w stosunku do głównej osi 3 rurek rzędu pierwszego 4 na odległość e . Odległość ta w stosunku do podziałki t_1 rzędu pierwszego 4 spełnia warunek $0 < e/t_1 < 0,5$. Kąta α zawiera się w granicach $0 < \alpha < 30^\circ$. Środek O_2 łuku 5 tylnej krawędzi rurek rzędu drugiego 2 znajduje się na osi głównej 3 rzędu pierwszego 4. Rząd trzeci rurek 6 ma rurki odchylone o kąt α w stronę przeciwną w porównaniu z rzędem drugim rurek 2. Jest to równoznaczne z przesunięciem środka O_3 łuku przedniej krawędzi 7 rurek 6 na odległość e od osi głównej 3 rzędu pierwszego 4 w stronę przeciwną niż w rzędzie drugim 2. Środek O_4 łuku 8 tylnej krawędzi rurek 6 jest umieszczony znów na osi głównej 3 rurek rzędu pierwszego 4. Następne rzędy wewnętrzne powstają w sposób analogiczny. Odchylenia o kąt α występują przemienne w stosunku do osi głównej 3 rurek z rzędu pierwszego 4. Rząd ostatni rurek 9 powstaje w tym samym rytmie, jak kolejne rzędy wewnętrzne rurek, jeżeli chodzi o przemienność przesunięcia e . W odróżnieniu jednak od rzędów wewnętrznych 2 i 6 rząd ten ma osie główne rurek równoległe do osi głównych 3 rurek rzędu

pierwszego 4. Po przesunięciu środka O_5 łuku 10 przedniej krawędzi rurek na odległość e – w stronę wynikającą z cyklu przemienności przesunąć w rzędach wewnętrznych rdzenia – oś główna tej rurki przechodząca przez środek O_5 pozostaje nieodchylona o kąt α . W związku z tym ośrodek O_6 łuku 11 tylnej krawędzi rurki leży w tej samej odległości e od osi głównej 3 rurki z rzędu pierwszego 4 co i środek O_5 . Osie krótkie 12 np. rurek z rzędu 2 w przecięciu z osiami długimi rurek wyznaczają środek ciężkości O_7 przekroju poprzecznego rurek. Osie przechodzące przez środki ciężkości rurek w jednym rzędzie wyznaczają oś wspólną dla całego rzędu 2, 4, 6 lub 9. Odległości pomiędzy tymi osiami tworzą podziałkę rzędów t_2 . Podziałka ta jest dla wszystkich rzędów jednakowa. Podziałka t_2 w odniesieniu do szerokości rurki s_r spełnia warunek $1,2 < t_2/s_r < 2$. Odległości pomiędzy środkami ciężkości O_7 rurek w jednym rzędzie tworzą podziałkę t_1 , która w odniesieniu do grubości rurek g_r spełnia warunek $2,5 < t_1/g_r < 4$.

Na rurki spłaszczone, rozmieszczone zgodnie z powyższym opisem nakładane jest następnie ożebrowanie. Ożebrowanie może być wykonane jako płytkowe lub taśmowe. Płytki 14 są wykonane z taśmy i mają szerokości równe grubości rdzenia L . Płytki mają powierzchnię sfalowaną o wysokości garbów netto h i długości fali t_g . Sfalowanie i następnie przebijanie otworów w płytkach wykonuje się w specjalnym oprzyrządowaniu: dzielonych matrycach z układem noży na miejscu rurek i powierzchnią podziału matrycy w postaci sfalowanej. Otwory w płytkach są wykonane po ściśnięciu matrycy i wyłoczeniu sfalowań przez nacięcia zespołem noży przede wszystkim po osiach głównych rurek i następnie odgięcie krawędzi. Płytki nakłada się na rurki w odległościach t_p . Wysokość garbów h w odniesieniu do podziałki t_p spełnia warunek $0 < h/t_p < 0,4$. Długość fali t_g w odniesieniu do $1,5 < t_g/t_p < 5$. Podziałka płytek t_p w odniesieniu do grubości rurek g_r spełnia warunek $0,6 < t_p/g_r < 1,5$. Płytki dokładnie przylegają do rurek i są połączone metalicznie przez lutowanie na krawędziach styku. Uzyskuje się to przez wstępne pobielanie cyną powierzchni rurek i płytek i następnie po nałożeniu płytek na rurki przez zgrzewanie w odpowiedniej temperaturze lub metodą zanurzeniową całego rdzenia w odpowiedniej kąpeli cynowej. Rdzeń po wyjęciu z kąpeli otrząsa się z nadmiaru cyny.

Ożebrowanie może być również wykonane w postaci ożebrowania taśmowego 15. Ożebrowanie takie wykonuje się na specjalnych walcach, z których taśma wychodzi sfalowana w postaci harmonijki a na swojej powierzchni ma od razu wykonane odpowiednie nacięcia. Harmonijki takie z taśm wkłada się w przestrzenie między rurkami stycznie do kierunku głównych osi w spłaszczonych rurkach. W przypadku ożebrowania taśmowego 15 możliwa jest modyfikacja rdzenia ze skośnym układem rurek w rzędach wewnętrznych w taki sposób, ażeby środki krzywizn łuków sąsiadujących ze sobą rzędów leżały na osi równoległej do osi głównej rurek z rzędów skrajnych. Wówczas przesunięcie e środka O_1 jest równe zero, środek O_2 jest przesunięty o e (np. w prawo), podobnie środek O_3 . Środek O_4 jest znów umieszczony na osi głównej 3 itd. Środek O_5 rzędu ostatniego 9 jest przesunięty o wielkość $+e$ odpowiednio od środka łuku krawędzi tylnej ostatniego wewnętrznego rzędu z rurkami skośnie ułożonymi.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przeponowy wymiennik ciepła z wymuszonymi przepływami czynników, zawierający rdzeń wykonany ze spłaszczonych rurek ożebrowanych zewnątrz, z n a m i e n n y t y m, że rurki rzędów wewnętrznych (2, 6) są odchylone od długiej osi (3) przekroju poprzecznego każdej z rurek rzędu pierwszego o kąt ostry (α) zaś odchylenia te występują przemienne w kolejnych rzędach, natomiast rząd pierwszy (4) i ostatni (9) mają rurki ustawione długimi osiami przekroju równoległe do kierunku przepływu omywającego je czynnika, a ponadto rząd ostatni (9) jest przesunięty w stosunku do pierwszego (4) o odcinek e będący częścią podziałki (t_2) rozmieszczenia rurek w rzędach, przy czym wielkości te są związane zależnością $0 < e/t_1 < 0,5$.

2. Przeponowy wymiennik według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że wymiary geometryczne rurek (2, 6) i płytek (14) ożebrowania są związane następującymi zależnościami: stosunek podziałki odległości (t_1) rurek w rzędzie do grubości (g_r) spłaszczonej rurki zawiera się w przedziale $2,5 < t_1/g_r < 4$, stosunek podziałki odległości (t_2) pomiędzy rzędami rurek do szerokości (s_r) spłaszczonej rurki $1,2 < t_2/g_r < 2$, stosunek wysokości (h) płytki (14) ożebrowania do podziałki (t_p) ich rozmieszczenia $0 < h/t_p < 0,4$, stosunek podziałki sfalowań (t_g) płytki (14) do podziałki (t_p) ich rozmieszczenia $1,5 < t_g/t_p < 5$, stosunek podziałki rozmieszczenia (t_p) płytek (14) do grubości (g_r) spłaszczonych rurek $0,6 < t_p/g_r < 1,5$.

