

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 244642 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437023**

(22) Data zgłoszenia: **2021.02.16**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.08.22 BUP 34/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.02.19 WUP 08/2024**

(51) MKP:

F28F 3/02 (2006.01)

F28F 1/10 (2006.01)

F28F 13/06 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT MASZYN PRZEPŁYWOWYCH
IM. ROBERTA SZEWAŁSKIEGO POLSKIEJ
AKADEMII NAUK, Gdańsk, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**TOMASZ ZYGMUNT KACZMARCZYK,
Pińczów, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Małgorzata Matyka, Gdańsk, PL

(54) Tytuł:

Przepływowy szczelinowy wymiennik ciepła

PL 244642 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przepływowy szczelinowy wymiennik ciepła.

Każda maszyna elektryczna podczas pracy nagrzewa się i może pracować bezpiecznie poniżej dopuszczalnej temperatury pracy uzwojenia. Ponieważ po przekroczeniu dopuszczalnej temperatury pracy następuje uszkodzenie izolacji uzwojenia maszyny, przebicie elektryczne i w konsekwencji uszkodzenie maszyny. Dlatego zapewnienie bezpiecznej pracy wiąże się z koniecznością odprowadzenia strumienia ciepła (Q) wytworzonego podczas pracy maszyny. Do odprowadzenia strumienia ciepła (Q) stosuje się wymienniki ciepła, które powinny cechować się wysoką sprawnością, niezawodnością działania, niskimi kosztami produkcji, kompaktowością oraz małymi gabarytami. W celu spełnienia możliwie jak najwięcej powyższych wymogów budowane są np. wymienniki ciepła z powierzchniami uźebrowanymi, które dodatkowo mogą wykorzystywać zjawisko konwekcji wymuszonej.

W przepływowym uźebrowanym szczelinowym wymienniku ciepła (Fig. 1) ważnym aspektem jest uzyskanie maksymalnej intensyfikacji wymiany ciepła pomiędzy obiektem chłodzonym (np. powierzchnią stojana silnika lub prądnicy) a płynem chłodzącym. Płynem chłodzącym mogą być wszelkiego rodzaju/typu zarówno ciecze jak i gazy (tzw. płyny). Jednym ze sposobów intensyfikacji wymiany ciepła jest zastosowanie wymuszonego przepływu płynu chłodzącego (tzw. konwekcji wymuszonej). Płyn chłodzący dostarczany jest do komory zasilającej (4) skąd przepływa (od strony prawej do lewej) przez przestrzeń międzyżebrową oraz szczelinę pierścieniową (s – Fig. 2a) wyznaczoną przez korpus zewnętrzny (2) wymiennika ciepła. Transfer ciepła odbywa się od zewnętrznej powierzchni stojana maszyny do wewnętrznej powierzchni (6) wymiennika, o średnicy wewnętrznej (D_w) odbywa się na drodze przewodzenia ciepła. Strumień ciepła (Q) przekazywany do korpusu wewnętrznego (1) z żebrami (3) i jest odbierany przez przepływający płyn chłodzący przepływający przez wymiennik ciepła. Zastosowanie powierzchni uźebrowanych (rozwinięcie powierzchni wymiany ciepła) to kolejny sposób intensyfikacji wymiany ciepła w wymiennikach. Należy zaznaczyć, że żebro podczas przepływu płynu chłodzącego przez wymiennik ciepła stanowi przegrodę, która ma zasadniczy wpływ na przebieg linii prądu (5) płynu chłodzącego (Fig. 1) oraz charakter wymiany ciepła. Z jednej strony żebro zwiększa powierzchnię wymiany ciepła, a z drugiej stanowi dodatkowy opór podczas przepływu płynu chłodzącego (zmniejsza prędkość przepływu płynu i powoduje większe zużycie mocy elektrycznej przez pompę układu chłodzenia). Skojarzenie kształtu żebra (3) oraz wielkości kanału (s) przepływu płynu ma zasadniczy wpływ na rodzaj przepływu płynu (np. laminarny, mieszany, burzliwy tzw. turbulentny) i stopień intensyfikacji wymiany ciepła. Podstawowymi parametrami służącymi do opisu powierzchni żebrowanych (Fig. 2a) jest: wysokość żebra (h), podziałka (p) powierzchni uźebrowanej, grubość żebra (g), odległość pomiędzy żebrami (t) oraz promień zaokrąglenia nasady żebra (r), który w większości rozwiązań konstrukcyjnych wymienników jest niewielki lub równy zero (Fig. 2b). Prosta konstrukcja żebra (Fig. 2b) powoduje, że przepływ płynu chłodzącego jest zaburzany (linie prądu rozkładają się nierównomiernie w przestrzeni chłodzącej). Skutkiem czego jest nierównomierne omywanie płynem chłodzącym powierzchni wymiennika ciepła oddających ciepło do chłodziwa (przepływającego płynu). Wówczas mamy do czynienia z nierównomiernym rozkładem temperatury na powierzchni wymiennika oraz powstawaniem nierównomiernych naprężeń cieplnych w wymienniku. Ponadto przy chaotycznym rozkładzie linii prądu występują większe straty ciśnienia w wymienniku ciepła przy jednoczesnym zmniejszeniu prędkości przepływu płynu. Wraz ze wzrostem prędkości przepływu płynu chłodzącego przez wymiennik rośnie intensyfikacja wymiany ciepła, a wraz ze wzrostem oporów przepływu (spadków ciśnienia) intensyfikacja ciepła maleje. Dlatego jednym z kluczowych wymagań stawianym dla przepływowych wymienników ciepła jest uzyskanie wysokich prędkości przepływu płynu przy jednoczesnym minimalnym spadku ciśnienia podczas przepływu płynu chłodzącego.

Wychodząc naprzeciw powyższym wymaganiom zaproponowano modyfikacje geometrii wierzchołków żeber (7) zarówno po stronie powierzchni napływowej (Fig. 3) oraz odpływowej (Fig. 4). Odpowiednia geometria profilu żebra umożliwia redukcję spadku (strat) ciśnienia przy zachowaniu wysokiej prędkości przepływu przy możliwie równomiernym rozkładzie pola temperatury i naprężeń termicznych na powierzchni wymiennika ciepła. Ponadto modyfikacja wierzchołków powierzchni żebra znacznie obniża koszty wykonania w odniesieniu do modyfikacji wykonanej na całej wysokości (h).

Przedmiotem wynalazku jest przepływowy szczelinowy wymiennik ciepła, gdzie górne krawędzie żeber o wysokości h i grubości g są zmodernizowane poprzez zaokrąglenie krzywymi wklęsłymi. Szerokość c zaokrąglenia żebra jest w zakresie $0 < c \leq g$. Wysokość d zaokrąglenia żebra jest w zakresie $0 < d \leq h$.

Wymiennik ciepła, gdzie górne krawędzie żebra (3) modernizowane są dodatkowo z drugiej strony poprzez ukosowanie. Wartość kąta ukosowania k wyznaczonego przez szerokość c i wysokość d ukosowania żebra (3) jest w zakresie $0 \leq k < 90^\circ$.

Wymiennik ciepła, gdzie modernizowane są powierzchnie odpływowe lub/i napływowe żeber (3) wymiennika ciepła.

Opis Figur:

Fig. 1 – przedstawia przekrój wzdłuż wymiennika ciepła: 1 – korpus wewnętrzny, 2 – korpus zewnętrzny, 3 – żebro, 4 – komora zasilająca, 5 – linie strugi (prądu) płynu chłodzącego, 6 – powierzchnia wewnętrzna wymiennika ciepła, 7 – wierzchołek żebra, 8 – nasada (podstawa) żebra; ϕDw – średnica wewnętrzna, ϕDz – średnica zewnętrzna, Q – strumień ciepła.

Fig. 2 – przedstawia wymiennik ciepła z powierzchnią uźebrowaną: a) parametry geometryczne powierzchni uźebrowanej; s – szczelina/kanal przepływu płynu chłodzącego, t – odległość między żebrami, p – podziałka żeber, h – wysokość żebra, r – promień u nasady żebra; b) przykładowy przebieg linii prądu przy opływie żebra prostego (bez modyfikacji profilów napływowych i odpływowych żebra).

Fig. 3 – przedstawia fragment uźebrowanego wymiennika ciepła oraz kształt przykładowego profilu napływowego żebra o krawędziach zaokrąglonych wklęsłych: 1 – korpus wewnętrzny, 2 – korpus zewnętrzny, 3 – żebro.

Fig. 4 – przedstawia przykładowy kształt profilu odpływowego żebra z zaokrągleniem wklęsłym wymiennika ciepła.

Fig. 5 – przedstawia przykładowe wykonanie profilu żebra z ukosowaniem nierównomiernym i zaokrągleniem wklęsłym powierzchni napływowej wymiennika ciepła.

Wynalazek ilustruje następujący przykład wykonania, niestanowiący jego ograniczenia.

Przykładowo, powierzchnia napływowa (powierzchnia żebra na którą w pierwszej kolejności kierowany jest płyn chłodzący) żebra (Fig. 3) może zostać zmodyfikowana przez zaokrąglenie wklęsłe krawędzi napływowej żebra dowolnym promieniem (R). Skojarzenie powierzchni powstałej na skutek zaokrąglenia promieniem (R), powierzchni cylindrycznej o szerokości (a – Fig. 3) z powierzchnią wewnętrzną korpusu zewnętrznego (2) tworzy efekt niesymetrycznej dyszy. Dysze zbieżne i rozbieżne często w literaturze nazywane są odpowiednio konfuzorem i dyfuzorem. Zatem przez zmianę wartości (R) można regulować wartość ciśnienia i prędkości przepływu płynu chłodzącego (zgodnie z równaniem Bernoulliego). Wielkość parametrów (R i a) ściśle zależą od grubości żebra (g) oraz wielkości wymiennika ciepła (np. średnic Dw i Dz , wysokości żebra h itd. – Fig. 1 i Fig. 2a).

Podobne modyfikacje można wykonać na powierzchni odpływowej żebra, co zaprezentowano na Fig. 4, co również skutkuje wytworzeniem efektu dyszy. W celu uzyskania optymalnych parametrów przepływu płynu chłodzącego po obu stronach żebra zaleca się stosowanie wykonania modyfikacji powierzchni odpływowej i napływowej żebra (Fig. 5). Zastosowanie modyfikacji obu powierzchni żebra powoduje powstawanie dwóch dysz rozbieżnej i zbieżnej, które mogą w pewnym sensie stanowić dyszę de Laval (dysza de Laval jest symetryczna, a w tym przypadku mamy do czynienia z wersją niesymetryczną – wycinek dyszy de Laval).

Odpowiednia modyfikacja powierzchni (powierzchni odpływowej i napływowej) oraz nasady żebra pozwala uzyskać optymalne rozkład linii prądu płynu chłodzącego, które omywają praktycznie wszystkie powierzchnie wymiennika ciepła przy zachowaniu minimalnych: strat ciśnienia, różnic gradientów temperatury w wymienniku, naprężeń termicznych przy możliwie maksymalnej intensyfikacji wymiany ciepła. Zaprezentowane powyższego rozwiązania modyfikacji powierzchni żeber cechuje kompaktowość, redukcja masy wymiennika ciepła przy jednoczesnej prostocie wykonania.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przepływowy szczelinowy wymiennik ciepła jest **znamienny tym**, że górne krawędzie żeber (3) o wysokości h i grubości g są zmodernizowane poprzez zaokrąglenie krzywymi wklęsłymi; szerokość c zaokrąglenia żebra (3) jest w zakresie $0 < c \leq g$; wysokość d zaokrąglenia żebra (3) jest w zakresie $0 < d \leq h$.

2. Wymiennik ciepła według zastrz. 1, **znamienny tym**, że górne krawędzie żebra (3) modernizowane są dodatkowo z drugiej strony poprzez ukosowanie; wartość kąta ukosowania k wyznaczonego przez szerokość c i wysokość d ukosowania żebra (3) jest w zakresie $0 \leq k < 90^\circ$.
3. Wymiennik ciepła według zastrz. 1, **znamienny tym**, że modernizowane są powierzchnie odpływowe lub/i napływowe żeber (3) wymiennika ciepła.

Rysunki

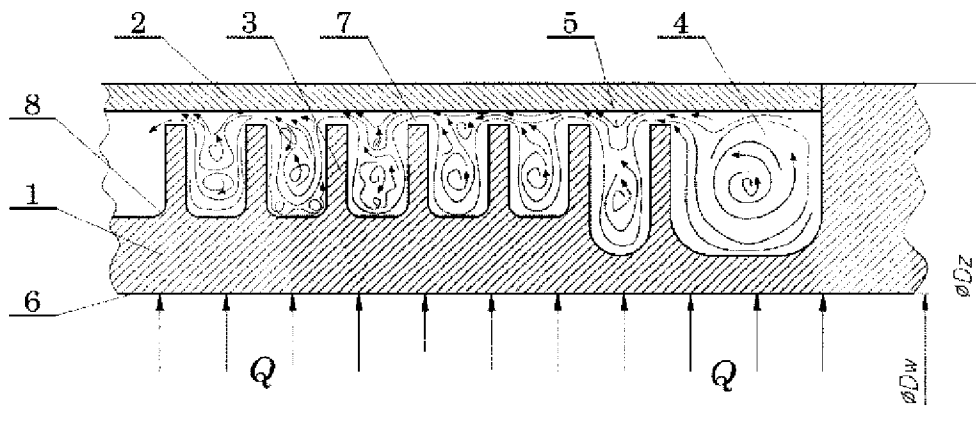


Fig. 1

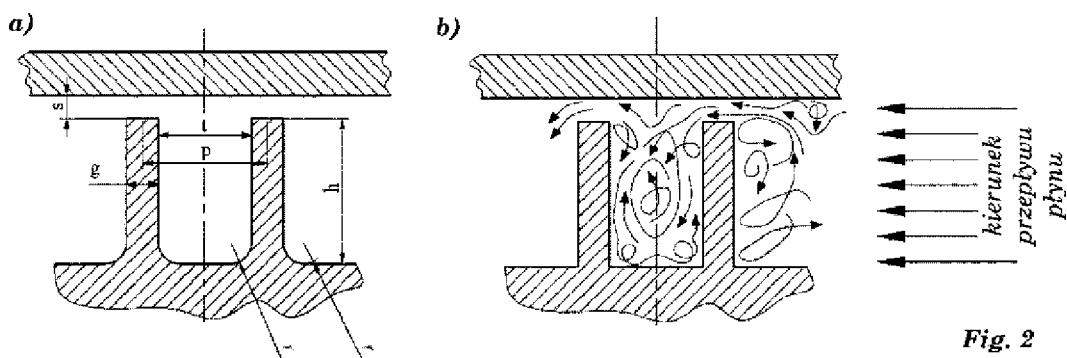


Fig. 2

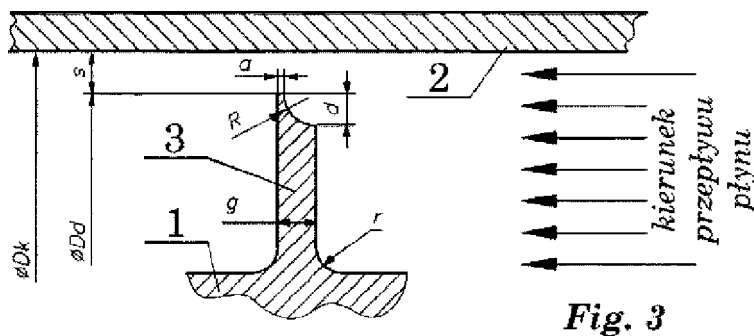


Fig. 3

Fig. 3.

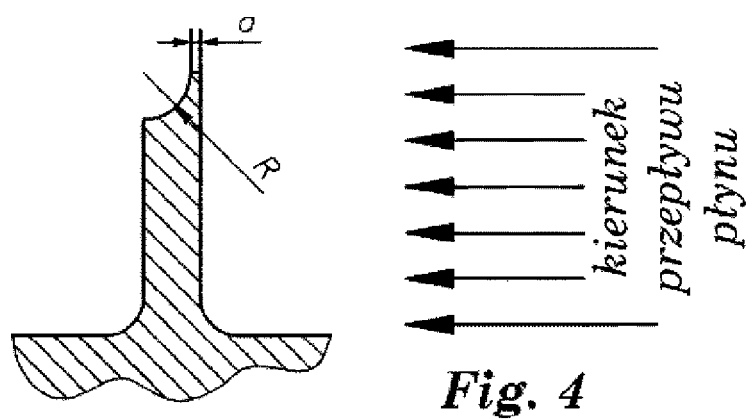


Fig. 4.

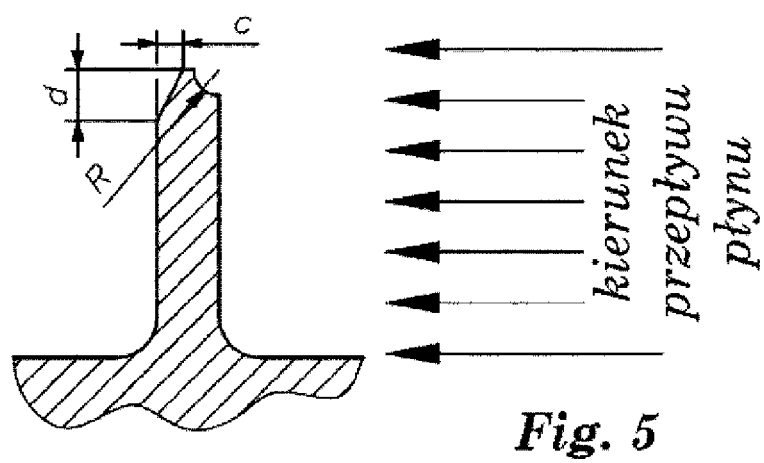


Fig. 5.