

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **235092**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **422650**

(22) Data zgłoszenia: **25.08.2017**

(51) Int.Cl.
F28D 19/04 (2006.01)
F28F 27/00 (2006.01)

(54) **System sterowania uszczelnień promieniowych obrotowych podgrzewaczy powietrza**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
11.03.2019 BUP 06/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
18.05.2020 WUP 05/20

(73) Uprawniony z patentu:
RAFAKO SPÓŁKA AKCYJNA, Racibórz, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
RONALD MROWIEC, Krzyżanowice, PL
ROBERT HALFAR, Wojnowice, PL
ŁUKASZ HALFAR, Maków, PL
PIOTR KĘDZIOR, Racibórz, PL
EWA FOLEGA, Brzeźnica, PL
MAREK ŁAPIN, Racibórz, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Jerzy Lampart

PL 235092 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest system sterowania uszczelnień promieniowych, służących do minimalizacji przecieków powietrza do spalin w obrotowych podgrzewaczach powietrza, stosowanych w przemyśle energetycznym – jako element kotłów energetycznych, podnoszących ich sprawność.

Obrotowy podgrzewacz powietrza jest regeneracyjnym wymiennikiem ciepła, służącym do podgrzewu powietrza ciepłem uchodzących spalin, celem odzysku ciepła w instalacjach kotłowych.

Konstrukcję obrotowego podgrzewacza stanowi: wirnik, wypełniony pakietami blach grzejnych; obudowa z płytą górną i dolną, umiejscowiona na konstrukcji nośnej; układ łożyskowania wirnika; napęd główny; instalacje pomocnicze oraz uszczelnienia wirnika.

Uszczelnienia podgrzewacza stosowane są w celu minimalizacji przecieków powietrza do spalin i na zewnątrz wirnika, spowodowanych m.in. odkształceniami termicznymi wirnika.

By skompensować te odkształcenia, zastosowano system skrzydeł nastawnych, współpracujących z taśmami stalowymi, przykręconymi do blach promieniowych wirnika – tzw. uszczelnienie promieniowe. Przy prawidłowej regulacji, współpraca wyżej wymienionych elementów powinna odbywać się na granicy tarcia.

Z polskiego opisu patentowego PL 179815, znane jest urządzenie ustalające i utrzymujące szczelinę pomiędzy wirnikiem a skrzydłem uszczelniającym. Układ regulacji wyposażony jest w: binarne/dwustanowe czujniki wielkości szczeliny – zabudowane na skrzydłach uszczelniających, górnym i dolnym; serwomechanizmy (siłowniki elektryczne); sterownik mikroprocesorowy oraz czujnik pomiaru temperatury wlotowej czynnika grzewczego (spalin). Szczelina utrzymywana jest tu w ustalonym zakresie pomiędzy czujnikami. Wymagana jest jednak kosztowna i wymagająca częstego przeglądu instalacja powietrza do chłodzenia czujników.

Natomiast z opisu patentowego GB2400646B, znane jest urządzenie ustalające i utrzymujące szczelinę pomiędzy wirnikiem a obudową. Układ regulacji wyposażony jest w czujnik wielkości szczeliny zabudowany na dolnej obudowie; serwomechanizmy (siłowniki elektryczne); sterownik mikroprocesorowy. W tym rozwiązaniu nie mierzymy bezpośrednio szczeliny pomiędzy płytą a wirnikiem, ale jest wyliczana pośrednio co może powodować niedokładności w regulacji szczeliny.

Celem niniejszego wynalazku jest przewyższenie lub przynajmniej zmniejszenie problemów omówionych powyżej.

Istotą rozwiązania jest system sterowania uszczelnień promieniowych obrotowych podgrzewaczy powietrza, wyposażony w skrzydła uszczelniające, pozycjonowane elektrycznym napędem ustawczym poprzez układ dźwigniowy. Położenie górnego skrzydła, na tak zwanym gorącym końcu obrotowego podgrzewacza powietrza, określane jest pośrednio – na podstawie różnicy wartości odkształcenia wirnika, na dolnym, tzw. zimnym końcu, proporcjonalnej do sygnału z czujnika pomiarowego oraz wartości współczynnika korekcyjnego, opartego na gradiencie temperatur spalin, gabarytach wirnika oraz jego właściwościach materiałowych, tak że wartość szczeliny utrzymywana jest w sposób nadążny, w całym zakresie odkształceń wirnika, spowodowanych zmianą obciążenia/wydajności kotła. Szczelina pomiędzy skrzydłem uszczelniającym a wirnikiem jest mierzona w sposób ciągły i bezpośredni, za pomocą wyspy czujnikowej zabudowanej bezpośrednio w dolnym skrzydle. Wyspa czujnikowa, wyposażona jest w parę czujników, tj. czujnik pomiarowy i zabezpieczający. Czujnik pomiarowy przekazuje ciągły sygnał pomiarowy (wielkość szczeliny) do systemu sterowania. Natomiast czujnik zabezpieczający – zabezpiecza układ przed kolizją w przypadku awarii czujnika pomiarowego.

Uszczelnianie wymiennika ciepła według wynalazku przebiega w sposób następujący:

Czujnik zabudowany w skrzydle uszczelniającym na zimnym końcu podgrzewacza mierząc bezpośrednio odległość do wirnika przekazuje wartość do systemu regulacji, który wystawia odpowiednią wartość nastawy do napędów ustawczych po stronie zimnej i gorącej podgrzewacza. Przy czym wartość nastawy dla napędu po stronie zimnego końca jest wprost proporcjonalna do zmierzonej wartości przez czujnik, a dla napędu po stronie gorącego końca jest korygowana o wartość współczynnika korekcyjnego opartego na gradiencie temperatur spalin, gabarytach wirnika oraz jego właściwościach materiałowych.

Zastosowanie czujników w wykonaniu wysokotemperaturowym, na dolnym skrzydle uszczelniającym, na tzw. zimnym końcu ZK obrotowego podgrzewacza powietrza, zapewnia ich prawidłową pracę i trwałość w całym zakresie temperaturowym oraz eliminuje potrzebę stosowania instalacji powietrza chłodzącego.

Należy również wymienić korzystne skutki wynalazku, z których najistotniejsze to: bezpośredni, bezkontaktowy i ciągły pomiar rzeczywistej szczeliny – mającej wpływ na przecieki; brak potrzeby stosowania instalacji powietrza chłodzącego czujniki oraz praca systemu w całym przedziale wydajności kotła. Wartość nastawy szczeliny może być w łatwy sposób zmieniana zdalnie z systemu sterowania, według potrzeb.

Zastosowanie powyższego systemu sterowania uszczelnień promieniowych, jest zwłaszcza korzystne ze względu na możliwości aktywnej zmiany wartości wymaganej szczeliny (przecieków) oraz pracy systemu w całym przedziale temperaturowym, wraz z uruchomieniem urządzenia, gwarantując rzeczywiste, minimalne przecieki w całej rozpiętości wydajności kotła.

Istotne staje się również wykluczenie elementów pośredniczących do wyznaczania/utrzymywania szczeliny – elementów prowadząco-ślizgowych (części mechanicznej) – podzespołów złożonych, szybko zużywających się oraz podatnych na awarie.

Uniwersalność układu i sposobu sterowania uszczelnień promieniowych, umożliwia jego stosowanie we wszystkich znanych regeneracyjnych obrotowych podgrzewaczach.

Przedmiot wynalazku w przykładzie realizacji jest bliżej objaśniony w oparciu o rysunek, na którym:

- fig. 1 przedstawia schemat ideowy systemu regulacji uszczelnień obrotowego podgrzewacza powietrza składający się z wirnika [1], skrzydeł uszczelniających [2] i [7], napędów ustawczych [6] i [8], wyspy czujnikowej [5] oraz systemu sterowania [9],
- fig. 2 przedstawia blokową reprezentację algorytmu sterowania uszczelnień promieniowych.

W systemie sterowania uszczelnień promieniowych istota zawiera się w bezpośredniej zabudowie pary czujników – pomiarowego [4] i zabezpieczającego [3], w dolnym skrzydle uszczelniającym [2], na tzw. zimnym końcu ZK obrotowego podgrzewacza powietrza. Pierwszy czujnik – pomiarowy, to czujnik położenia [4] do bezkontaktowego i bezpośredniego pomiaru odległości (szczeliny) pomiędzy elementem doszczelniającym [2] (skrzydłem regulowanym napędem ustawczym [6]) a poziomą powierzchnią kołnierza wirnika [1]. Drugi zaś – to czujnik zbliżeniowy [3], zabezpieczający przed przekroczeniem minimalnej szczeliny. Oba czujniki osadzone są w wyspie czujnikowej [5] – wykonanej ze specjalnego tworzywa odpornego na warunki środowiskowe panujące w miejscu zabudowy. Elementem wykonawczym – pozycjonującym skrzydło uszczelniające [2] – jest elektryczny napęd ustawczy [6].

System regulacji uszczelnienia opiera się na wykorzystaniu informacji z wyspy czujnikowej [5], które przetwarzane są w systemie sterowania [9]. System ten porównuje sygnał z czujnika pomiarowego [4], z wartością zadaną szczeliny – wyznaczając wartość uchybu regulacji. System sterowania koryguje pozycję skrzydła uszczelniającego [2] poprzez napęd ustawczy [6], dążąc do zachowania zadanej wielkości szczeliny pomiędzy skrzydłem uszczelniającym [2] a wirnikiem [1].

W celu dodatkowego zabezpieczenia skrzydła uszczelniającego [2] i wirnika [1] przed kolizją, zastosowano czujnik zbliżeniowy [3]. Sygnał z czujnika traktowany jest jako nadrzędny (sygnał alarmowy do systemu sterowania [9]) – powodujący odsunięcie skrzydła promieniowego w kierunku na rozszczelnienie, do czasu jego zaniku.

Pozycja górnego skrzydła uszczelniającego [7] gorącego końca (GK) podgrzewacza regulowana jest przez napęd ustawczy [8]. Wartość odchylenia określana jest pośrednio – na podstawie sygnału z czujnika pomiarowego [4] (wartość odkształcenia wirnika, na ZK) oraz wartości współczynnika korekcyjnego X (opartego na: gradiencie temperatur spalin, gabarytach wirnika oraz jego właściwościach materiałowych):

$$X = 0,06h \cdot \sqrt{\alpha \Delta T}$$

gdzie:

h – wysokość wirnika; α – współczynnik rozszerzalności; ΔT – gradient temperatur spalin (wlot/wylot).

W poniższej tabeli przedstawione są dane pomiarowe uzyskanych wartości współczynnika korekcyjnego X i pozycja górnego skrzydła uszczelniającego [7] gorącego końca (GK) obrotowych podgrzewaczy powietrza dla trzech różnych podgrzewaczy o wysokości wirnika: 1500, 1800 i 1900 mm przy różnych współczynnikach rozszerzalności cieplnej wywołanej określonymi gradientami temperatur spalin oddziałujących na wartości odkształcenia wirnika, na dolnym, tzw. zimnym końcu (ZK).

Przykłady:

Przykład nr 1 - OPP kotła OP-140, 100%WMT		
Dane	Rozwiązanie	Wynik
$h=1500$ [mm] $\alpha=1,35 \times 10^{-5}$ [°C ⁻¹] $\Delta T=220$ [°C] $ZK=6,4$ [mm]	$X = 0,06 \cdot 1500 \cdot \sqrt{1,35 \cdot 10^{-5} \cdot 220} = 4,9$ [mm] $GK = ZK - X = 6,4 - 4,9 = 1,5$ [mm]	$X=4,9$ [mm] $GK=1,5$ [mm]
Przykład nr 2 - OPP kotła OP-650, 100%WMT		
Dane	Rozwiązanie	Wynik
$h=1800$ mm $\alpha=1,35 \times 10^{-5}$ [°C ⁻¹] $\Delta T=180$ [°C] $ZK=11,3$ [mm]	$X = 0,06 \cdot 1800 \cdot \sqrt{1,35 \cdot 10^{-5} \cdot 180} = 5,3$ [mm] $GK = ZK - X = 11,3 - 5,3 = 6,0$ [mm]	$X=5,3$ [mm] $GK=6,0$ [mm]
Przykład nr 3 - OPP kotła BB-1150, 100%WMT		
Dane	Rozwiązanie	Wynik
$h=1900$ mm $\alpha=1,35 \times 10^{-5}$ [°C ⁻¹] $\Delta T=160$ [°C] $ZK=14,9$ [mm]	$X = 0,06 \cdot 1900 \cdot \sqrt{1,35 \cdot 10^{-5} \cdot 160} = 5,3$ [mm] $GK = ZK - X = 14,9 - 5,3 = 9,6$ [mm]	$X=5,3$ [mm] $GK=9,6$ [mm]

Zastrzeżenia patentowe

- System sterowania uszczelnień promieniowych obrotowych podgrzewaczy powietrza, wyposażony w skrzydła uszczelniające, pozycjonowane elektrycznym napędem ustawczym poprzez układ dźwigniowy, przy czym położenie górnego skrzydła, na tak zwany gorący koniec (GK) obrotowego pogrzewacza powietrza, określane jest pośrednio – na podstawie różnicy wartości odkształcenia wirnika, na dolnym, tak zwany zimny koniec (ZK), proporcjonalnej do sygnału z czujnika pomiarowego [4] oraz wartości współczynnika korekcyjnego (X), opartego na gradiencie temperatur spalin, gabarytach wirnika oraz jego właściwościach materiałowych, tak że wartość szczeliny utrzymywana jest w sposób nadążny, w całym zakresie odkształceń wirnika, spowodowanych zmianą obciążenia/wydajności kotła, **znamienny tym**, że szczelina pomiędzy skrzydłem uszczelniającym a wirnikiem jest mierzona w sposób ciągły i bezpośredni, za pomocą wyspy czujnikowej [5] zabudowanej bezpośrednio w dolnym skrzydle ZK [2].
- System sterowania według zastrz 1, **znamienny tym**, że wyspa czujnikowa [5], wyposażona jest w parę czujników, tj. czujnik pomiarowy [4] i zabezpieczający [3].
- System sterowania według zastrz. 2, **znamienny tym**, że czujnik – pomiarowy [4], to czujnik położenia [4] do bezkontaktowego i bezpośredniego pomiaru odległości pomiędzy elementem doszczelniającym [2] – skrzydłem regulowanym napędem ustawczym [6] a poziomą powierzchnią kołnierza wirnika [1].

4. System sterowania według zastrz. 2, **znamienny tym**, że czujnik zabezpieczający [3] – to czujnik zbliżeniowy [3], do bezkontaktowego i bezpośredniego pomiaru odległości pomiędzy elementem doszczelniającym [2] – skrzydłem regulowanym napędem ustawczym [6] a poziomą powierzchnią kołnierza wirnika [1].

Rysunki

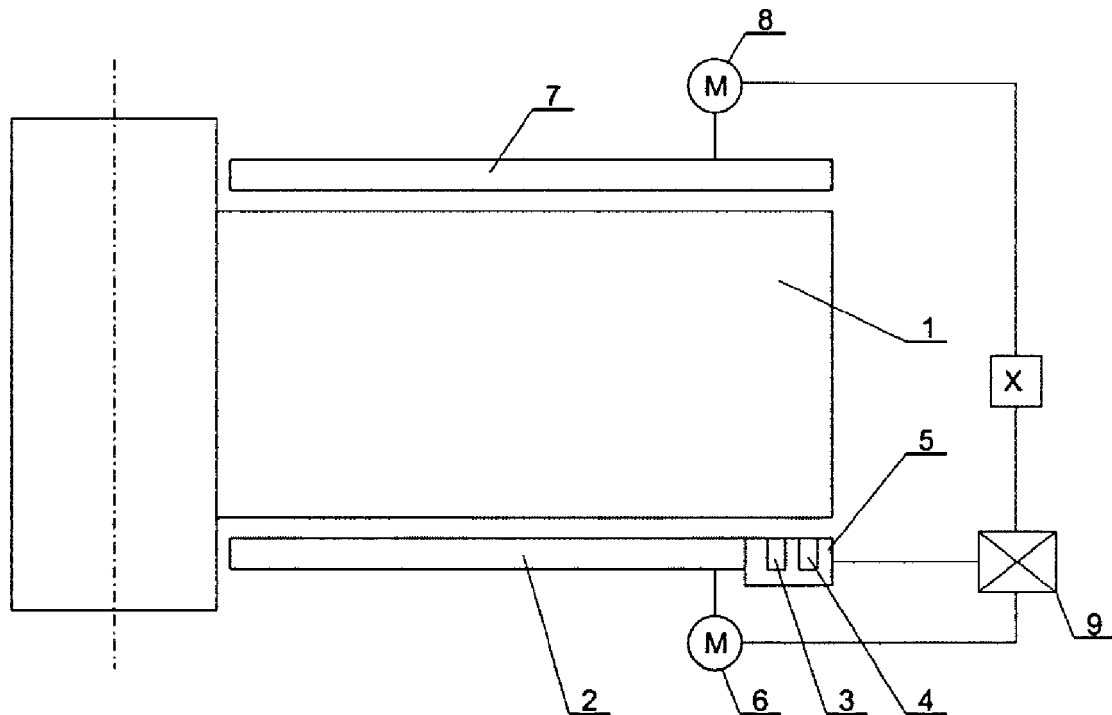


Fig. 1

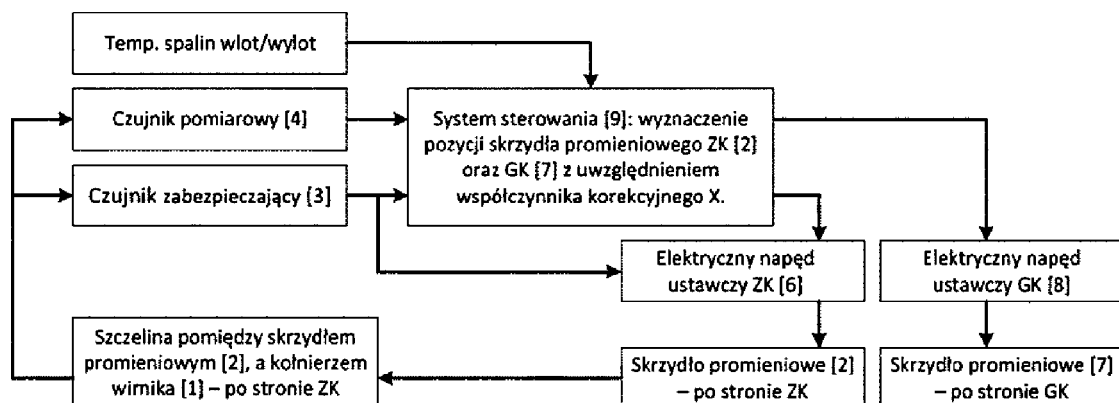


Fig. 2