RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **224088**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **403098**

(22) Data zgłoszenia: **11.03.2013**

(51) Int.Cl.
B04C 11/00 (2006.01)
F16L 9/22 (2006.01)
F16L 9/10 (2006.01)

(54) **Konstrukcja segmentowej metalowo-ceramicznej rury środkowej cyklonowego wymiennika ciepła**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
15.09.2014 BUP 19/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.11.2016 WUP 11/16

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
JÓZEF GAWLIK, Kraków, PL
ANDRZEJ KEMPIŃSKI, Kraków, PL
JACEK SZCZERBA, Kraków, PL
JERZY SCHMIDT, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Henryk Drelichowski

PL 224088 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest konstrukcja segmentowej metalowo-ceramicznej rury środkowej cyklonowego wymiennika ciepła.

Rura środkowa stanowi element konstrukcyjny w zbiornikach cyklonowych wymienników ciepła powszechnie stosowanych między innymi w przemyśle cementowym do podgrzewania mączki surowcowej przed jej wstępną kalcynacją w procesie wypalania klinkieru cementowego.

Wymienniki ciepła pracują w układzie pojedynczym lub bliźniaczym, podgrzewając mączkę surowcową podczas jej przemieszczania się przez zbiorniki cyklonowe I, II, III i IV stopnia. Wymiana ciepła pomiędzy gazami spalinowymi a mączką surowcową następuje współprądowo głównie w przewodach łączących poszczególne zbiorniki cyklonowe. Niewielka ilość ciepła wymieniana jest również w samych zbiornikach.

Temperatura spalin kierowanych z pieca obrotowego i z kalcynatora do zbiornika cyklonowego IV stopnia wynosi około 950°C i przy wylocie ze zbiorników I stopnia spada do około 350°C. Temperatura mączki surowcowej opuszczającej zbiorniki I stopnia wynosi około 320°C, natomiast po opuszczeniu zbiorników IV stopnia wzrasta do około 800°C. W tej temperaturze mączka surowcowa jest podawana do pieca obrotowego. Zbiorniki cyklonowych wymienników ciepła oraz przewody łączące te zbiorniki wykonane są z blachy stalowej i są wyłożone od wewnątrz kształtkami ceramicznymi oraz betonem żaroodpornym.

Najtrudniejsze warunki pracy wymienników ciepła występują w zbiornikach IV stopnia, w których panuje najwyższa temperatura spalin wynosząca około 950°C. Dodatkowymi czynnikami niekorzystnymi jest również skład chemiczny spalin i występujących w tych spalinach związków, zwłaszcza przy stosowaniu w trakcie procesu spalania paliw alternatywnych.

Znane i stosowane konstrukcje cyklonowych wymienników ciepła posiadają centralnie zamontowany wlot gazów z mączką surowcową stanowiący rurę środkową o konstrukcji segmentowej. Poszczególne segmenty są spinane zamkami. Do łączenia poszczególnych warstw płyt używane są specjalne kwadratowe łączniki z kołkami i z hakami, które spinają cztery sąsiednie płyty, natomiast dolny koniec płyt spięty jest grzebieniem. Inna znana konstrukcja rury środkowej zbudowana jest z płyt o powtarzalnym kształcie zawieszonych warstwami z przesunięciem o połowę szerokości płyty. Płyty górne są mocowane do obudowy cyklonu. Kolejne płyty zawieszane są na zamkach. Dolny pas płyt zblokowany jest łącznikiem.

Z opisu patentowego USA nr US 4505051 znany jest cyklon z rurą środkową i sposób mocowania rury środkowej w cyklonie. Rura środkowa jest odizolowana cieplnie od obudowy cyklonu poprzez specjalne połączenie ze ściankami cyklonu wyłożonymi materiałem izolacyjnym. Inne rozwiązanie połączenia rury środkowej ze ściankami cyklonu według tego wynalazku dla ograniczenia przepływu ciepła jest realizowane za pomocą śrub.

Z polskiego opisu patentowego nr PL 167673 znana jest rura środkowa posiadająca na swoim końcu urządzenie kierujące. W skład urządzenia kierującego rury środkowej wchodzi co najmniej jedna wygięta blacha kierująca posiadająca promienie leżące w płaszczyznach prostopadłych do osi cyklonu. Promienie te powiększają się w kierunku osi cyklonu od swobodnej krawędzi blachy kierującej, leżącej naprzeciwko rury środkowej do wylotu rury środkowej. Odstęp pomiędzy blachą kierującą i osią wzdłużną rury środkowej zmniejsza się w kierunku obwodu.

Z polskiego opisu patentowego nr PL 196998 znane jest urządzenie cyklonowe, w którym rura środkowa zabudowana jest wewnątrz stałą przegrodą umiejscowioną pomiędzy wewnętrzną cylindryczną częścią obudowy urządzenia cyklonowego a zewnętrzną powierzchnią porowatej przegrody wirującej. Stała przegroda stanowi zwiniętą spiralnie powierzchnię o zmniejszającym się w kierunku zawirowania strugi gazu promieniu gięcia.

Z polskiego zgłoszenia wynalazku nr P.300749 znana jest rura środkowa do cyklonu zbudowana z wielu jeden nad drugim umieszczonych i wzajemnie połączonych pierścieni. Każdy pierścień zestawiony jest z wielu płytowych segmentów. Aby zbudować rurę środkową odpowiednio dostosowaną do różnych wielkości cyklonu, w której poszczególne części są szczególnie prosto wymieniane, segmenty pierścienia są zaczepione pod wpływem siły ciężkości do segmentów umieszczonych powyżej. Powierzchnie przylegania każdego segmentu, potrzebne do połączenia z powyżej umieszczonym segmentem, są ukształtowane co najmniej częściowo w postaci sfazowań, które są skierowane do strony zewnętrznej rury zanurzeniowej. Korzystnie są przewidziane dalsze sfazowania, które są

skierowane do strony wewnętrznej rury środkowej tak, że osiąga się pewne i samoblokujące zaczepienie pojedynczych segmentów wewnątrz zestawu, tworzącego rurę środkową.

Znane konstrukcje rur środkowych zbudowane są w całości z blachy żaroodpornej, lub zbudowane są w całości z kształtek ceramicznych łączonych na zamki, lub wykonane w całości z odlewanych segmentów ze staliwa żaroodpornego. Rury środkowe zbudowane z blachy żaroodpornej najczęściej są stosowane w cyklonach I i II stopnia przy niższych temperaturach pracy. Ze względu na brak dylatacji rury tego typu ulegają odkształceniom termicznym, co powoduje ich szybkie zniszczenie. Rury z kształtek ceramicznych pod wpływem obciążeń ulegają łatwemu uszkodzeniu, co powoduje zniszczenie całej rury środkowej. W stanie techniki najczęściej stosowane są rury środkowe wykonane w całości z odlewanych segmentów ze staliwa żaroodpornego, które są łatwe w montażu i demontażu w warunkach zbiornika cyklonu. Jednakże poprzez wykorzystanie energii ze spalania paliw alternatywnych stosowane tworzywa odlewnicze ulegają przyspieszonej degradacji, co prowadzi do uszkodzeń odlewów i związanych z tym awarii. Stosowanie do wykonywania odlewów tak zwanych nadstopów opóźnia proces degradacji odlewów, jednakże jest to proces kosztowny i w przemyśle nieekonomiczny.

Rury środkowe w cyklonowych wymiennikach ciepła narażone są na niszczące działanie zarówno wpływu wysokiej temperatury jak i szkodliwej atmosfery spalin, zwłaszcza przy spalaniu paliw alternatywnych.

Istota konstrukcji metalowo-ceramicznej segmentowej rury środkowej cyklonowego wymiennika ciepła polega na zastosowaniu do jej budowy wysokoodpornych na niszczące działanie przepływających przez rurę spalin segmentów ceramicznych nowej generacji. Segmenty ceramiczne stanowią wypełnienie metalowo-ceramicznej rury środkowej cyklonowego wymiennika ciepła i są zabudowane pomiędzy odlewanymi ze staliwa żaroodpornego segmentami pierścieniowymi rury środkowej. Segmenty ceramiczne z zachowaniem poziomej i pionowej dylatacji łączone są w rzędy o dowolnej wysokości przy pomocy odlewanych segmentów pierścieniowych ze staliwa specjalnego o wysokiej odporności na działanie czynników chemicznych i wysokich temperatur. Stabilność konstrukcji zapewnia połączenie dwustronnymi śrubami żaroodpornymi wykonanymi z żaroodpornych materiałów. Śruby te poprzez nakrętki dwustronne łączą ze sobą kolejne rzędy segmentów pierścieniowych i segmentów ceramicznych zabudowanych warstwowo pomiędzy segmentami pierścieniowymi. Po połączeniu segmentów pierścieniowych powstają wzdłuż rury środkowej nośne metalowe pierścienie utrzymujące ciężar zamontowanych pomiędzy tymi pierścieniami warstw segmentów ceramicznych.

Segmentowa metalowo-ceramiczna rura środkowa cyklonowego wymiennika ciepła zbudowana jest z odlewanych ze staliwa żaroodpornego segmentów pierścieniowych i z segmentów ceramicznych, wzajemnie ze sobą połączonych. Segmenty ceramiczne posiadają kształt odpowiedni dla wymaganej średnicy rury oraz grubość uwzględniającą niekorzystne warunki występujące w przepływających gorących gazach spalinowych. Połączenie metalowych segmentów pierścieniowych z segmentami ceramicznymi realizowane jest poprzez wewnętrznie usytuowane pionowe śruby dwustronne z dwustronnymi nakrętkami umiejscowionymi w segmentach pierścieniowych. Górna część segmentowej metalowo-ceramicznej rury środkowej jest mocowana do pokrywy zbiornika poprzez odlewane ze staliwa żaroodpornego pierścieniowe segmenty zawieszenia, wcześniej zawieszone na wspornikach połączonych z pokrywą zbiornika. Segmenty ceramiczne są montowane pomiędzy pierścieniowymi segmentami zawieszenia i segmentami pierścieniowymi oraz pomiędzy segmentami pierścieniowymi. Dla zabezpieczenia segmentów ceramicznych przed uszkodzeniami termicznymi, segmenty ceramiczne są montowane z zachowaniem dylatacji poziomej i pionowej. Segmenty pierścieniowe, segmenty pierścieniowe zawieszenia i segmenty pierścieniowe końcowe są montowane z zachowaniem szczelin dylatacyjnych. Szczeliny dylatacyjne pomiędzy segmentami ceramicznymi oraz pomiędzy segmentami pierścieniowymi są wypełnione uszczelniającą włókniną żaroodporną. Segmenty ceramiczne łączy się względem siebie w kolejnych warstwach i rzędach z przestawieniem o ½ szerokości, co znacznie zwiększa sztywność konstrukcji rury środkowej. Dolna część rury środkowej zakończona jest odlewanymi ze stali żaroodpornej segmentami pierścieniowymi końcowymi.

Sposób montażu metalowo-ceramicznej rury środkowej do cyklonowego wymiennika ciepła polega na zawieszeniu na wspornikach pokrywy zbiornika cyklonowego odlewanych segmentów zawieszenia. Do segmentów zawieszenia mocowane są przy pomocy śrub dwustronnych i nakrętek dwustronnych segmenty ceramiczne i odlewane segmenty pierścieniowe. Wypełniając segmentami cały obwód rury środkowej uzyskuje się pierwszy górny rząd metalowo-ceramicznej rury środkowej. Następnie do odlewanych segmentów pierścieniowych w podobny sposób mocuje się kolejne rzędy

segmentów ceramicznych i odlewanych segmentów pierścieniowych. Ostatni rząd metalowo-ceramicznej rury środkowej zakończony jest odlewanymi segmentami pierścieniowymi końcowymi oraz łącznikami tych segmentów, na które nakłada się warstwę zabezpieczającą zaprawy żaro-odpornej.

Tak zbudowana metalowo-ceramiczna rura środkowa w zależności od wymiarów i od ilości poszczególnych segmentów posiada określoną średnicę i wysokość. Poszczególne warstwy segmentów ceramicznych są względem siebie korzystnie przesunięte o ½ szerokości segmentu z zachowaniem szczelin dylatacyjnych poziomych i pionowych. Szczeliny dylatacyjne są wypełniane warstwą włókniny żaroodpornej.

Konstrukcja metalowo-ceramicznej segmentowej rury środkowej według wynalazku montowanej w cyklonowych wymiennikach ciepła pozwala na łatwy montaż i demontaż konstrukcji w zbiorniku cyklonowym. Zachowanie wymaganych wynalazkiem dylatacji pomiędzy poszczególnymi segmentami konstrukcji pozwala na swobodne zmiany wymiarowe poszczególnych segmentów związane z rozszerzalnością cieplną. Dzięki zastosowaniu segmentów ceramicznych odpornych na czynniki chemiczne uzyskuje się znaczne wydłużenie czasu pracy segmentowej rury środkowej, w porównaniu z rurami środkowymi dotychczas stosowanymi. Łatwy transport, montaż i demontaż rury środkowej w zbiorniku cyklonowym wynika z niewielkich wymiarów poszczególnych segmentów stanowiących konstrukcję rury środkowej, a co za tym idzie z niewielkiej masy jednostkowej poszczególnych elementów konstrukcji. Montaż rury środkowej według wynalazku w zbiorniku cyklonowym nie wymaga stosowania urządzeń dźwigowych i może być prowadzony przy ograniczonej przestrzeni wewnątrz zbiornika cyklonowego. Konstrukcja segmentowej rury środkowej łączy zalety odporności materiałów ceramicznych na działanie wysokich temperatur i agresywnych związków chemicznych zawartych w przepływających przez rurę i wokół rury mediach oraz wytrzymałości mechanicznej poprzez zastosowanie łączonych odlewanych segmentów ze staliwa odpornego na działanie termiczne i chemiczne z zachowaniem dylatacji poziomej i pionowej łączonych segmentów. Usytuowanie śrub dwustronnych wewnątrz segmentów ceramicznych zabezpiecza materiał tych śrub przed szkodliwym działaniem wysokich temperatur i agresywnych związków chemicznych. Konstrukcja rur środkowych według wynalazku umożliwia budowę tych rur o dowolnej średnicy i o dowolnej wysokości, stosownie do potrzeb danego zbiornika cyklonowego. Zachowanie szczelin dylatacyjnych pomiędzy poszczególnymi segmentami odlewanymi ze stali żaroodpornej jak i pomiędzy segmentami ceramicznymi pozwala na swobodne zmiany wymiarowe związane z rozszerzalnością cieplną w czasie pracy i zabezpiecza całość konstrukcji przed uszkodzeniami.

Konstrukcja metalowo-ceramicznej segmentowej rury środkowej cyklonowego wymiennika ciepła w przykładzie wykonania jest pokazana na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia połowę przekroju wzdłuż segmentowej rury środkowej i wycinek widoku rury od wewnątrz pokazujący sposób rozmieszczenia segmentów ceramicznych.

Segmentowa metalowo-ceramiczna rura środkowa zamocowana jest na wspornikach pokrywy zbiornika cyklonowego poprzez złącze hakowe segmentów zawieszenia 8. Do pierścieniowych segmentów zawieszenia 8 mocowane są za pomocą śrub dwustronnych 3 z dwustronnymi nakrętkami 4 segmenty ceramiczne 2 i odlewane segmenty pierścieniowe 1. Kolejny rząd segmentów ceramicznych 2 i odlewanych segmentów pierścieniowych 1 jest mocowany do pierwszego rzędu przy pomocy śrub dwustronnych 3 i nakrętek dwustronnych 4. Ostatni dolny rząd segmentów ceramicznych 2 zakończony jest odlewanymi segmentami końcowymi 6 połączonymi łącznikami 7 i zabezpieczony nakrętkami 4. Szczeliny dylatacyjne 5 są wypełnione włókniną żaroodporną.

Zastrzeżenia patentowe

1. Konstrukcja segmentowej metalowo-ceramicznej rury środkowej cyklonowego wymiennika ciepła zbudowanej z metalowych segmentów pierścieniowych mocowanych przy pomocy śrub dwustronnych, **znamienna tym**, że zbudowana jest z odlewanych ze staliwa żaroodpornego segmentów pierścieniowych (1) i z segmentów ceramicznych (2), które tworzą kolejne rzędy i są wzajemnie połączone wewnętrznie usytuowanymi pionowymi śrubami dwustronnymi (3) z nakrętkami dwustronnymi (4) w ten sposób, że segmenty są względem siebie przestawione o ½ szerokości oraz posiadają dylatację pionowo-poziomą (5) pomiędzy segmentami wypełnioną włókniną żaroodporną, a w części dolnej jest zakończona odlewanymi segmentami pierścieniowymi końcowymi (6) z łącznikami (7), natomiast w części górnej są zamocowane odlewane segmentowe zawieszenia (8) ze złączami hakowymi, które poprzez wsporniki mocujące łączą ją z pokrywą zbiornika cyklonowego.

2. Konstrukcja według zastrzeżenia 1, **znamienna tym**, że segmenty ceramiczne (2) z zachowaniem poziomej i pionowej dylatacji (5) łączone są w rzędy o dowolnej wysokości przy pomocy odlewanych segmentów pierścieniowych (1).

3. Konstrukcja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że segmenty pierścieniowe (1), segmenty zawieszenia (8) i odlewane segmenty pierścieniowe końcowe (6) są montowane z zachowaniem szczelin dylatacyjnych (5).

Rysunek

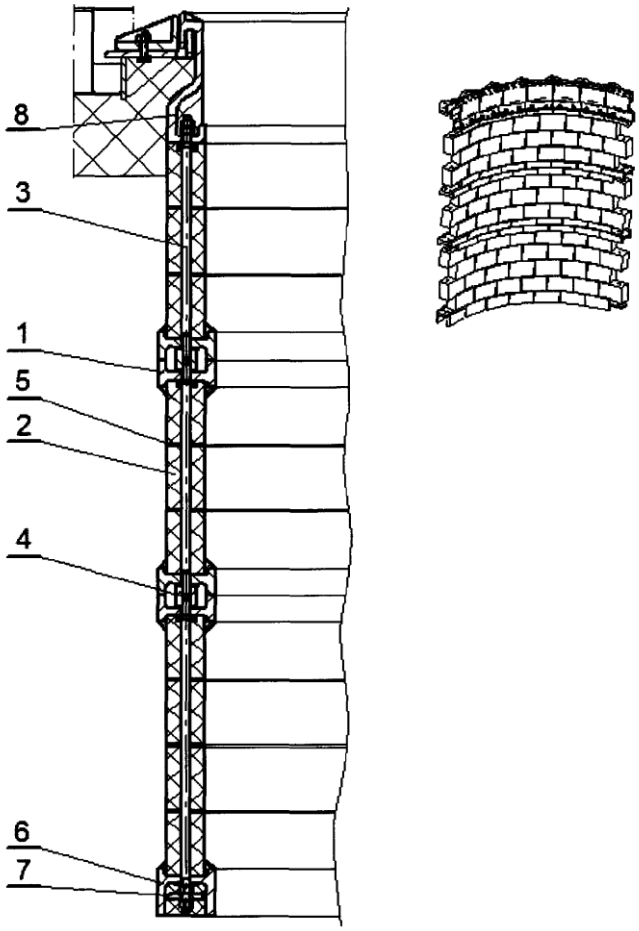

Fig.1

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 2,46 zł (w tym 23% VAT)