



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 06.04.78 (P. 205860)

Pierwszeństwo: 07.04.77 Republika Federalna
Niemiec

Zgłoszenie ogłoszono: 29.01.79

Opis patentowy opublikowano: 31.08.1983

Int. Cl.⁸
C10B 23/00

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Bergwerksverband GmbH., Essen, Didier Engineering GmbH., Essen (Republika Federalna Niemiec)

Urządzenie do odzyskiwania ciepła spalin odlotowych w procesie koksowania

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do odzyskiwania ciepła spalin odlotowych w procesie koksowania.

Ciepło potrzebne do koksowania uzyskuje się przez spalanie gazów palnych w kanałach grzewczych, które są utworzone przez ściany komór koksowniczych i przez prostopadłe do tych ścian wiązary. Ciepło przenosi się na skutek promieniowania i konwekcji od płomienia i produktów reakcji na ściany komór.

Następnie wskutek przewodnictwa cieplnego, ciepło przenika za wewnętrzną stronę komór, gdzie dalsza wymiana ciepła odbywa się znowu przez przewodnictwo, a tylko małe ilości tego ciepła wymieniane są przez promieniowanie molekularne i przez konwekcję produktów gazyfikacji, jako nośników tego ciepła.

Ze względu na wysokie temperatury końcowe koksowania wynoszące około 1000°C do 1200°C, nie ma możliwości uniknięcia aby spaliny nie posiadały zbyt dużych temperatur.

Znane dotychczas urządzenie do odzyskiwania spalin w procesie koksowania stanowią pracujące okresowo regeneratory albo pracujące w systemie ciągłym rekuperatory. W urządzeniach takich następuje podgrzewanie powietrza koniecznego do spalania gazów oraz ewentualnie gazów palnych. Agregaty takie ze względu na wysokie temperatury, występujące w obudowie pieca koksowniczego, są wykonywane z materiałów ceramicznych.

2

Przenoszenie ciepła w ceramicznym materiale akumulującym regeneratora odbywa się na skutek przewodnictwa cieplnego — jak też w przypadku rekuperatora — poprzez ściany oddzielające czynniki wymieniające ciepło to znaczy gaz odlotowy i powietrze.

Dzięki ceramicznym regeneratorom względnie rekuperatorom w budownictwie pieców koksowniczych istnieje możliwość odzyskiwania w znacznym stopniu ciepła, zawartego w gazach odlotowych i wprowadzenie go ponownie do procesu spalania. Konieczny jest jednak niekorzystny duży nakład kosztów inwestycyjnych, spowodowany np. stosowaniem materiałów ceramicznych. Regeneratory względnie rekuperatory muszą mieć znaczną wysokość konstrukcyjną ze względu na wymagany odzysk ciepła w możliwie jak największym stopniu.

Stosowane materiały ceramiczne do budowy regeneratorów względnie rekuperatorów nie pozwalają na uzyskiwanie większych różnic ciśnienia po stronie przepływu gazów, ze względu na występujące problemy uszczelniania. Ma to taki skutek, że gazy pomiędzy którymi zachodzi wymiana ciepła, można prowadzić z jedynie małą lub co najwyżej średnią prędkością przepływu. Gdyby gazy wymieniające ciepło posiadały większe różnice ciśnienia, wówczas istniejące w rekuperatorach nieuszczelności stanowiłyby zagrożenie dla otoczenia

3

względnie obniżałyby w znacznym stopniu techniczny współczynnik sprawności spalania.

Po stronie przepływu spalin można by wyznaczyć teoretycznie wielkość wymiany ciepła w obszarze wysokich temperatur, odbywającą się głównie poprzez promieniowanie składników spaliny-
wych — pary wodnej i dwutlenku węgla. Jednak-
że w tym obszarze wymiany ciepła, strumień cie-
płny jest hamowany przez materiał ceramiczny
ścian oddzielających lub mas akumulujących, ze
względu na opór termiczny tych materiałów, któ-
ry jest stosunkowo duży. Ponadto przestrzenie, w
których promieniowanie gazu ma decydujący
wpływ na przenikanie ciepła, ze względu na
oszczędność miejsca są ukształtowane tak, że nie
istnieją tam żadne warstwy o większej grubości,
korzystne dla promieniowania gazu i tym samym
nie można w pełni wykorzystać intensywności pro-
mieniowania cieplnego.

Wskutek tego część ciepła wymienionego drogą
promieniowania nieuchronnie zmniejszyłaby się, a
zwiększyłaby się część ciepła wymienionego drogą
konwekcji, która charakteryzuje się niższymi
współczynnikami przejmowania ciepła w porów-
naniu z promieniowaniem gazu. Następnym tego
stanu musiałyby być większe gabaryty nagrzewnic
a zatem i wyższe koszty eksploatacyjne.

Współczynnik przejmowania ciepła w obszarze
niższych temperatur po stronie przepływu gazu
odlotowego można teoretycznie zwiększyć — wsku-
tek czego zostaje przejęte ciepło konwekcyjne —
przez zwiększenie stopnia turbulencji, co jednakże
można osiągnąć tylko poprzez zwiększenie pręd-
kości przepływu. Jednakże sam materiał ceramicz-
ny, stosowany w znanych piecach koksowniczych,
wyklucza możliwość takiego zwiększenia z poda-
nych uprzednio względów odnośnie szczelności.

Stosunkowo duży nadmiar powietrza, niezbędny
z uwagi na warunki przepływu, następujący pod-
czas pracy powszechnie spotykanych pieców ko-
ksowniczych, mających regeneratory lub też reku-
peratory wykonane z materiałów ceramicznych,
powoduje obniżenie technicznego współczynnika
sprawności spalania.

Korzystną byłaby prawie stechiometryczna re-
akcja gazu opałowego z wodorem zawartym w
powietrzu, co spowodowałoby niską zawartość wo-
doru w gazach odlotowych, a zatem pozwoliłoby
na uzyskanie optymalnego technicznego współ-
czynnika sprawności spalania. Jednak piece ko-
ksownicze o znanej budowie nie pozwalają na
takie ustawienie spalania z wymienionych już wy-
żej powodów.

Zadaniem wynalazku jest opracowanie takiego
urządzenia do odzyskiwania ciepła gazów odloto-
wych w procesie koksovania, które w znacznie
większym stopniu niż dotychczas pozwoli popra-
wić bilans cieplny tego procesu. Zadanie to roz-
wiązuje się według wynalazku dzięki temu, że
urządzenie zostało złożone z dwóch wymienników
ciepła, z których pierwszym jest rekuperator
względnie regenerator, którego całkowita wyso-
kość wynosi od 1/3 do 1/6 wysokości komory pieca
koksowniczego i którego kanały dla przepływu
spalin odlotowych mają przekrój poprzeczny od

4

0,05 do 0,15 m², korzystnie 0,1 m², a drugim jest
wymienник ciepła, który w przypadku gdy prze-
pływa przez niego czynnik gazowy odbierający
ciepło spalinom odlotowym, to posiada między
czynnikami wymieniającymi ciepło ścianki działo-
we o grubości od 2 do 6 mm, a w przypadku gdy
znajduje się w nim ciało stałe odbierające ciepło
spalinom odlotowym, to między czynnikami wy-
mieniającymi ciepło nie posiada żadnych ścianek
działowych, przy czym ścianki działowe zarówno
rekuperatora względnie regeneratora jak i wy-
miennika ciepła są wykonane z materiału o dużym
współczynniku przewodnictwa cieplnego, korzyst-
nie z metalu.

Rekuperator względnie regenerator posiada ka-
nały dla przepływu powietrza o przekroju po-
przecznym wynoszącym co najmniej 0,01 m², a
wymiennik ciepła stanowi komorę do półkokso-
wania albo do podgrzewania węgla, przy czym
w wymienniku ciepła czynnikiem odbierającym
ciepło spalinom odlotowym jest wstępnie podgrze-
wany węgiel. Ponadto w wymienniku ciepła znaj-
duje się strumień pyłowy, złożone sfluidyzowane lub
złożone musujące, a czynnikiem odbierającym ciepło
spalinom odlotowym jest pył węglowy.

Przedmiot wynalazku jest bliżej objaśniony w
przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig.
1 przedstawia schemat urządzenia do odzyskiwa-
nia ciepła ze spalin w procesie koksovania, a fig.
2 — rekuperator wchodzący w skład urządzenia
według fig. 1 w ujęciu uproszczonym i w widoku
perspektywnym.

W pierwszym przypadku najkorzystniej jest za-
stosować rekuperator, który po stronie spalin pra-
cuje w zakresie temperatur pomiędzy około 1450°C
a 400°C, zwłaszcza pomiędzy 1300°C a 800°C. Po
stronie powietrza pracuje on w zakresie tempera-
tur od 900°C do temperatury otoczenia, zwłaszcza
od 700°C do temperatury otoczenia. W tym za-
kresie w optymalny sposób wykorzystuje się pro-
mieniowanie ciepłe spalin.

Aby jeszcze polepszyć wykorzystanie promienio-
wania cieplnego spalin zaleca się zastosować w
pierwszym stopniu rekuperator, w którym kanał
gazów odlotowych ma względnie duży przekrój
poprzeczny. Takie powiększenie szerokości stru-
mienia spalin powoduje zwiększenie intensywności
promieniowania cieplnego. Określenie „względnie
duży przekrój poprzeczny” oznacza, w tym przy-
padku, że przekrój poprzeczny kanałów gazów od-
lotowych według wynalazku, po uwzględnieniu
wszystkich warunków i cech kompletnej instalacji,
jest większy niż przekrój poprzeczny kanałów w
dotychczas stosowanych rekuperatorach. Te ostat-
nie mają zwykle pole przekroju około 0,025 m²,
podczas gdy według wynalazku przekrój kanałów
spalinowych powinien mieć pole powierzchni po-
między około 0,05 a 0,15 m², zwłaszcza około 0,1 m².

Aby zwiększyć współczynnik konwekcyjnego
przekazywania ciepła po stronie powietrznej, re-
kuperator stosowany w pierwszym etapie procesu
może posiadać kanały powietrzne o poprzecznym
przekroju wynoszącym około 0,01 m² i mniej, pod-
czas gdy dotychczas pole powierzchni tych kana-
łów wynosiło około 0,025 m².

Odzyskiwanie ciepła w pierwszym stopniu może być dodatkowo polepszone, w stosunku do konwencjonalnych rekuperatorów lub regeneratorów, przez zastosowanie w pierwszym etapie rekuperatora posiadającego ścianki pomiędzy gazami odlotowymi i powietrzem o grubości od 2 do 6 mm. Ścianki te zbudowane są z materiału o wysokim współczynniku przewodnictwa cieplnego, zwłaszcza z metalu. Cienkie ścianki oddzielające czynniki gazowe, zbudowane z metalu o wysokim współczynniku przewodnictwa cieplnego, zapewnią doskonałą i szybką wymianę ciepła pomiędzy gazami odlotowymi a powietrzem.

Zastosowanie szczelnych ścianek oddzielających czynniki powoduje, że nawet w przypadku dużej różnicy ciśnień pomiędzy czynnikami wymieniającymi ciepło można uzyskać prawie stechiometryczne spalanie.

Tak wyposażony i poddany ciąglemu działaniu metalowy rekuperator umożliwia zmniejszenie oporności cieplnej 10 do 30 razy, ze względu na jego wysoki współczynnik przewodnictwa cieplnego w stosunku do rekuperatorów ceramicznych. Pozwala on także na zmniejszenie grubości ścianek 5 do 15 razy, tzn. do 2—6 mm.

Metalowy rekuperator według wynalazku pozwala dodatkowo na zastosowanie dużej różnicy ciśnień między wymieniającymi ciepło czynnikami, co z kolei umożliwia zwiększenie prędkości przepływu powietrza wykorzystywanego w procesie spalania. Łącznie te dwie cechy powodują zmniejszenie powierzchni wymiany ciepła względem dotychczas stosowanych, odzyskujących ciepło regeneratorów lub rekuperatorów.

W drugim stopniu ochładzania najkorzystniej jest zastosować wymiennik ciepła posiadający gęste i szczelne ścianki oddzielające o grubości od 2 do 6 mm, w przypadku gazowego czynnika odbierającego ciepło, i które to ścianki zbudowane są z materiału o wysokiej przewodności cieplnej, zwłaszcza z metalu. Jeżeli czynniki przejmujące ciepło nie są gazami, wymiennik ciepła może być pozbawiony ścianek oddzielających wymieniające ciepło czynnika.

Tak wyposażony i poddany ciąglemu działaniu metalowy rekuperator umożliwia zmniejszenie oporności cieplnej 10 do 30 razy, ze względu na jego wysoki współczynnik przewodności cieplnej w stosunku do rekuperatorów ceramicznych. Pozwala on także na zmniejszenie grubości ścianek 5 do 15 razy, tzn. do 2—6 mm.

Metalowy rekuperator według wynalazku pozwala dodatkowo na zastosowanie dużej różnicy ciśnień między wymieniającymi ciepło czynnikami, co z kolei umożliwia zwiększenie prędkości przepływu powietrza wykorzystywanego w procesie spalania. Łącznie te dwie cechy powodują zmniejszenie powierzchni wymiany ciepła względem dotychczas stosowanych, odzyskujących ciepło regeneratorów lub rekuperatorów.

Podczas gdy ogrzewanie wykładziny komory pieca w małym stopniu jest wynikiem przewodności, to w drugim etapie odzyskiwanie ciepła według wynalazku pozwala na optymalne konwekcyjne przekazanie ciepła do czynnika przejmującego,

którym może być np. materiał podawany do pieca. Część całego ciepła, która po ochłodzeniu do około 400°C do 800°C pozostaje w gazach odlotowych może być łatwo wykorzystana do silniejszego podgrzewania przewodów cieplnych.

Aby polepszyć konwekcyjne przekazywanie ciepła zaleca się zastosować w drugim stopniu wymiennik ciepła, który po stronie spalin pracuje przy prędkości przepływu tych spalin wynoszącej od 20 do 60 m/s. Oznacza to, że prędkość przepływu gazów odlotowych jest większa w urządzeniu według wynalazku, niż w konwencjonalnych rekuperatorach lub regeneratorach.

Możliwe jest zastosowanie w drugim etapie wymiennika ciepła, w którym absorbujący ciepło czynnik, tzn. bezpośrednio podgrzewany materiał, ma wysoką przewodność cieplną. Takim materiałem jest zwłaszcza węgiel. Jak wiadomo, węgiel ma wyższy współczynnik ciepła niż materiały ceramiczne i dlatego jest zalecany jako czynnik przejmujący ciepło w drugim etapie.

Zastosowanie węgla jako materiału podgrzewanego, pozwala także na zastosowanie pieca koksowniczego wyposażonego w mniejszy rekuperator, z którego otrzymuje się gazy odlotowe o względnie wysokiej temperaturze i na połączenie takiego rekuperatora z instalacją podgrzewającą węgiel, która może lub musi być zastosowana. Uzyskuje się to przez zasilanie instalacji podgrzewania węgla gazami odlotowymi, które częściowo ochłodzone w rekuperatorze zostały następnie skierowane do instalacji w celu dalszego odzyskania ciepła.

Jasne jest zatem, że kompletna instalacja, która oczywiście jest niezbędna dla dalszego chłodzenia spalin od temperatury około 800°C do około 200°C może być wykonana łącznie, co pozwala na istotne zmniejszenie kosztów inwestycyjnych. Poza tym efektywność odzyskiwania ciepła zarówno w pozostałej krótkiej części rekuperatora według wynalazku, jak i w przyłączonej instalacji podgrzewającej jest oczywiście wyższe niż w dotychczas stosowanych rekuperatorach o pełnej długości, w których gazy odlotowe są praktycznie całkowicie ochładzane.

Ponadto, niezależnie od oszczędności inwestycyjnych podwyższony jest także współczynnik sprawności. W drugim stopniu ochładzania może być użyta instalacja przepływowa, fluidyzator, instalacja pęcherzykowa, w której absorbującym ciepło czynnikiem jest rozdrobniony węgiel. Instalacje te mogą być optymalnie wykorzystane w konwekcyjnym przekazywaniu ciepła odkąd można w nich uzyskać maksymalną względną prędkość przekazywania ciepła między czynnikiem dostarczającym a czynnikiem pochłaniającym ciepło.

W drugim stopniu ochładzania można także zastosować np. niskotemperaturową instalację koksującą albo gazyfikację węgla, ponieważ „ciepło odlotowe” pieca koksowniczego zawsze będzie tańsze od ciepła wytworzonego bezpośrednio w danym celu.

Jeżeli jest to korzystne lub niezbędne, spaliny poddane częściowemu ochłodzeniu w pierwszym stopniu ochładzania można mieszać z gazami obo-

jętnymi, najlepiej takimi jak dwutlenek węgla, para wodna lub azot, albo mieszanina tych gazów, a następnie wszystko razem ochłodzić lub podgrzewać przez spalanie gazów opałowych.

Optymalne odzyskiwanie ciepła z procesu koksovania można osiągnąć według wynalazku przez to, że do częściowego odzyskania ciepła spalin zastosowano metalowy rekuperator i urządzenie podgrzewające węgiel, składające się z instalacji przepływowej, fluidyzatora lub instalacji pęcherzykowej.

Z ekonomicznego punktu widzenia urządzenie podgrzewające stanowi drugi stopień odzyskiwania ciepła i nie zmienia równowagi cieplnej. Całkowita ilość gazu użytego do ogrzewania pozostaje stała. Dlatego oszczędności na regeneratorsze lub rekuperatorsze pracującym w zakresie poniżej 400°C, a zwłaszcza poniżej 800°C mogą zasilić wydatki na instalację przepływową, fluidyzator lub instalację pęcherzykową dla podawanego materiału.

Przyjmując, że koszty inwestycyjne instalacji takiego chłodnego podgrzewania są równe oszczędnościom, to zwiększenie produkcji na skutek podgrzewania co, jak dobrze wiadomo, może sięgać 60%, może być usuwane jako oszczędność kosztów inwestycyjnych w części produkcyjnej koks od 0 do 30%. Stwarza to wielką techniczną przewagę także z tego względu, że zastosowanie podgrzewanego węgla powoduje nie tylko wzrost produkcji, lecz także zwiększa liczbę gatunków węgla, które mogą być poddane takiemu procesowi koksovania.

Na figurze przedstawiono schematycznie zastosowanie wynalazku w rekuperatorowym piecu koksowniczym połączonym z urządzeniem podgrzewającym. Piec koksowniczy 1 posiada rury płomienicowe, w których spalany jest gaz 2 z powietrzem 4 podgrzewanym w metalowym rekuperatorsze od 20°C do 900°C. Spaliny 5 dochodzą do rekuperatora 3 mając temperaturę od 1450°C do 1400°C, zależnie od warunków koksovania. Chłodne powietrze 6 jest ogrzewane przez spaliny 5 od temperatury 20°C do temperatury 900°C; zgodnie z planem wymiany cieplnej gazy odlotowe tracą ciepło i ich temperatura obniża się do około 600–400°C. Tak chłodzone gazy odlotowe 7 są przekazywane przy tej temperaturze do podgrzewającego węgla wymiennika ciepła 8, gdzie poddane są dalszemu ochłodzeniu aż do temperatury około 250°C, a następnie wydalone jako spaliny 9 do atmosfery.

Ochładzanie spalin w wymienniku ciepła 8 powoduje wzrost temperatury węgla 10 do wartości około 150°C do 250°C. Podgrzany węgiel oznaczony wskaźnikiem 11 jest następnie podany do komór pieca koksowniczego 1, gdzie przekształcony jest w koks 12 usuwany następnie z tychże komór.

Na figurze 2 przedstawiono wykonanie ulepszo-

nego rekuperatora. Jak to pokazano, spaliny z rur płomienicowych pieca koksowniczego przechodzą do rekuperatora przez powierzchnię A, która stanowi przekrój poprzeczny komory promiennikowej C; pole powierzchni tego przekroju powinno się zawierać pomiędzy 0,05 m² do 0,15 m².

Podgrzewane w każdym przewodzie pieca koksowniczego powietrze dostaje się do rekuperatora poprzez przekrój 8. Obszary B może się składać z wielu przekrojów B₁, B₂, B₃, B₄, jednak sumaryczne pole powierzchni przekrojów dla każdego przewodu grzewczego nie powinno przekraczać wielkości około 0,1 m².

Bez dalszej analizy powyższe tak w pełni wyjaśni istotę wynalazku, że może być on z łatwością adaptowany do różnych celów zachowując przy tym swoje specyficzne i ogólne cechy.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do odzyskiwania ciepła spalin odlotowych w procesie koksovania, **znamiennie tym**, że składa się z dwóch wymienników ciepła, z których pierwszym jest rekuperator względnie regeneratorsze (3), którego całkowita wysokość wynosi od 1/3 do 1/6 wysokości komory pieca koksowniczego i którego kanały dla przepływu spalin odlotowych mają przekrój poprzeczny od 0,05 do 0,15 m², korzystnie 0,1 m², a drugim jest wymiennik ciepła (8), który w przypadku gdy przepływa przez niego czynnik gazowy odbierający ciepło spalinom odlotowym, to posiada między czynnikami wymieniającymi ciepło ścianki działowe o grubości od 2 do 6 mm, a w przypadku gdy znajduje się w nim ciało stałe odbierające ciepło spalinom odlotowym, to między czynnikami wymieniającymi ciepło nie posiada żadnych ścianek działowych, przy czym ścianki działowe zarówno rekuperatora względnie regeneratorsza (3) jak i wymiennika ciepła (8) są wykonane z materiału o dużym współczynniku przewodnictwa cieplnego, korzystnie z metalu.

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że rekuperator względnie regeneratorsze (3) posiada kanały dla przepływu powietrza o przekroju poprzecznym wynoszącym co najmniej 0,01 m².

3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że wymiennik ciepła (8) stanowi komorę do półkoksovania albo do podgrzewania węgla.

4. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że w wymienniku ciepła (8) czynnikiem odbierającym ciepło spalinom odlotowym jest wstępnie podgrzewany węgiel.

5. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że w wymienniku ciepła (8) znajduje się strumień pyłowy, złożone sfluidyzowane lub złożone musujące, a czynnikiem odbierającym ciepło spalinom odlotowym jest pył węglowy.

