

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

OPIS PATENTOWY

136 094

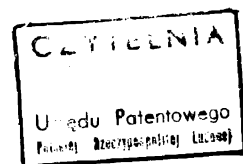
Patent dodatkowy
do patentu —

Zgłoszono: 80 11 28 /P. 228147/

Pierwszeństwo: 79 11 30 Republika
Federalna
Niemiec

Zgłoszenie ogłoszono: 81 09 04

Opis patentowy opublikowano: 1987 04 30



Int. Cl.³ F28G 9/00

Twórca wynalazku: —

Uprawniony z patentu: Degussa Aktiengesellschaft,
Frankfurt /Republika Federalna Niemiec/

URZĄDZENIE I SPOSÓB OKRESOWEGO OCZYSZCZANIA RUR WYMIENNIKA CIEPŁA

Wynalazek dotyczy urządzenia i sposobu okresowego oczyszczania rur wymiennika ciepła, stosowanego do odprowadzania ciepła ze strumienia gazu procesowego, zawierającego drobno-rozproszony materiał stały, z osadów materiału stałego za pomocą doprowadzanego okresowo gazu spłukującego, mającego nadciśnienie wobec gazu procesowego.

Przy oddzielaniu drobnorozproszonych materiałów stałych, które są tworzone podczas procesów termicznych, np. przy wytwarzaniu sadzy lub wytwarzanych ogniwo kwasów krzemowych i są transportowane strumieniem gazu, np. przez własny strumień gazu procesowego, powstaje problem odbierania ciepła prowadzonego przez gaz transportowy, aby móc oddzielić materiał stały, np. w filtrach węzowych lub innych urządzeniach i ponownie doprowadzić odprowadzone ciepło do procesu produkcyjnego. Ciepło jest przy tym najczęściej odbierane przez wymienniki ciepła, których organy wymiennikowe składają się z wiązki rur lub rur pojedynczych, przez które jest kierowany gaz transportowy, względnie procesowy. Zależnie od rodzaju materiału stałego, zawieszonego w strumieniu gazu dochodzi podczas długotrwałej pracy do osadzania materiału stałego na ściankach wewnętrznych rur, co z jednej strony zmniejsza przepływ gazu, a z drugiej strony utrudnia wymianę ciepła.

Ten proces może prowadzić do całkowitego zarośnięcia pojedynczych rur, co może powodować uszkodzenie wymiennika ciepła. Zazwyczaj końce rur wiązki rur wymiennika ciepła są zamocowane do płyt czołowych, względnie w płytach czołowych wymiennika ciepła, leżących naprzeciwko siebie. Zaczopowana rura, znajdująca się z powodu zwiększenia izolacji cieplnej w stanie zimnym i w sąsiedztwie rur gorących, powoduje występowanie naprężeń materiałowych. Zaczopowana, skrócona rura może być przy tym urwana przez rozszerzone rury sąsiednie.

Dlatego przy procesach, w których gorący gaz procesowy, względnie spaliny prowadzą drobnocząsteczkowy produkt stały, który musi być oddzielony z uprzednio ochłodzonego strumienia gazu, od dawna istnieje potrzeba rozwiązania problemu usuwania osadów w rurowych wymiennikach ciepła, bez potrzeby przerywania ich pracy lub uciekania się do podatnych na uszkodzenie

mechanicznych urządzeń czyszczących. Szczególne problemy powstają w wymiennikach ciepła przy wytwarzaniu sadzy i ogniowych kwasów krzemowych, które z powodu swojej wysokiej czynności powierzchniowej mają szczególnie silną skłonność do osadzania i zarastania rur.

Z opisu patentowego RFN nr 1 501 477 jest znane urządzenie do oczyszczania zasilanych gazem procesowym rur wymiennika ciepła, stosowanego do odprowadzania ciepła ze strumienia gazu procesowego, zawierającego gorący materiał stały, z osadów materiału stałego. Osiowo ponad otworami wylotowymi rur wymiennika ciepła jest przewidziany przewód, zaopatrzony w dysze strumieniowe, mający co najmniej jeden organ odcinający dla okresowego doprowadzania gazu spłukującego, mającego nadciśnienie wobec gazu procesowego. Przeciwnie strumień gazu procesowego i gazu spłukującego, stanowią zasadniczo o dobrym skutecznym oczyszczaniu.

Zadaniem wynalazku jest stworzenie urządzenia, za pomocą którego można uniknąć niebezpieczeństwa zaccopowania dysz strumieniowych, względnie rur do gazu procesowego, w obszarze dysz strumieniowych, przez cząsteczki materiału stałego zawieszone w gazie procesowym oraz zahamowania strumienia gazu procesowego przez strumień gazu spłukującego. Oprócz tego urządzenie powinno posiadać zwartą budowę i odporność wobec naprężeń cieplnych i umożliwiać w prosty sposób kolejne oczyszczanie ograniczonej ilości rur wymiennika ciepła, w celu uniknięcia większych wahań ciśnienia w instalacjach, w których jest zabudowany wymiennik ciepła.

Okazało się, że opisane problemy mogą być w zaskakująco prosty sposób rozwiązane za pomocą urządzenia, które może być jedynie używane do zabudowania w rurach procesowych i wykorzystuje dysze strumieniowe, które są ustalane osiowo ponad otworami wylotowymi rur do gazu procesowego, znajdujących się po jednej stronie wymiennika ciepła i są połączone z przewodem, zaopatrzonym w organy ustalające, dla okresowego doprowadzania gazu spłukującego, mającego nadciśnienie wobec gazu procesowego.

Urządzenie według wynalazku charakteryzuje się tym, że dysze strumieniowe są umieszczone nad otworami wlotowymi rur do gazu procesowego, a przewody doprowadzające gaz są umieszczone nad szeregiem rur, leżących w jednej linii, przy czym co najmniej każdorazowo dwa z tych przewodów doprowadzających leżą jeden nad drugim z tym, że dolny krótszy przewód zasila zewnętrzne dysze, a górny przewód zasila wewnętrzne dysze, przy czym długość leżących na zewnątrz i wewnątrz jest tak dobrana, że ich otwory wylotowe znajdują się w tej samej płaszczyźnie.

Dysze strumieniowe są umieszczone nad wlotami do rur wymiennika ciepła w takim odstępie, że strumień gazu, który powinien oczyszczać osiadający nalot materiału stałego, dociera do wlotu każdej rury jej pełnym przekrojem poprzecznym. Ponieważ dysze strumieniowe wysyłają strumień gazu w postaci wachlarza, to na ustalony odstęp oddziałuje także jego wylotowy przekrój poprzeczny. W ogólności przekrój poprzeczny otworu wylotowego dyszy jest zasadniczo nieznacznie mniejszy od przekroju poprzecznego otworu wlotowego rury wymiennika i może mieć, np. przy wymiennikach ciepła z wiązkami rur, stosowanych w instalacjach do sadzy spiekanej, stosunek 1 : 9,4. Przy takim rozmieszczeniu okazały się jako korzystne odstępy dysz, pomiędzy 90 a 150 mm.

Organy odcinające, włączone do przewodów doprowadzających gaz spłukujący, służą do dokładnego nastawiania doprowadzenia gazu spłukującego do ustalonych przewodów doprowadzających. Przez to jest możliwe oczyszczenie rur wymiennika ciepła w sposób seryjny lub kolejny. Dzięki temu wpływy okresowego oczyszczania nie zakłócają ciągłego procesu, w którym pracuje wymiennik ciepła.

Przewody doprowadzające dla gazu spłukującego, przeprowadzone przez rurę przepływową gazu procesowego w wymienniku ciepła, są trwale połączone z rurą przepływową, np. przez spawanie, a górne przewody są podzielone na dwa odcinki, zamknięte na końcach, leżące na przeciwko w małym odstępie od siebie.

Każdy odcinek najwyższego przewodu rozciąga się więc na połowie odnośnego przekroju poprzecznego rury przepływowej i niesie na swoim zewnętrznym końcu organ odcinający.

Korzystne jest, gdy zamknięte końce tych obydwu odcinków przewodu są umieszczone w prowadnicy ślizgowej, ponieważ przez to unika się naprężeń cieplnych, a układ przewodów jest odporny na drgania.

Korzystna odmiana wynalazku, którą można zastosować do wszystkich dotychczas opisanych postaci wykonania urządzenia polega na tym, że pojedyncze przewody doprowadzające dla gazu spłukującego są zebrane w przewód główny, a w przewodzie głównym jest zabudowany nadajnik impulsów ciśnienia do rejestracji okresów oczyszczania, przy czym nadajnik impulsów ciśnienia jest przyłączony w obszarze zwężki, zabudowanej w przewodzie głównym lub rury Venturiego, zabudowanej w przewodzie głównym. Ponieważ skuteczność oczyszczania jest tym intensywniejsza im jest większa szybkość strumienia gazu, proponuje się szczególnie korzystne ukształtowanie urządzenia według wynalazku, w którym dysze strumieniowe są ukształtowane jako dysze Laval'a, za pomocą których można osiągnąć prędkość przepływu gazu powyżej prędkości dźwięku.

Za pomocą opisanego urządzenia umożliwia się niespodziewanie łatwo i z trwałym efektem oczyszczania z nieuniknionego osadu materiału stałego w rurach wymiennika ciepła zasilanych strumieniem gazu procesowego, zawierającego gorący, drobnorozproszony materiał stały.

Zgodnie ze sposobem według wynalazku rury, podczas ciągłej pracy w procesie, okresowo spłukuje się za pomocą strumienia gazu spłukującego o wysokiej szybkości, uwalnianego w rodzaju uderzeń, które utrzymuje się krótkotrwale, skierowanego osiowo do otworów wlotowych rur.

Strumień gazu spłukującego musi być w rodzaju uderzeń, to znaczy w okresie krótszym od 3 sek powinna przypadać jego cała moc. Czas trwania okresu spłukiwania zależy naturalnie od rodzaju oczyszczanego materiału stałego, jego skłonności do adhezji i skupiania się. Efekt oczyszczania zwiększa się z prędkością spłukującego strumienia gazu, dlatego odmiana sposobu według wynalazku przewiduje, że strumień gazu ma prędkość ponaddźwiękową. To osiąga się za pomocą dysz Laval'a.

Korzystna odmiana sposobu proponuje spłukiwanie w sposób seryjny rur wymiennika ciepła, podczas cyklu oczyszczania, za pomocą organów odcinających, przyporządkowanych pojedynczym przewodom dla gazu spłukującego, aby móc utrzymać możliwie nieznaczny wpływ na przebiegającą równolegle wymianę ciepła i oddziaływanie na cały proces.

Szczególne znaczenie ma także okres trwania przerw pomiędzy okresami oczyszczania. Okazało się jednak celowe dobieranie dla okresu oczyszczania empirycznie obliczonego okresu, w którym nie może zachodzić zarastanie materiałem stałym rur wymiennika ciepła.

Przy wymiennikach ciepła z wiązką rur można tak przewidzieć, że kontroluje się temperaturę płaszcza rury zewnętrznej, najbardziej podatnej na zaczopowanie, a przy przekroczeniu wartości progowej, obliczonej empirycznie lub rachunkowo, proces spłukiwania przerywa się. Alternatywnie można kontrolować także temperaturę gazu procesowego, odprowadzonego z leżących na zewnątrz rur wymiennika ciepła i przy przekroczeniu ustalonej wartości przerywać proces spłukiwania.

Dobór gazu spłukującego następuje w ogólności według rodzaju gazu procesowego, który przenosi cząsteczki materiału stałego. Ważne jest jednak, aby gaz był suchy, przez co oddzielany materiał stały nie zlepia się ani zbryla. Przy wytwarzaniu sadzy spiekanej okazało się skuteczne zastosowanie pary przegrzanej o temperaturze, która leży ponad temperaturę wylotową gazu z oczyszczanego wymiennika ciepła.

Tam, gdzie pozwala przebieg procesu związanego ze strumieniem gazu procesowego, gaz spłukujący może być doprowadzany strumieniowymi dyszami także pulsująco. Przerywane impulsy strumienia gazu, przenoszone przy tym do rury wymiennika ciepła, wzmacniają przez rodzaj efektu kawitacji oddzielenie, względnie rozpad nagromadzonych warstw materiału stałego.

Budowa i sposób działania urządzenia według wynalazku jest bliżej przedstawiona w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok z boku urządzenia oczyszczającego ze stałymi strumieniowymi dyszami, umieszczonego w rurze przepływowej wymiennika z wiązką rur w przekroju A-A z fig. 2, fig. 2 - widok z góry na urządzenie z fig. 1.

Według fig. 1 i 2 urządzenie oczyszczające jest zbudowane w rurze przepływowej 6, którą przepływa wylotowy gaz procesowy, wymiennika ciepła z wiązką rur, włączonego w procesie spiekania sadzy przed układem filtrów, służących do oddzielania sadzy.

Rura przepływowa 6 jest połączona przez kołnierz 12 z płaszczem wymiennika ciepła, może ona także stanowić część wymiennika ciepła. W rurze przepływowej 6, poniżej kołnierza 12 jest zamocowana płyta 13 z otworami, w których są osadzone rury 2 o średnicy 43,1 mm i z nią połączone przez spawanie. Osłowo ponad otworami wylotowymi 1 rur 2 i w małym odstępnie od nich /około 100 mm/ są umieszczone strumieniowe dysze 5 w postaci dyszy Laval'a o średnicy 14 mm. Dysze 5 dla zewnętrznych rur 2 są osadzone na górnych przewodach 4, a dysze 5' dla zewnętrznych rur 2 w dolnych przewodach 4' prowadzących gaz spłukujący. Przewody 4' wyprowadzone swoimi tylnymi odcinkami przez rurę przepływową i trwale z nią połączone są na swojej stronie górnej, połączone na stałe przez spawanie ze stroną dolną przewodów 4. Leżące naprzeciwko końce przewodów 4 rozciągają się w przybliżeniu w połowie przekroju poprzecznego rury przepływowej 6 i są swoim zamkniętym końcem umieszczone w tulei ślizgowej 7, przy czym każdy koniec przewodu jest połączony na stałe z tuleją ślizgową 7, a odpowiadający mu koniec przewodu jest osadzony w niej przesuwnie. W każdym przewodzie 4, 4', doprowadzającym gaz spłukujący jest przewidziany, na zewnątrz rury przepływowej 6, organ odcinający 3 do sterowania przepływem gazu spłukującego.

Pojedyncze przewody doprowadzające dla gazu spłukującego są zebrane w jeden przewód główny 9, do którego w obszarze rury Venturiego 11 jest przyłączony nadajnik impulsów ciśnienia 10. Prowadzenie przewodu głównego po krzywiźnie wokół rury przepływowej 6, pokazane na fig. 2 zmniejsza nie tylko zapotrzebowanie miejsca, ale upraszcza przede wszystkim środki ochrony cieplnej dla kondensatu tworzącego się wewnątrz układu rur. Strumieniowe dysze 5 i 5' mają długość tak dobraną, że ich otwory wylotowe znajdują się na tej samej płaszczyźnie.

Przy przeprowadzaniu sposobu oczyszczania w urządzeniu według fig. 1 i 2 umożliwia się występowanie strumienia gazu spłukującego z dysz 5, 5' w okresie ustalonego przedziału czasu lub na podstawie sygnału z czujnika temperatury, umieszczonego na płaszczu wymiennika ciepła lub na wylocie gazu zewnętrznej rury przez szybkie otwieranie i zamykanie w rodzaju uderzeń organów odcinających 3. One wytwarzają w rurach 2 silne przyspieszenie gazu przez co drobne cząsteczki sadzy przyłączone do ścian rur 2 są łatwo oddzielane i wynoszone.

Chociaż zasadniczo jest możliwe niejednoczesne używanie podczas pracy wszystkich dysz 5, 5' to jednak zaleca się używanie ich w sposób seryjny lub kolejno. Dzięki temu osiąga się, że proces spłukiwania podczas pracy wymiennika ciepła praktycznie nie jest zaburzony i przewody 4, 4' doprowadzające gaz spłukujący mogą być korzystnie zwymiarowane.

P r z y k ł a d. W instalacji do wytwarzania sadzy spiekanej jest wytwarzana sadza, w postaci proszku o następujących danych kontrolnych: absorpcja jodu /DIN 53582/ - 46 mg/g, powierzchnia azotowa /DIN 66131/ - 45 m²/g, średnica cząsteczek w mikroskopie elektronowym - 41 nm, absorpcja DBP /DIN 53601/ - 125 ml/100 g, natężenie koloru IRB 3 = 100 /DIN 53234/ - 70%, wartość pH /DIN 53200/ - 9,5

Wytwarzanie takiej sadzy następuje przez wytworzenie strumienia gorącego gazu spalania, poprzez wprowadzenie powietrza z paliwem /np. gaz palny/ i wtrysnięcie wysokoaromatycznego surowca sadzy do gorącego gazu spalania. Po utworzeniu sadzy, wtryskuje się wodę i strumień spalin, zawierający sadzę, przeprowadza się najpierw przez układ wymienników ciepła, a potem przez filtr, w którym oddziela się sadzę od spalin.

W omawianym przypadku strumień spalin w ilości 6250 m³/h o temperaturze 780°C przesyła się do pierwszego wymiennika ciepła. Strumień spalin, zawierających parę wodną, niesie około 1050 kg/h określonej u góry sadzy.

Spaliny, uwolnione od pary wodnej, mają następujący skład: azot 61,9%, wodór 20,1%, dwutlenek węgla 13,8%, tlenek węgla 4,1%, metan 0,1%.

W pierwszym wymienniku ciepła mieszaninę spalin-sadza schładza się do 570°C przez wprowadzenie 3300 m³/h powietrza procesowego.

Aby móc spaliny, zawierające sadzę, doprowadzić dalej do filtra wyposażonego w węzownice ze szkła, jest potrzebne obniżenie temperatury do co najmniej około 280°C . Dlatego też spaliny zawierające sadzę, prowadzi się przez drugi wymiennik ciepła, który ma następujące dane konstrukcyjne: rury prowadzące spaliny: sztuk 57, średnica wewnętrzna 43,1 mm, długość 13060 mm.

Ten wymiennik ciepła jest zasilany po stronie powietrza chłodzącego ilością około $12000\text{ m}^3/\text{h}$ powietrza o temperaturze 70°C . Jednocześnie rury, prowadzące spaliny /najczęściej jednocześnie dwie rury/ są spłukiwane w sposób uderzeniowy, w czasie 3 sekund, $0,83\text{ kg}$ pary o temperaturze 310°C , przy czym para ma szybkość wypływu $960\text{ m}/\text{sek}$. Cykl spłukiwania jest przerywany po 90 sek, po czym następuje przerwa 7 minutowa.

Przy tym sposobie pracy wymiennik ciepła ochładza spaliny zawierające sadzę z 570°C do 280°C . Strata ciśnienia w wymienniku ciepła wynosi 65 mbar. Spryskiwanie wodą poza wymiennikiem ciepła, w celu obniżenia temperatury do dopuszczalnej temperatury dla dołączonego filtra węzowego, nie jest wymagane.

Dla porównania, zachowując jednakowe warunki w instalacji wytwarzającej sadzę i zachowując układ wymiennik/oddzielnik, jednakże bez spłukiwania rur parą, to już po 60 minutach wymiennik ciepła ochładza spaliny, zawierające sadzę, tylko z 570°C do 350°C , a straty ciśnienia wzrastają do 95 mbar.

To doświadczenie pokazuje następujące zalety sposobu pracy: Przez spłukiwanie parą rury wymiennika ciepła pozostają zanieczyszczone, a spadek ciśnienia jest nieznaczny, przez co mogą być przeprowadzane większe ilości mieszaniny. Przez spłukiwanie parą, ze spalin, zawierających sadzę, można odebrać więcej ciepła tak, że można je bezpośrednio doprowadzać do filtra węzowego; bez konieczności spłukiwania wodą poza wymiennikiem ciepła, co prowadziło, przez tworzenie guzków, do pogorszenia jakości sadzy.

Z a s t r z e ż e n i a p a t e n t o w e

1. Urządzenie do okresowego oczyszczania rur wymiennika ciepła, stosowanego do odprowadzania ciepła ze strumienia gazu procesowego, zawierającego gorący, drobno rozproszony materiał stały, z osadów materiału stałego, w którym dysze strumieniowe są ustalone w osi nad znajdującymi się po jednej stronie wymiennika ciepła, wlotami rur do gazu procesowego i są połączone z przewodem, zaopatrzonym w organy odcinające do okresowego doprowadzania gazu spłukującego, mającego nadciśnienie wobec gazu procesowego, z n a m i e n n e t y m, że strumieniowe dysze /5/ są umieszczone nad otworami wlotowymi /1/ rur /2/ a przewody /4, 4'/ dla doprowadzania gazu spłukującego są umieszczone nad szeregiem rur /2/, leżących w jednej linii, przy czym co najmniej każdorazowo dwa z tych przewodów /4, 4'/ leżą jeden nad drugim z tym, że dolny, krótszy przewód /4/ jest połączony z zewnętrznymi dyszami /5/, a górny dłuższy przewód /4/ jest połączony z wewnętrznymi dyszami /5/, przy czym długość dysz /5, 5'/ jest tak dobrana, że ich otwory wylotowe znajdują się w tej samej płaszczyźnie.

2. Urządzenie według zastrz. 1, z n a m i e n n e t y m, że przewody /4, 4'/ przeprowadzone przez rurę przepływową gazu procesowego /6/ są trwale z nią połączone, a górne przewody /4/ są podzielone na dwa odcinki, zamknięte na końcach, leżące naprzeciwko w małym odstępie od siebie.

3. Urządzenie według zastrz. 2, z n a m i e n n e t y m, że końce obydwu odcinków przewodów /4/ są umieszczone w prowadnicy ślizgowej /7/.

4. Urządzenie według zastrz. 1, z n a m i e n n e t y m, że pojedyncze przewody /4/ doprowadzające gaz spłukujący są zebrane w jeden przewód główny /9/, a w przewodzie głównym /9/ jest zabudowany nadajnik impulsów ciśnienia /10/ do rejestracji okresów oczyszczania.

5. Urządzenie według zastrz. 4, z n a m i e n n e t y m, że nadajnik impulsów ciśnienia /10/ jest przyłączony w obszarze zwężki, na przewodzie głównym /9/.

6. Urządzenie według zastrz. 5, z n a m i e n n e t y m, że zwężkę stanowi rura Venturiego /11/.

7. Urządzenie według zastrz. 1, z n a m i e n n e t y m, że strumieniowe dysze /5/ są ukształtowane jako dysze Laval.

8. Sposób okresowego oczyszczania rur wymiennika ciepła, stosowanego do odprowadzania ciepła ze strumienia gazu procesowego, zawierającego gorący, drobnorozproszony materiał stały z osadów materiału stałego za pomocą doprowadzanego okresowo gazu spłukującego, mającego nadciśnienie wobec gazu procesowego prowadzonego przez przewody, zaopatrzone w strumieniowe dysze, leżące w odstępie od otworów wlotowych do rur, z n a m i e n n y t y m, że podczas ciągłej pracy wymiennika ciepła, do otworów wlotowych /1/ rur /2/ kieruje się osłowo strumień gazu o wysokiej prędkości w rodzaju uderzeń, które utrzymuje się krótkotrwale.

9. Sposób według zastrz. 8, z n a m i e n n y t y m, że strumieniowi gazu daje się prędkość naddźwiękową.

10. Sposób według zastrz. 8, z n a m i e n n y t y m, że rury /2/ spłukuje się seryjnie.

11. Sposób według zastrz. 10, z n a m i e n n y t y m, że proces spłukiwania prowadzi się w empirycznie obliczonym okresie, w którym zachodzi zarastanie rur wymiennika ciepła materiałem stałym.

12. Sposób według zastrz. 11, z n a m i e n n y t y m, że proces spłukiwania prowadzi się w zależności od pomiaru temperatury płaszcza rury zewnętrznej wymiennika ciepła, a przy przekroczeniu wartości progowej proces spłukiwania przerywa się.

13. Sposób według zastrz. 10, z n a m i e n n y t y m, że proces spłukiwania prowadzi się w zależności od temperatury gazu procesowego, odprowadzanego z leżących na zewnątrz rur wymiennika ciepła, a przy przekroczeniu ustalonej wartości proces spłukiwania przerywa się.

14. Sposób według zastrz. 10, z n a m i e n n y t y m, że spłukuje się parę przegrzaną lub gazem suchym.

15. Sposób według zastrz. 8, z n a m i e n n y t y m, że spłukuje się pulsującym strumieniem gazu.

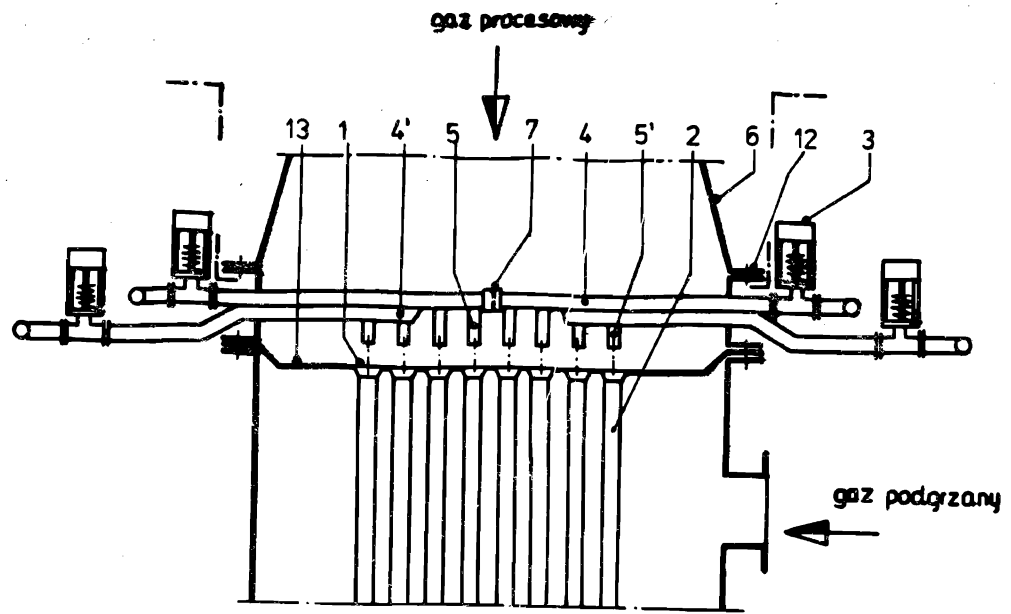


Fig. 1

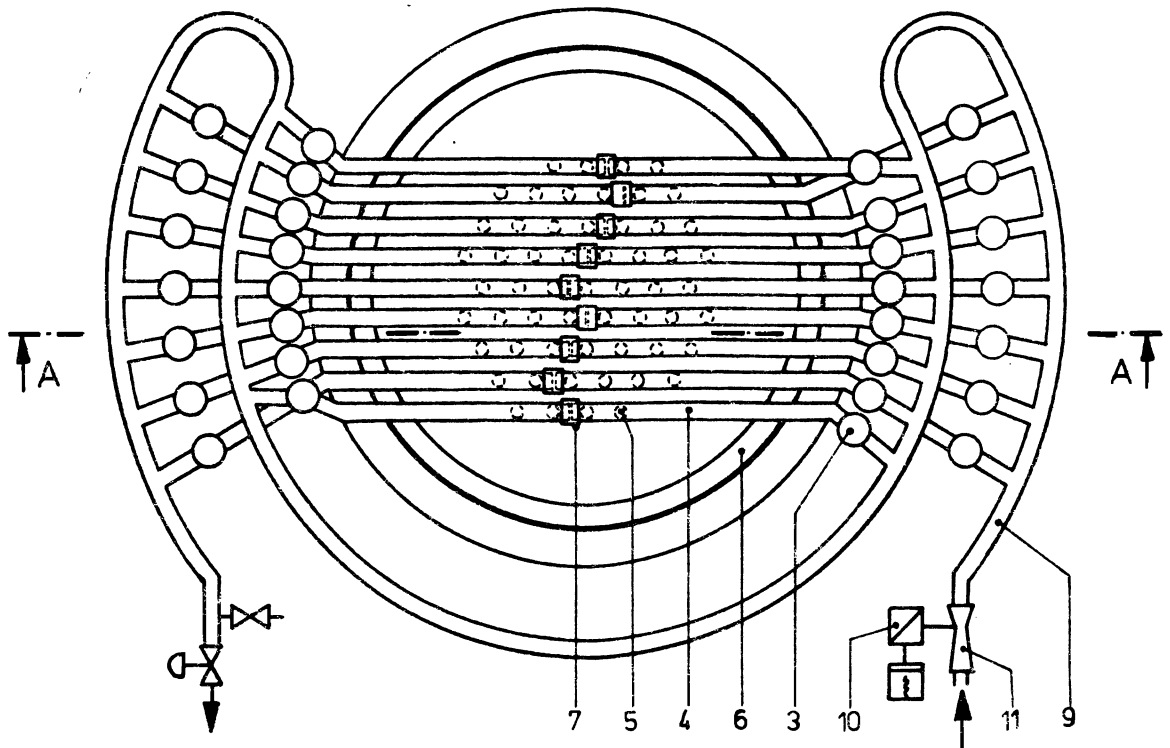


Fig. 2

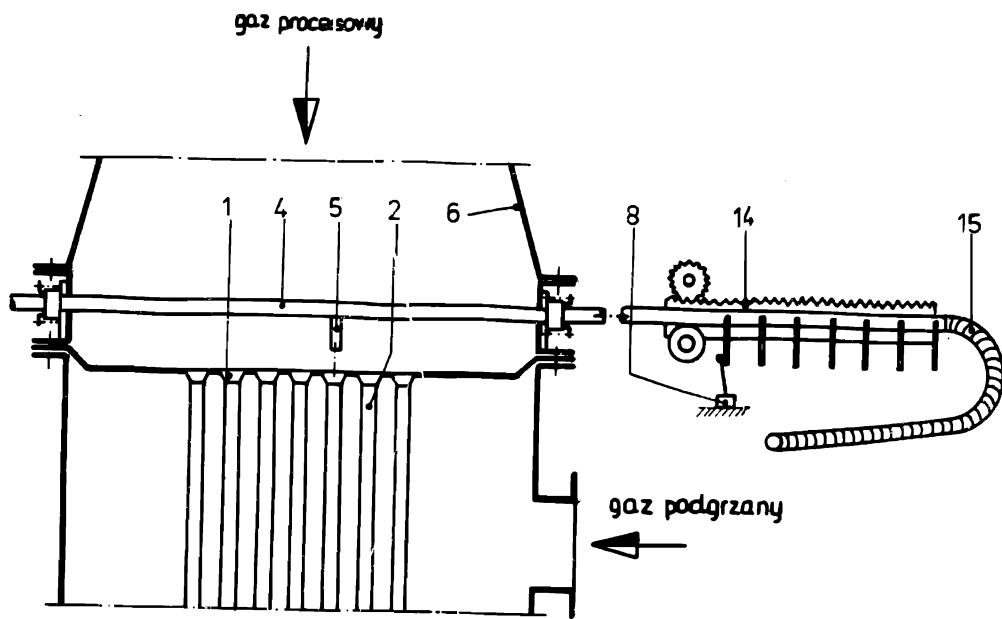


Fig. 3

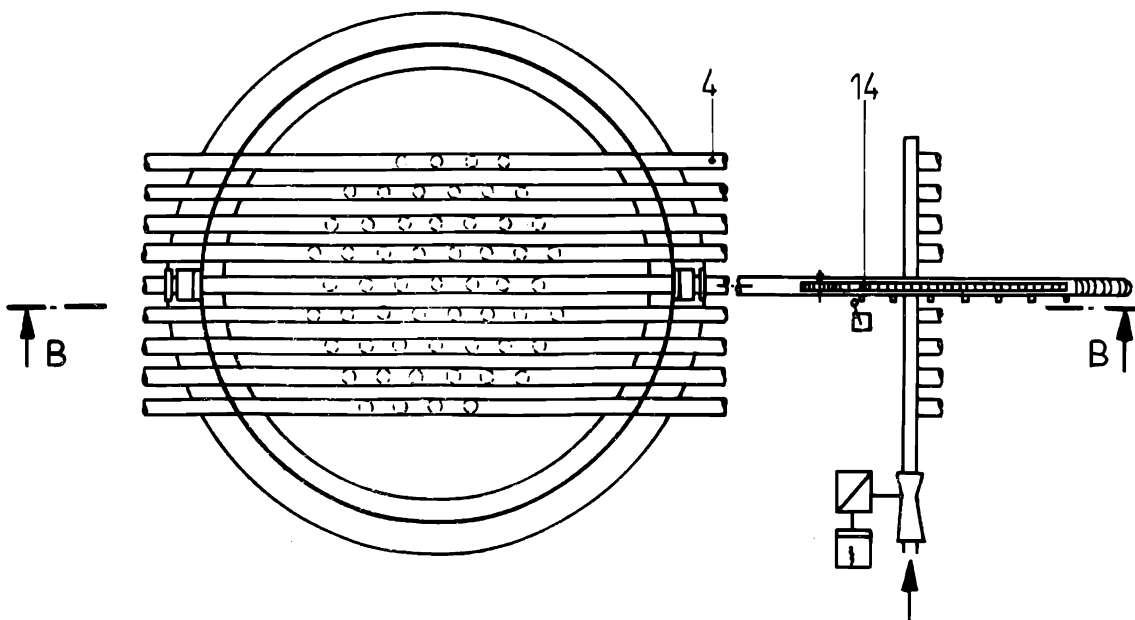


Fig. 4