



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 28.09.79 (P. 218606)

Pierwszeństwo: 28.09.78 Niemiecka Republika
Demokratyczna

Zgłoszenie ogłoszono: 02.06.80

Opis patentowy opublikowano: 15.03.1983

Int. Cl.³ C10J 3/74
B01J 19/00

CZYTELNIJA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy patentu: Helmut Peise, Wolfgang Heinrich, Peter Göhler, Friedrich Berger, Klaus Lucas, Manfred Schingnitz, Dieter König, Aleksandr Ivanovič Jegorov, Vasilij Georgievič Fedotov, Vladimir Petrovič Gavrilin, Ernest Andreievič Gudynov, Vladimir Petrovič Semenov, Igor Grigorevič Achmatov, Nikolaj Petrovič Majdurow, Evgenij Vladimirovič Avraamov

Uprawniony z patentu: Brennstoffinstitut Freiberg, Freiberg (Niemiecka Republika Demokratyczna); Gosudarstvennyj Naučno-Issledovatel'skij i proektnyj Institut Azotnoj promyšlennosti i produktov organičeskogo sinteza, Moskwa (Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Reaktor do wytwarzania gazów zawierających CO i H₂ za pomocą częściowego utleniania paliw

1

Wynalazek dotyczy reaktora do wytwarzania gazów zawierających CO i H₂ za pomocą częściowego utleniania paliw w formie pyłów lub cieczy, w szczególności zawierających popiół, w obecności czynnika zgazowującego zawierającego wolny tlen, w wysokich temperaturach i przy podwyższonym ciśnieniu.

Przy wytwarzaniu gazu z paliw pylistych lub ciekłych za pomocą częściowego utleniania, paliwo reaguje ze środkiem zgazowującym zawierającym tlen w reakcji płomieniowej. W zależności od paliwa i zastosowania gazu występują temperatury końcowe reakcji między 1200 a 1600°C podczas gdy w samym płomieniu osiągane są temperatury ponad 2000°C. Przy zastosowaniu paliw zawierających popiół, mineralne pozostałości procesu częściowego utleniania gromadzą się w formie płynnego stopu.

Reakcja płomieniowa przebiega w ognioodpornym, z reguły obrotowym symetrycznym obszarze reakcji, przy czym znane urządzenia różnią się ustawieniem palników i odprowadzeniem wytworzonego gorącego surowego gazu i żużla.

Procesy wytwarzania gazów zawierających CO i H₂ przeprowadza się często pod zwiększonym ciśnieniem, na przykład przy ciśnieniu 3 MPa. Reaktory dla takiego procesu ciśnieniowego składają się na przykład z zewnętrznej naczynia ciśnieniowego, w którego wnętrzu znajduje się właściwa przestrzeń reakcyjna, której profil tworzą ściany z rur chłodzonych wodą. Rurowe ściany są pokryte od strony skierowanej ku płomieniowi warstwą ubitej masy ognioodpornej, na przykład na bazie węgla krzemowego. Ubitą masę zamocowuje się do rur za pomocą kołków

2

metalowych o średnicy na przykład 10 mm i wysokości 10 mm przyspawanych do powierzchni rur i wchodzących do warstwy ubitej masy. Grubość warstwy ubitej masy jest tak wymierzona, że temperatura powierzchni jest niższa niż temperatura krzepnięcia żużla powstającego w procesie częściowego utleniania.

W czasie pracy reaktora tworzy się na powierzchni ubitej masy dalsza warstwa skrzepniętego żużla, która przechodzi w ciastowatą strefę a w końcu w spływający ciekły film żużla. Chłodzenie rurowej ściany następuje za pomocą wody pod ciśnieniem o temperaturze poniżej punktu wrzenia, lub wrzącą wodą.

Ściana rurowa musi chronić w sposób pewny zewnętrzny płaszcz ciśnieniowy przed przegrzaniem przez promieniowanie i prądy konwekcyjne. Dlatego między rurową ścianą i zewnętrznym płaszczem ciśnieniowym przewidziana jest w wielu wypadkach termiczna warstwa izolacyjna z materiału ognioodpornego. Ta warstwa izolacyjna wykazuje nieuniknioną znaczną i niemożliwą do miejscowej lokalizacji przepuszczalność gazu, spowodowaną porowatością ognioodpornego materiału, oraz nieuniknionymi rysami, spoinami i dylatacyjnymi szczelinami.

Jeśli reaktor, jak zwykle, zapala się przy w przybliżeniu atmosferycznym ciśnieniu i doprowadza do pełnego ciśnienia roboczego w stanie gorącym, to przy szybkim wzroście ciśnienia mogą wystąpić tak wielkie błędzące strumienie gazu, że płaszcz ciśnieniowy będzie miejscowo przegrzany.

Podobnych niebezpieczeństw należy oczekiwać gdy ze względu na wysokie sprawności i częściowe zżyzłowanie występują większe różnice ciśnień wewnątrz przestrzeni

reakcyjnej lub w kanale, którym uchodzi surowy gaz. Chociaż z reguły reakcję można prowadzić przy chłodzonej ścianie rurowej w temperaturach powyżej punktu rosy pary wodnej, to jednak temperatura płaszcza ciśnieniowego pozostaje poniżej tego punktu rosy. Przepuszczanie gazu przez warstwę izolacyjną pozwala na kondensację pary na płaszczu ciśnieniowym i sprzyja korozji.

Zaproponowano przemycie muru względnie określonych spoin w murze obojętnymi gazami. Jednak niemożliwa, do zdefiniowania co do miejsca, przepuszczalność gazu poprzez mur, ogranicza wynik takiego działania do minimum nawet przy dużych ilościach gazu przepływającego.

Znane są takie reaktory z chłodzonymi konstrukcjami ścian rurowych, w których pojedyncze, położone obok siebie rury są połączone przyspawaną, przebiegającą przez całą długość rur, listwą. W ten sposób ściana rurowa staje się nieprzepuszczalna dla gazu. Połączenie potrzebne do wyrównania ciśnienia między przestrzenią reakcyjną a płaszczem ciśnieniowym ograniczone zostaje do kilku kontrolowanych otworów, nad którymi łatwo zapanować przy przepływie gazem obojętnym.

Takie rozwiązanie prowadzi do bardzo sztywnej konstrukcji ściany rurowej, której dalsza zaleta leży w prostszej konstrukcji podtrzymującej i łatwiejszym montażu. Sztywność ściany rurowej jest jednak obciążona znaczną wadą, a mianowicie jest nie do uniknięcia przy rozpoczynaniu i zakończeniu procesu oraz przy zmianie ładunku, aby ubita masa i zestalony żużel nie ulegały rozszerzaniu lub kurczeniu się. Sztywna, zespawana konstrukcja ściany rurowej nie może poddać się tym zmianom długości. Wielokrotnie większe termiczne obciążenie obnażonych części ściany rurowej może poprzez miejscowe przegrzanie powodować zagrożenie.

Celem wynalazku jest skonstruowanie reaktora do wytwarzania gazu za pomocą częściowego utleniania pod ciśnieniem paliw w formie pyłu lub ciekłych zawierających popiół, którego płaszczy ciśnieniowy jest niezawodnie zabezpieczony przeciw przegrzaniu i działaniu surowego gazu i który pozwala na długie okresy pracy.

W reaktorze według wynalazku przestrzeń reakcyjna utworzona jest ze ściany rurowej chłodzonej wodą i pokrytej od strony przestrzeni reakcyjnej ubitą masą, a której zewnętrzny płaszczy ciśnieniowy jest niezawodnie i we wszystkich fazach pracy chroniony przeciw przegrzaniu i działaniu atmosfery surowego gazu. Jego wbudowane części, w szczególności konstrukcja ściany rurowej, są łatwe do montowania i demontażu, przy czym reaktor ten zwłaszcza ze względu na trwałość wykładziny ubitej masy w przestrzeni reakcyjnej gwarantuje długie okresy pracy.

Rozwiązanie według wynalazku wyróżnia się następującymi cechami: ściana rurowa, tworząca przestrzeń reakcyjną i pokryta metalowymi kołkami od strony zwróconej ku przestrzeni reakcyjnej oraz pokryta ognioodporną ubitą masą, jest otoczona w pewnej odległości, z reguły 1 do 5 cm, obudową szczelną w stosunku do gazu, przy czym przestrzeń między poszczególnymi rurami ściany rurowej i obudową jest także wypełniona ognioodporną ubitą masą. Na wewnętrznej stronie obudowy umocowane są listwy, które dzielą tę wewnętrzną przestrzeń na wiele odcinków, a które wchodzą do ubitej masy.

Celem zastosowania tych listew było to, aby mimo nieuniknionego tworzenia się rys między ubitą masą a wewnętrzną stroną obudowy, uniknąć powstawania wielko-

płaszczyznowych, błędzących prądów gorącego gazu na ścianie obudowy.

Zgodnie z wynalazkiem listwy mogą służyć również do utrwalenia długości ściany rurowej bez tworzenia sztywnego połączenia między tymi listwami a rurami ściany rurowej. Obudowa jest umieszczona wewnątrz zewnętrznego naczynia ciśnieniowego. Przestrzeń między płaszczem zewnętrznego naczynia ciśnieniowego i obudową jest połączona jednym lub wieloma otworami z przestrzenią reakcyjną wewnątrz obudowy. Na zewnętrznym naczyniu ciśnieniowym znajduje się jeden lub wiele króćców do wprowadzania obojętnego gazu, którym można przemywać przestrzeń między zewnętrznym naczyniem ciśnieniowym a obudową.

W korzystnej formie wykonania wynalazku w stosunku do reaktorów ze stojącą, cylindryczną przestrzenią reakcyjną, której strony czołowe zaopatrzone są w aksjalne otwory dla zamocowania palników, względnie odprowadzania surowego gazu i żużla, w reaktorach tych cylindryczna część ściany rurowej składa się z jednej lub wielu równoległych rur zwiniętych w jedno- lub wielokrotną spiralę, a których krany wlotowe i wylotowe dla środka chłodzącego są prowadzone poprzez obudowę i poprzez łatwo rozłączalne, szczelne w stosunku do ciśnienia przepusty znanej konstrukcji przez zewnętrzne naczynie ciśnieniowe. Rury wyposażone są w kołki metalowe na ścianie skierowanej ku osi spirali.

Zgodnie z wynalazkiem na zewnętrznej stronie obudowy otaczającej spiralę rurową w co najmniej jednej płaszczyźnie horyzontalnej umieszczone są jedna lub wiele listew, które sięgają do wnętrza przestrzeni między dwoma sąsiednimi zwojami rur.

Według wynalazku długość jednej listwy odpowiada jednemu pełnemu zwojowi. Końce listwy są połączone dalszą, równoległą do osi listwą, której zewnętrzne brzegi są dopasowane do zewnętrznego profilu zwoju rurowego, a więc zależnie od ilości żył spirali zaopatrzonych w jeden lub wiele półkolistych wycinków których promień i odstęp dopasowany jest do średnicy rury względnie do odległości skrętów zwoju. Przestrzeń pośrednia między zwojem rur a wewnętrzną stroną obudowy i tworzącą kontur przestrzeni reakcyjnej, zaopatrzona w kołki strona ściany rurowej, są wyłożone ognioodporną ubitą masą.

Według wynalazku ściana rurowa pokryta ubitą masą wraz z obudową, przede wszystkim poprzez spawane złącze między obudową a wlotowymi i wylotowymi końcami rur i poprzez odpowiednie połączenie, tworzy jednostkę konstrukcyjną i może być jako całość wprowadzona i wmontowana do zewnętrznego naczynia ciśnieniowego względnie po uwolnieniu przepustów gazoszczelnych na końcach rur usunięta z niego poprzez zewnętrzne naczynie ciśnieniowe.

Zgodnie z rozwiązaniem według wynalazku przy odpowiednim wyskalowaniu otworów łączących między przestrzenią reakcyjną wewnątrz obudowy, a przestrzenią pośrednią między zewnętrznym naczyniem ciśnieniowym a obudową jest możliwe takie ustalenie ilości obojętnego gazu przepływającego, że przy najmniejszym zapotrzebowaniu na gaz przepływający uniemożliwia się surowemu gazowi dostęp do tej przestrzeni pośredniej. Jedynie w fazie wzrostu ciśnienia w przestrzeni reakcyjnej podczas procesu rozpalania trzeba w zależności od wielkości objętości swobodnej wspomnianej przestrzeni pośredniej i od gradientu wzrostu ciśnienia w przestrzeni reakcyjnej tak dalece wyregulować ilość gazu obojętnego, żeby szybkość przepływu

gazu obojętnego z przestrzeni pośredniej do wnętrza obudowy była stale wyższa od zera.

W rozwiązaniu według wynalazku, ze względu na rezygnację ze sztywnego połączenia między poszczególnymi rurami lub zwojami rur, zostaje zachowana wystarczająco elastyczna możliwość kształtowania ściany rurowej, tak że poszczególne rury mogą poddawać się termicznym wydłużeniom i kurczeniom warstwy z ubitej masy pokrytej w czasie działania warstwy zestalonego żużla, a tym samym zmniejsza się niebezpieczeństwo odpadania ubitej masy.

Rozwiązanie według wynalazku umożliwia poza tym dokładne przepłukanie ściany wewnętrznej zewnętrznego naczynia ciśnieniowego, tak że można uniknąć termicznych i korozyjnych działań na płaszcz naczynia ciśnieniowego ze strony surowego gazu. Wynalazek objaśniono na podstawie podanych fig. 1—3.

Fig. 1 ilustruje schematyczne ujęcie reaktora do częściowego utleniania paliw pylistych pod zwiększonym ciśnieniem. Fig. 2 przedstawia wycinek 4-pasmowego zwoju rur. Fig. 3 — podaje szczegółowy przekrój przez obudowę, zwoj rur jak również warstwę ubitej masy i warstwę żużlu wzdłuż zaznaczonej na rys. 1 linii przecięcia AB.

Opracowany dla ciśnienia 3,0 MPa i przeznaczony do zgazowania pyłu węgla brunatnego o zawartości około 10% popiołu za pomocą częściowego utleniania tlenem technicznym, reaktor, fig. 1, posiada cylindryczną przestrzeń reakcyjną, którego obie strony czołowe są zaopatrzone w aksjalne otwory dla umocowania palnika względnie usuwania surowego gazu, i z dwuczęściowego zewnętrznego naczynia ciśnieniowego 1, składającego się z korpusu naczynia ciśnieniowego 3 i połączonej flanszą pokrywy 2. W jego wnętrzu znajduje się właściwa przestrzeń reakcyjna 4, w której w temperaturze końcowej około 1400°C i pod wyżej podanym ciśnieniem reagują ze sobą tlen techniczny i pył węgla brunatnego w płomieniu dając gaz zawierający CO i H₂.

Doprowadzenie składników reakcji następuje przez wkładkę palnikową 5, w której znajdują się także urządzenia zapłonowe i do mierzenia temperatury w przestrzeni reakcyjnej. Wytworzony surowy gaz o temperaturze około 1400°C wchodzi wspólnie z ciekłym żużlem do urządzenia usuwającego i chłodzącego 6, przez które opuszcza on reaktor i po oddzieleniu wiru doprowadzany jest do dalszej przeróbki. Przestrzeń reakcyjna jest otoczona przez utworzony z 4 rur czteropasmowy zwoj rur 7.

Ze względu na przejrzystość na fig. 1 pokazano jedynie jeden krąg tego zwoju, podczas gdy na fig. 2 przedstawiono w perspektywie wycinek zwoju wytworzony z czterech rur. Rury zwoju są zaopatrzone na stronie zwróconej w kierunku przestrzeni reakcyjnej w przyspawane kołki 23, jak to dokładnie pokazano na fig. 3.

Zwoj rur 7 otoczony jest gazoszczelną osłoną 8, która w porównaniu z płaszczem zewnętrznym naczynia ciśnieniowego wykonana jest ze stosunkowo cienkiej blachy. Odstęp między zewnętrzną stroną rur tworzących zwoj a osłoną wynosi około 2 cm. Osłona wraz ze zwojem rur opiera się na podpórkach nośnych 9, które zmniejszają nacisk na niższe dno naczynia ciśnieniowego 1.

Ze względu na wygodny montaż osłona zaopatrzona jest u góry w ucha nośne 10 dla przymocowania podnośników. Przestrzeń pośrednia 11 między osłoną 8 a płaszczem zewnętrznego naczynia ciśnieniowego 1 jest połączona poprzez okrągłą szparę 12 między wkładką palnikową 5 a górnym otworem w osłonie z przestrzenią reakcyjną 4. Drugie połączenie tych przestrzeni następuje przez dolną

szparę okrągłą 13 między dolnym otworem osłony 8 i urządzeniem usuwającym i chłodzącym 6 dla surowego gazu, która to szpara jest w czasie pracy reaktora prawie całkowicie zasklepiona żużlem.

Za pomocą króćca 22, który przechodzi przez otwory 12 i 13 w formie okrągłej szpary do przestrzeni reakcyjnej istnieje możliwość przepłukania azotem przestrzeni pośredniej 11. Górne i dolne końce 15 rur tworzących zwoj rur 7 są połączone, poprzez łatwo umieszczalne dospawane przewody 14 przez dno korpusu naczynia ciśnieniowego 3 względnie pokrywy 2, wyprowadzone na zewnątrz — czego nie przedstawiono na fig. 1, z przewodami doprowadzającymi i odprowadzającymi wodę chłodzącą. Ciśnienie wody w rurach chłodzących wynosi 4,0 MPa, i jest wyższe aniżeli ciśnienie w przestrzeni reakcyjnej. Temperatura doprowadzanej wody wynosi 160°C i jest wyższa aniżeli punkt rosy surowego gazu, który leży około 150°C.

Wewnętrzna strona osłony 8 wyposażona jest na całej swej wysokości w szereg listw 16, uformowanych śrubowo z takim samym skokiem jak helikoidalne rury 7, wnika-
jących do przestrzeni pośredniej między dwoma sąsiednimi nitkami zwoju mniej więcej do wysokości osi rur. Długość jednej listwy 16 odpowiada jednemu pełnemu skokowi śruby. Ukośnie, jeden ponad drugim leżące końce każdej listwy 16 są, jak to widać na fig. 3, połączone z dalszą, pionowo ustawioną listwą 17, której zewnętrzny brzeg zaopatrzone jest w cztery półkoliste wycinki 18, których promień i odległość odpowiadają przekrojowi rur i odsunięciu zwoju w pasmie skreślonych rur składającym się z czterech rur 7. Pionowa listwa 17 wchodzi w formie grzebieńa w zwoj rur 7.

Zwoj rur 7 umieszcza się w ognioodpornej ubitej masie 19 na bazie węgliku krzemu, która wypełnia przestrzeń pośrednią 24 między zwojem rur 7 a ścianą obudowy 8 jak też pokrywa powierzchnię rur skierowaną ku przestrzeni reakcyjnej 4, przy czym grubość warstwy pokrywającej rury, wynosząca około 20 mm do wnętrza przestrzeni reakcyjnej, jest tak wybrana, że temperatura na powierzchni masy ubitej 19 jest niższa aniżeli temperatura krzepnięcia ciekłego żużla wynosząca około 1100°C. Przy natrafianiu ciekłego żużla na ścianę wytwarza się na ognioodpornej ubitej masie 19 zakrzepłą warstwę żużla 20, który w końcu przechodzi w film płynnego ściekającego żużla 21, jak pokazuje to fig. 3.

Odnośnie grubości stałej i płynnej warstwy żużla ustala się w czasie pracy reaktora stan równowagi, uzależniony od temperatury, warunków przechodzenia ciepła i wydajności reakcji płomieniowej w przestrzeni reakcyjnej 4 z jednej strony a od intensywności chłodzenia i przewodzenia ciepła w ubitej masie 19 i rurach chłodzących z drugiej strony. Ubita masa 19 i zakrzepła warstwa żużla 20 tworzą stosunkowo stałą i sztywną opaskę i są, w szczególności przy procesach rozruchu i opróżniania jak również zmianach stanu działania w ruchu, poddane rozciąganiu i ściskaniu.

Wybrane rozwiązanie daje jednak wystarczająco dużą elastyczność zwoju rur 7 tak, że może on poddawać się ruchom termicznym ubitej masy i żużla. W ten sposób zredukowano znacznie niebezpieczeństwo odpadania ubitej masy. Mimo to jest nie do uniknięcia występowania w czasie pracy pęknięć między ubitą masą 19 i ścianą osłony 8.

Jednak wchodząc w ubitą masę 19 listwy 16 oraz pionowo listwy 17 zapobiegają wielkopłaszczyznowym tylnym opływom ubitej masy 19 przez gorące gazy, tak że nie może

nastąpić przegrzanie osłony 8. Osłona 8 osiąga mniej więcej temperaturę odpowiadającą średniej temperaturze środka chłodzącego w zwoju rur 7 (około 180°C). W ten sposób zapobiega się kondensacji pary wodnej. Doprowadzana do przestrzeni pośredniej 11 między zewnętrznym naczyniem ciśnieniowym 1 i osłoną 8 przez króciec 22 ilość azotu jest przy normalnej pracy tak odmierzana, że szybkość w górnym otworze pierścieniowym 12 i dolnym otworze pierścieniowym 13 wynosi około 2,0 m/s. Jedynie w tych okresach pracy, w których wzrasta ciśnienie w przestrzeni reakcyjnej 4, zredukowany do normalnego ciśnienia przepływ azotu podwyższa się do wartości, która jest trochę

$$\text{wyższa od wartości} \quad V_{zw} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta \tau} \cdot \frac{1}{P_o}$$

przy czym V_{zw} oznacza objętość przestrzeni pośredniej 11, $\Delta P/\Delta \tau$ oznacza wzrost ciśnienia w jednostce czasu a P_o jest ciśnieniem normalnym.

Na płaszczu zewnętrznego naczynia ciśnieniowego 1 utrzymuje się od wewnątrz atmosferę azotu, co zapobiega skraplaniu pary wodnej z surowego gazu. Dla ograniczenia temperatury zewnętrznego naczynia ciśnieniowego 1 do wartości wykluczających obciążenie personelu obsługującego, wewnętrzna strona zewnętrznego naczynia ciśnieniowego 1 jest zaopatrzona w nieprzedstawioną fig. 1 cienką izolację.

Zastrzeżenia patentowe

1. Reaktor do wytwarzania gazów zawierających CO i H₂ za pomocą częściowego utleniania paliw pylistych i/lub płynnych, zawierających popiół, pod zwiększonym ciśnieniem, którego przestrzeń reakcyjna składa się ze ściany rurowej przepływowo chłodzonej i wyłożonej ognioodporną ubitą masą, przy czym poszczególne rury ściany rurowej

są w stosunku do siebie elastycznie ruchome, **znamienny tym**, że ściana rurowa otoczona jest w niewielkiej odległości gazoszczelną osłoną (8), która umieszczona jest wewnątrz zewnętrznego naczynia ciśnieniowego (1), przy czym przestrzeń pośrednia (24) powstała z odstępu między osłoną (8) a rurami ściany rurowej wypełniona jest ognioodporną ubitą masą (19), a na wewnętrznej stronie osłony (8) umieszczone są listwy (16), które tę wewnętrzną stronę dzielą na wiele odcinków i które wchodzi w ubitą masę (19) wypełniającą przestrzeń pośrednią (24), zaś przestrzeń reakcyjna (4) wewnątrz osłony (8) połączona jest z przestrzenią pośrednią (11) między zewnętrznym naczyniem ciśnieniowym (1) i osłoną (8) za pomocą jednego lub wielu otworów, przy czym przestrzeń pośrednia (11) między zewnętrznym naczyniem ciśnieniowym (1) a osłoną (8) zaopatrzona jest w co najmniej jeden króciec (22) dla doprowadzenia obojętnego gazu przepływającego.

2. Reaktor według zastrz. 1, **znamienny tym**, że cylindryczna część ściany rurowej posiada formę jednopasmowego lub wielopasmowego skrętu.

3. Reaktor według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że na wewnętrznej stronie osłony (8) na jednym lub wielu horyzontalnych poziomach umieszczona jest jedna lub wiele listew (16) ułożonych śrubowo i z tym samym nachyleniem jak skręt rur (7) w ścianie rurowej, które wchodzi w przestrzeń pośrednią (24) między dwiema sąsiednimi zwojami rur.

4. Reaktor według zastrz. 3, **znamienny tym**, że długość jednej listwy (16) odpowiada pełnemu zwojowi a jej końce połączone są przez dalszą, równoległą do osi, listwę przymocowaną do osłony (8), której zewnętrzny brzeg zawiera jeden lub wiele półkolistych, wycinków, przy czym promień i odstęp wycinków dopasowany jest do ściany rurowej.

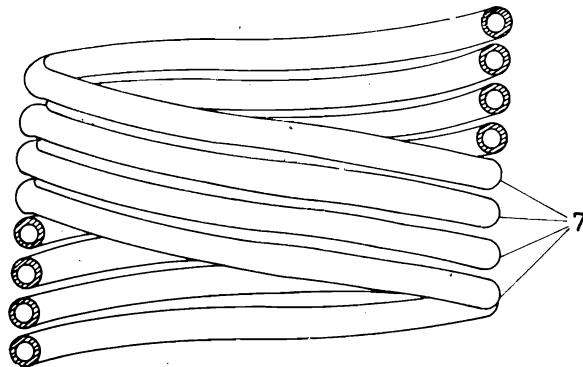
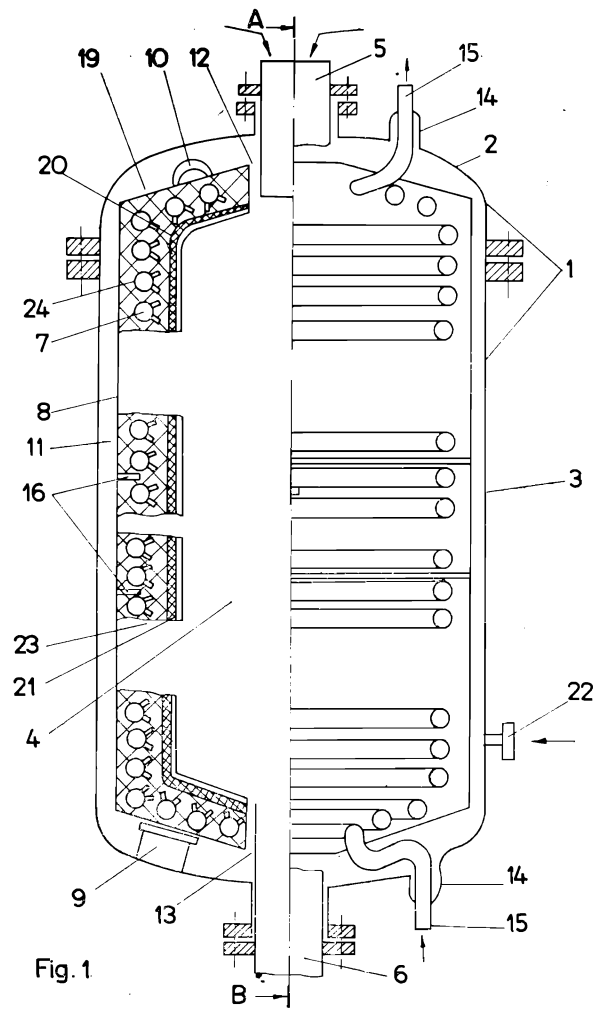


Fig. 2

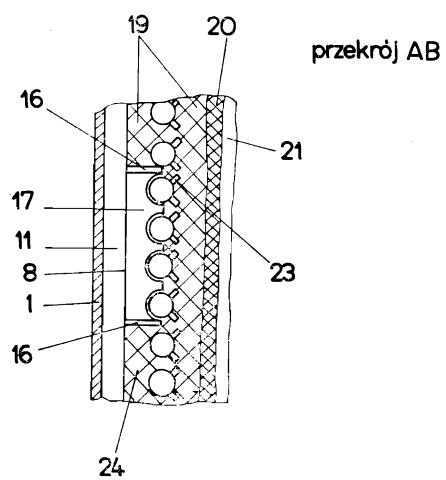


Fig. 3