

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

68679

Patent dodatkowy
do patentu

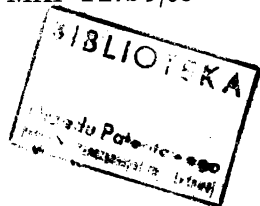
Kl. 31a¹,9/06

Zgłoszono: 18.II.1969 (P 131 807)

Pierwszeństwo: 19.II.1968 Francja

MKP F27b 9/06

Opublikowano: 1.07.1974



Współtwórcy wynalazku: Paul Morel, Jean-Pierre Givry, Philippe Voisin

Właściciel patentu: Compagnie Pechiney, Paryż, (Francja)

Urządzenie do wypalania lub spiekania wyrobów zawierających węgiel

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do wypalania lub spiekania wyrobów zawierających węgiel, przeznaczone zwłaszcza do wytwarzania elektrod, jak również do wszelkich innych wyrobów zawierających węgiel, na przykład wykładzin ogniotrwałych, tygli i wyrobów przeznaczonych do grafityzacji.

Znany jest sposób wytwarzania wyrobów zawierających węgiel, poczynając od pasty utworzonej z koksu lub antracytu w postaci ziarnistej, scalanej spoiwem takim jak smoła, przy czym scalanie dokonywane jest przez prasowanie w formie, wyciskanie lub wszelkim innym sposobem, przy czym pasta ta jest nagrzewana do wysokiej temperatury, która może osiągnąć wartości od 600 do 1200°C, przy równoczesnej ochronie przed utlenieniem. Ilość węgla w materiale wzrasta zatem do maksymalnej wartości przez usuwanie wszelkich lotnych materiałów zawartych w spoiwie. Te lotne materiały zapalają się niekiedy podczas działania; zjawisko to stanowi proces wypalania.

Ten proces wypalania przebiega w piecu komorowym, którego przegrody są ogrzewane, w wózkach jeżdżących w piecach tunelowych lub nawet w piecach elektrycznych, w których oporność grzejna utworzona jest przez sam ładunek. W celu zapobieżenia możliwości utleniania, wyroby przeznaczone do wypalania osadzane są na ogół w materiale redukującym takim jak koks lub antracyt w postaci ziarna.

W piecach komorowych gorące gazy krążą w przegrodach komór. Ponieważ niezbędne jest nagrzewanie wszystkich wyrobów znajdujących się w piecu zgodnie

2

z krzywą czas — temperatura, wyznaczoną z góry, ważne jest by po pierwsze różne punkty przegród grzejnych a po drugie różne punkty położone wewnątrz pojedynczej komory doprowadzone były do temperatury możliwie jednakowej.

Sposób przekazywania ciepła zmienia się podczas cyklu wypalania: kiedy gazy mają niską temperaturę, przekazywanie odbywa się głównie przez przewodzenie, w miarę wzrostu temperatury pojawia się przekazywanie przez promieniowanie we wzrastającej mierze, by nabrać dominującego znaczenia przy końcu cyklu, kiedy temperatura wypalanych wyrobów osiąga swoją wartość maksymalną. Z drugiej strony, gazy gorące tracą swoje ciepło wzdłuż swojej całej drogi; w danej chwili ścianki grzejnych przegród są o wiele chłodniejsze, ponieważ opłukiwane są przez gazy, które przebyły dłuższą drogę od chwili wejścia do pieca. Skutkiem tego niezbędnym jest stosowanie w piecu strumienia gorących gazów o dużej prędkości przepływu i temperatury możliwie niezbyt wysokiej. Wynikiem tego zabiegu jest skierowanie do komina znacznej ilości gazu, temperatura którego jest zbliżona do temperatury gazów wchodzących do przegród grzejnych.

W piecach ciągłych zawierających komory, cykl roboczy przemieszcza się z jednej komory do drugiej. W każdej chwili jedna komora zostaje zatrzymana i doprowadzona do stanu rozładowczo-załadowczego, przy czym wpuszczenie świeżego powietrza odbywa się na wlocie następnej komory, podczas gdy usunięcie

spalonych gazów następuje u wylotu z poprzedniej komory. Dokoła pieca, począwszy od tej zatrzymanej komory, znajdują się przede wszystkim komory podlegające chłodzeniu, w których świeże powietrze jest stopniowo ponownie nagrzewane, następnie komory kończące spiekanie, wyposażone w działające palniki i w końcu komory, które są w trakcie nagrzewania przez gazy spalinowe, opuszczające komory z chwilą zakończenia wypalania. Gazy opuszczające te ostatnie komory, kierowane są do komina u wylotu komory, która poprzedza zatrzymaną komorę.

Po ukończeniu jednego cyklu roboczego do komory, która poddana została czynności załadowczo-rozładowczej doprowadzone zostaje ciepło, a komora poddawana chłodzeniu i poprzedzająca bezpośrednio tę komorę, doprowadzana jest podczas swego obrotu do położenia czynności rozładowczo-załadowczej.

Piece te mają tę wadę, że nie wykazują zupełnie elastyczności pracy, gdyż wszelkie działanie podejmowane do zmodyfikowania temperatury jednej komory odbija się na pozostałych komorach. Z tego powodu ogień są trudne do kontrolowania, co czyni niemożliwym stosowanie tych pieców do wypalania surowych wyrobów o dużej zawartości smoły, które przeznaczone są do grafityzacji. Ponadto cykl roboczy jest długi, rzędu około 20 dni.

Należy dodać, że bardzo wysoka porowatość, a często pęknięcia występują w wyrobach wypalanych za pomocą pieców opisanych powyżej.

Piece tunelowe z ruchomymi wózkami składają się z tunelu wykonanego z materiału ogniotrwałego, w którym powietrze do spalania i wyroby, poddawane obróbce, załadowane na wózki z materiału ogniotrwałego i osadzone w materiale wypełniającym, utworzonym przez granulowany koks lub antracyt, krążą w przeciwnych kierunkach. Palniki umieszczone są w środkowym obszarze pieca. Wyroby wchodzi do pieca od strony wylotu gazów i nagrzewane są kosztem tych ostatnich, po czym przechodzą przed palnikiem, gdzie ich temperatura osiąga wartość maksymalną, i w końcu przesuwa się przez strefę chłodzenia, gdzie oddają kalorie świeżemu powietrzu wchodzącemu do pieca. Promieniowanie ze ścianek pieca przyczynia się oczywiście do wymiany ciepła.

Piece te wykazują wady, wynikające z obecności bezwładnych materiałów ogniotrwałych ścianek wózków i materiałów ogniotrwałych, których nagrzewanie zużywa niepotrzebnie energię i obecność których opóźnia przekazywanie ciepła, ograniczając w ten sposób szybkość wzrostu i spadku temperatury. Ponadto, ponieważ czynność ma być dokonywana w temperaturze rzędu od 1300 do 1350°C, to ścianki ogniotrwałe wózków mają jedynie krótką żywotność. W końcu sposób ten obejmuje kosztowne czynności pomocnicze przy ładowaniu i rozładowywaniu wózków.

Piece elektryczne typu oporowego zawierają dwie prądowe głowice zasilające, między którymi ułożone są wyroby do wypalania lub spiekania, osadzone zawsze w ich materiale wypełniającym. Ten ostatni, niezależnie od swego przeznaczenia jako osłony wsadu przed działaniem powietrza, służy tutaj jako opór podczas czynności początkowych, gdyż wyrób obrabiany jest izolatorem elektrycznym w stanie surowym i staje się przewodzącym dopiero w temperaturze około 650°C.

Ten materiał wypełniający działa również jako izolator cieplny.

Piece te mają poważne wady, które spowodowane są głównie przez niemożliwość uzyskania jednorodnego rozkładu wyrobu wypalanego i materiałów wypełniających. Wynikiem tego jest zły rozkład prądu elektrycznego w masie, a skutkiem tego — niejednorodny rozkład ciepła uwolnionego i osiągniętej temperatury. Skutek ten spotęgowany jest przez okoliczność, że przewodność elektryczna wyrobu wypalanego przechodzi bardzo szybko od bardzo niskiej wartości do wysokiej, kiedy temperatura wzrasta od wartości 600 do 650°, co nadal zwiększa koncentrację prądu elektrycznego w obszarach przegrzanych. Czyniono wysiłki, by przezwyciężyć tę wadę przez ograniczenie gęstości prądu w celu umożliwienia przewodności cieplnej wyrównania poziomu temperatury do pewnego stopnia. Wynikiem tego jest przedłużenie okresu wypalania i zmniejszenie wydajności, jednak bez zapobieżenia poważnej zmienności w jakości wyrobów, które są uzyskiwane. W końcu masa wyrobu wypełniającego jest bardzo duża, co powoduje znaczną stratę ciepła i bardzo kosztowne czynności przeładunkowo-transportowe.

Celem wynalazku jest opracowanie konstrukcji urządzenia, za pomocą którego w krótkim okresie uzyskuje się wyroby o jednorodnej jakości, które wolne są od pęknięć, przez nagrzewanie wyrobów przeznaczonych do spiekania, zwłaszcza gazem, który nie reaguje z wyrobami zawierającymi węgiel.

Cel ten uzyskano za pomocą urządzenia według wynalazku, które zawiera piec tunelowy posiadający dwie strefy, odpowiadające pierwszym dwu fazom, w którym to piecu wyroby przeznaczone do wypalania i gaz krąży w przeciwnych kierunkach, oraz układ chłodzenia, przy czym za piecem tunelowym znajduje się gazo-szczelna komora zawierająca elektryczny zespół grzejny wydzielający ciepło do wnętrza wyrobów wypalanych, posiadający układ do nagrzewania indukcyjnego, oraz elementy zaciskowe przeznaczone do wyrobu celem uzyskania przepływu do nich prądu, przy czym rury łączą strefy pieca tunelowego do wylotu dmuchawy, której wlot połączony jest z otwartym końcem strefy a wylot ten jest połączony z kominem, natomiast rury do doprowadzania świeżego powietrza zaopatrzone są w palniki skierowane w kierunku swobodnego końca strefy.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony schematycznie w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok do wypalania lub spiekania, a fig. 2 — piec tunelowy tego urządzenia z zewnętrznym obwodem krążenia gazów.

Wyroby zawierające węgiel, uzyskiwane są przez wypalanie surowego wyrobu, utworzonego z mieszaniny koksu i spoiwa, który jest wyciskany lub prasowany pod wysokim ciśnieniem, na przykład 350 barów, lub przez wibrowanie lub nawet przez połączenie tych dwóch sposobów.

Wyrób poddawany jest wewnętrznym naprężeniom. W rzeczywistości chociaż ulega rozszerzaniu skutkiem naprężania zawartego powietrza przy opuszczaniu matrycy wyciskowej lub przy wyjmowaniu z formy prasowniczej, naprężenia mechaniczne, spowodowane przez ciśnienie zawartego powietrza i gradient ciśnienia, istnieją w jego masie.

Podczas nagrzewania surowego wyrobu spoiwo podlega cieplnej przemianie, która powoduje, że przechodzi przez zwykłe fazy opisane poniżej, przy czym przybliżone graniczne wartości temperatury każdej fazy odpowiadają smole węglowej.

W mięknięcej fazie (do 100°C) spoiwo stopniowo mięknie bez dostrzegalnej zmiany wymiarów. W niepodlegającej przemianie fazie plastycznej (100–250°C) zmiękle spoiwo staje się we wzrastającym stopniu płynne bez utraty lotnych składników. Wyrób staje się całkowicie plastyczny, a to pozwala na uwolnienie naprężeń szczątkowych, pochodzących od obróbki (kształtowania) plastycznej. W tej strefie możliwe jest znalezienie pęknięcia wzdłuż kruchych powierzchni utworzonych podczas wyciskania lub prasowania przez oderwanie uwarstwionych stref skutkiem ciśnienia wywartego przez zawarte gazy w nieprzepuszczalnym wyrobie.

W fazie pęczniącej (250 do 450°C) wytwarza się główna część uwolnionych materiałów lotnych i stąd rozszerzenie plastycznej masy wyrobu. Rozszerzeniu temu nie towarzyszą pęknięcia lub rysy ze względu na plastyczność wyrobu. Podczas tej fazy ustala się przyszła makroporowatość spieczonego wyrobu. W fazie plastycznego kurczenia (450 do 480°C) uwalnianie lotnych materiałów zmniejsza się i stwierdzić można kurczenie się, któremu towarzyszy zmniejszenie średniej średnicy por.

W fazie ponownego krzepnięcia (480 do 500°C) następuje to ponowne krzepnięcie spoiwa bardzo nagle; dla danego materiału temperatura krzepnięcia ponownego zależy od szybkości wzrostu temperatury. Wskazane granice temperatury odpowiadają szybkościom wzrostu temperatury przekraczającym 10°C na godzinę.

W końcu faza zakrzepła (od 500°C) odpowiada dalszej obróbce wyrobu, który przechodzi przemianę swoich własności mechanicznych. Te ostatnie, niewielkie z początku, osiągają swoje wartości maksymalne przy temperaturze, która dla smoły branej pod uwagę wynosi około 950°C, by następnie pozostać zasadniczo stałą. Niebezpieczeństwo pęknięć w wyrobie zmniejsza się ze wzrostem temperatury. Nie istnieją one praktycznie, jeżeli masa nagrzewana jest bez ustalenia się tam znacznego gradientu temperatury.

W przypadku przemysłowego spiekania lub wypalania, wyrób spiekany może mieć znaczną objętość. Wyrób surowy odznacza się jednak niską przewodnością cieplną tak, że jeżeli nagrzewanie odbywa się od zewnątrz, istnieje gradient temperatury pomiędzy wnętrzem a powierzchnią wyrobu i w jednym wyrobie może wystąpić wówczas równocześnie kilka faz spiekania.

Dla prawidłowego przeprowadzenia procesu niezbędne jest zatem zapewnienie bardzo wolnego wzrostu temperatury do chwili zupełnego uwolnienia się od naprężeń szczątkowych, pochodzących od kształtowania, co jednak możliwe jest dla przyspieszenia tego wzrostu temperatury, jeżeli wyrób umieszczony zostanie w piecu bezpośrednio po jego ukształtowaniu bez pośredniego chłodzenia. Po odprężeniu (uwolnieniu się od tych szczątkowych naprężeń) wzrost temperatury może być bardzo szybki, przy czym przepuszczalność (obrzeża) powierzchni zezwala na znaczne uwolnienie lotnych materiałów bez obawy zmiany wymiarów wyrobu. W końcu należy utrzymywać jednakowy poziom tempera-

tury przed przejściem do fazy elektrycznego spiekania w celu ujednolicenia wyrobu.

Podczas stałej fazy, wyrób może wytrzymywać dość wysokie naprężenia. Strefa krytyczna istnieje jeszcze przy temperaturze odpowiadającej współczynnikowi maksymalnego skurczu, to jest około 750°C w przypadku smoły. Występuje wówczas niebezpieczeństwo pęknięcia na powierzchni (obrzeżu) spowodowane różnym kurczeniem się na powierzchni i we wnętrzu.

Według wynalazku zostało to rozwiązane przez dokonanie nagrzewania odpowiadającego stałej fazie w rzeczywistej masie wyrobu. W ten sposób wyeliminowany zostaje wszelki gradient temperatury między wnętrzem a powierzchnią wyrobu, co umożliwia, niezależnie od wyeliminowania pęknięć, spowodowanych przez ten gradient, użycie w innych fazach tylko gazów, które doprowadzone są do umiarkowanej temperatury. Od tam możliwe się staje zapewnienie krążenia gazu w zamkniętym obwodzie, przy czym wymieniony gaz otrzymuje kalorie równocześnie ze spalania lotnych par i pewnej liczby palników wbudowanych do pieca tak, że gaz ten może być chemicznie nieczynnny lub nawet działać redukująco, zapewniając w ten sposób osłonę wyrobu przed utlenianiem i eliminując potrzebę otaczania wyrobu warstwą ochronną, jak to jest niezbędne w przypadku znanych pieców. Ponadto gorący gaz ma o wiele niższą temperaturę niż w tych ostatnich piecach, przy czym jej wartość maksymalna jest rzędu 700 do 750°C zamiast 1300°C. Wynikiem tego jest prostsza budowa pieca, o wiele lepsza żywotność materiałów ogniotrwałych i bardzo obniżone koszty konserwacji.

Urządzenie przedstawione na fig. 1 posiada piec tunelowy 10, zawierający dwie strefy 1 i 2, które odpowiadają odpowiednio pierwszej strefie, znanej jako strefa nagrzewania, w której wyroby przechodzą od temperatury t_1 do temperatury t_2 , a gazy przechodzą od temperatury T_2 do temperatury T_1 , oraz drugiej fazy, znanej jako faza uwolnienia i spalania materiałów lotnych, w której wyroby przechodzą od temperatury t_2 do temperatury t_3 , a gazy od T_3 do T_2 , zamkniętą komorę 30, zaopatrzoną w elektryczne urządzenie grzejne, w której wyroby doprowadzane są od temperatury t_3 do temperatury t_4 , i w końcu układ chłodzący 40, znany jako taki, w którym wyroby chłodzone są od temperatury t_4 do t_5 .

Piec tunelowy 10 otrzymuje świeże powietrze u wylotu, przy czym powietrze to nagrzewa się od razu od wyrobu, podlegającego spiekaniu i palników 21 do temperatury T_3 ; u wylotu z pieca tunelowego powstaje zatem strefa, w której temperatura t_3 wyrobu podlegającego spiekaniu pozostaje w zasadzie stała i to umożliwia na ujednolnienie wyrobu, zanim wejdzie do komory 30. Gazy opuszczające piec tunelowy przy temperaturze T_1 kierowane są częściowo do komina 11, a częściowo z powrotem do pieca w obszarze znajdującym się po obu stronach złącza między strefami 1 i 2 za pośrednictwem rur 12.

Komorę 30 wyposażoną jest w wewnętrzne elektryczne urządzenie grzejne w postaci elementów 31 przyłożonych do wyrobów przeznaczonych do nagrzewania lub indukcyjnego aparatu grzejjego.

Układ chłodzący 40 może działać przez skrapianie wodą lub przez krążenie obojętnego gazu. Krążenie

spiekanych wyrobów w piecu tunelowym przeprowadzane jest za pomocą dowolnych znanych urządzeń; ciągłego przenośnika, toru krążkowego i urządzenia popychającego (pociągowego), lub dowolnych innych równoważnych urządzeń, mogących oprzeć temperaturze pieca.

Obliczenie parametrów urządzenia pokazanego na fig. 1 uzyskiwane jest znanymi sposobami; strefa nagrzewania wstępnego 1 tworzy przeciwbieżny wymiennik ciepła, podczas gdy strefa spalania materiałów lotnych 2 stanowi reaktor, w którym źródło energii utworzone jest częściowo przez spalanie lotnych materiałów uwolnionych przez wyrób i spalonych z doprowadzeniem powietrza 12, a częściowo przez palniki 21; wódór spalony zostaje zatem na parę wodną, a węgiel — na tlenek węgla, by otrzymać gorące gazy nie reagujące chemicznie lub redukujące, przy czym obecność pewnej ilości dwutlenku węgla w postaci gazowej nie przedstawia jakiegokolwiek niedogodności ze względu na hamujący wpływ tlenu węgla. Elektryczna komora grzejna musi zapewnić równomierny wzrost temperatury do około 1200°C w ciągu około dwudziestu minut; w tym celu zapewniona jest gęstość prądu równa co najmniej 10 amper na cm² w przypadku nagrzewania wykorzystującego efekt Joule'a. Dla wyrobów o złożonych kształtach lub małych wymiarach należy stosować nagrzewanie indukcyjne.

W piecu tunelowym 10 wyroby przesuwają się zgodnie ze strzałką 8 od strefy nagrzewania wstępnego 1 w kierunku strefy spalania 2. U wylotu z pieca tunelowego przechodzą one do komory 30, która stanowi elektryczną strefę nagrzewania 3, a następnie do układu chłodzącego 40, który stanowi strefę chłodzenia 4. Gorące gazy krążą w przeciwnym kierunku w piecu tunelowym, jak wskazuje strzałka 9.

Rysunek schematyczny na fig. 2 przedstawia układ pieca tunelowego. Przedstawiony tunel jest identyczny z tunelem na fig. 1, ale pokazany został ponadto obwód rurowy, którym krążą gazy na zewnątrz pieca 10. Gazy opuszczające piec przy temperaturze T_1 wchodzi najpierw do dmuchawy 13, skąd masa gazu równa masie dodanej przez spalania lotnych składników w strefie 2 łącznie z masą świeżego powietrza wpuszczonego do wlotu pieca, kierowana jest do kominu 11. Nadmiar gazów kierowany jest do obszaru położonego po obu stronach połączenia między strefami 1 a 2, korzystnie po przegrzaniu do temperatury T' w przegrzewaczu 14. W pewnych przypadkach przegrzewanie to może okazać się bezcelowym lub może być nawet zastąpione przez chłodzenie. Zawory 15 pozwalają na dowolny rozkład gazów wprowadzonych ponownie.

Jako przykład może służyć urządzenie zawierające piec tunelowy 10 o szerokości 1 m, wysokości 0,60 m i długości 15 m, z której 7 m służy dla strefy nagrze-

wania wstępnego 1 a 8 m dla strefy, w której odbywa się spalanie i ujednorodnienie temperatury, elektryczną komorę grzejną 30 o długości 0,50 m i układ chłodzący 40 o długości równej 0,50 m, utworzony przez wodoszczelny zbiornik zaopatrzony w urządzenie rozpylające wodę.

Wyrób surowy stanowi mieszanina koksu naftowego z 17% smoły węglowej sprasowana pod ciśnieniem 325 barów. Zarejestrowane temperatury są następujące:

$t_1 = 20^\circ\text{C}$ (temperatura otoczenia)	$T_1 = 150^\circ\text{C}$
$t_2 = 300^\circ\text{C}$	$T_2 = 400^\circ\text{C}$
$t_3 = 675^\circ\text{C}$	$T_3 = 720^\circ\text{C}$
$t_4 = 1200^\circ\text{C}$	
$t_5 = <400^\circ\text{C}$	

Piec ten przeznaczony jest do wypalania lub spiekania elektrod o wymiarach 40×83×50 cm, stanowiących masę 695 kg przy wydajności 3-ch sztuk na godzinę. Przez zwiększenie dopływu gazu możliwe jest zmniejszenie długości pieca tunelowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do wypalania lub spiekania wyrobów zawierających węgiel, za pomocą którego uzyskuje się w ciągu krótkotrwałego cyklu wyroby o jednordnej jakości i wolne od rys lub pęknięć na drodze nagrzewania wypalanych wyrobów częściowo gazem niereagującym chemicznie z wyrobami zawierającymi węgiel, przy czym wyroby wypalane przechodzą przez cztery fazy takie jak: nagrzewanie, uwolnienie i spalanie materiałów lotnych, nagrzewanie końcowe i chłodzenie, **znamiennie tym**, że ma piec tunelowy (10) zawierający dwie strefy (1 i 2) odpowiadające pierwszym dwom fazom i w którym wyroby wypalane i gaz krążą w przeciwnych kierunkach, oraz układ chłodzący (4), przy czym za piecem tunelowym znajduje się komora wodoszczelna (3), zawierająca elektryczny zespół grzejny, wydzielający ciepło od wewnątrz wypalanych wyrobów, który to zespół składa się z indukcyjnego układu grzejnego oraz elementów zaciskowych (31), przyłożonych do wyrobu, przy czym rury (11) znajdujące się w miejscu połączenia stref (1 i 2) pieca tunelowego, podłączone są do wylotu dmuchawy (13), który połączony jest z otwartym końcem strefy (1), przy czym wspomniany wylot połączony jest z kominem (11), a rury wlotowe (21) dla świeżego powietrza, zaopatrzone są w palniki skierowane w kierunku swobodnego końca strefy (2).

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że piec tunelowy zawiera strefę ujednorodnienia o stałej temperaturze (t_3) w jego obszarze końcowym.

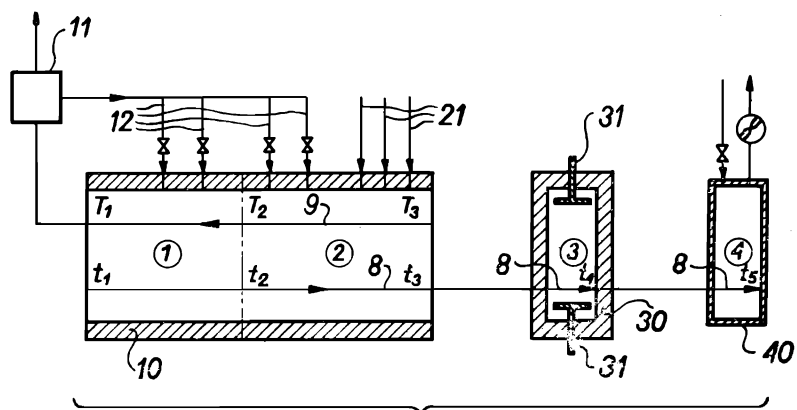


Fig. 1

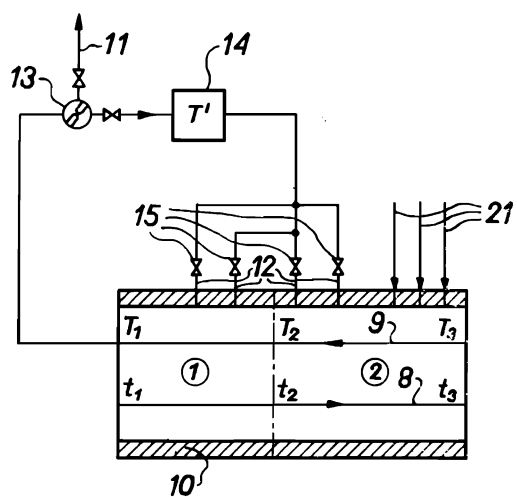


Fig. 2