

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

65 983

Patent dodatkowy
do patentu

Kl. 38h,1/02

Zgłoszono: 07.XI.1967 (P 123 447)

Pierwszeństwo: 14.XI.1966 Szwecja

MKP B27k 5/02

Opublikowano: 30.IX.1972

UKD

Właściciel patentu: AB Svenska Fläktfabriken, Nacka (Szwecja)

Sposób suszenia drewna

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób suszenia drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien do wilgotności poniżej punktu nasycenia włókien, dwufazowo w suszarni kanałowej podzielonej na dwie strefy wzdłuż których, niezależnie, przepływa gazowe medium suszące. Jak wiadomo, drewno należy suszyć bardzo ostrożnie celem uzyskania należytej jego jakości.

Na podstawie prób przeprowadzonych w suszarniach komorowych opracowano harmonogramy suszenia zawierające wskazówki dotyczące temperatur medium suszącego, wskazywanych odpowiednio przez termometry suchy i mokry v_d i v_w , które to temperatury są funkcją wilgotności suszonego drewna. Instrukcje podają różne zalecenia ze względu na różne gatunki i grubości drewna. Zalecenia takie zostały opracowane szczególnie w instytutach badania drewna w Anglii i USA. Zostaną one omówione szczegółowo w dalszym ciągu opisu.

Komplikacje występujące podczas suszenia drewna powstają przede wszystkim z powodu zmian kształtu i wymiarów komórek podczas ich wysychania i przejawiają się przede wszystkim w postaci tak poważnych wad jak na przykład pęknięcia. Sposób według wynalazku jest oparty na fakcie, że warunki napięcia powierzchniowego wywołujące w efekcie wyżej wspomniane zmiany w kształcie i wymiarach komórek podczas suszenia

2

są inne, kiedy woda opuszcza wnętrza komórek drewna a inne, kiedy opuszcza błony komórkowe.

Woda wolna, znajdująca się we wnętrzach komórek utrzymywana jest w komórkach przez siły kapilarne, podczas gdy woda w błonach komórkowych, tak zwana woda związana, jest utrzymywana przez silniejsze siły molekularne w systemie gel.

Podczas procesu suszenia najpierw zostaje usunięta woda wolna i wskutek tego wnętrza komórek pozostają odwodnione a następnie zostają wysuszone błony komórkowe.

Współczynnik wilgotności, przy którym wnętrza komórek są wysuszone gdy błony komórkowe pozostają jeszcze nasycone wodą, zwany jest współczynnikiem wilgotności nasycenia włókna i wynosi około 30% (obniża się on nieznacznie wraz ze wzrostem temperatury).

Podczas suszenia drewna o współczynniku wilgotności przewyższającym współczynnik wilgotności nasycenia włókna, przy przemieszczaniu się wody z wnętrza drewna na zewnątrz, gdzie ma miejsce parowanie, wytwarzają się kapilarne siły ssące. Wytworzony w ten sposób efekt ssania powoduje zmniejszenie objętości wnętrza komórki a następnie tak zwaną redukcję komórki. Redukcja ta w skrajnych przypadkach może dać w rezultacie tak zwane skurczenie (pofałdowanie) się komórki lub też częściowe oddzielenie się jednych komórek od drugich, przy których mogą powstać

pęknięcia. Takie komplikacje oznaczają praktyczną deformację komórek przez siły kapilarne.

Dla zapobieżenia tym komplikacjom, warunki suszenia muszą być tak dobrane, żeby komórki były na tyle sprężyste, aby mogły przeciwstawić się siłom kapilarnym bez plastycznej deformacji i pozostały nieuszkodzone do czasu uzyskania współczynnika wilgotności nasycenia włókna, przy którym zanika działanie sił kapilarnych. Można to osiągnąć przez odpowiednio niską temperaturę drewna w tej fazie suszenia i jednocześnie hamowanie działania ssania kapilarnego po przez odpowiednio wydłużony czas suszenia.

Podczas suszenia drewna o współczynniku wilgotności niższym od współczynnika wilgotności nasycenia włókna, woda związana (hygroskopijna) zostaje usunięta z błon komórkowych, co powoduje zsychnięcie błon komórkowych. To zsychnięcie się jest zarówno anizotropowe, to jest niejednakowe w różnych kierunkach jak i niejednorodne, w zależności od różnej właściwości zsychnięcia się poszczególnych części drewna na przykład sęki, twardzica, skręt włókien, przyrost wiosenny i letni i od spadku współczynnika wilgotności drewna w następstwie jego suszenia.

Wskutek tego siły zsychnięcia występujące podczas suszenia poniżej współczynnika wilgotności nasycenia włókna mogą być zrównoważone tylko przez plastyczną deformację drewna albo przez zewnętrzne zniekształcenia takie jak, krzywizna, wypaczenia, są nie pożądane, warunki suszenia muszą być tak dobrane, żeby doprowadzić do plastycznej deformacji drewna.

Doprowadzenie drewna do plastycznej deformacji jest możliwe przy dość wysokiej temperaturze drewna. Istnieje mianowicie taka temperatura graniczna, przy której drewno jest w zasadzie sprężyste a powyżej której jest w zasadzie plastyczne. Przy tej temperaturze nacisk zewnętrzny jest równoważony przez ciśnienie wewnętrzne. Zależność temperatury granicznej od współczynnika wilgotności drewna — krzywa granicy sprężysto-plastycznej została określona drogą doświadczalną.

W wyniku tych doświadczeń stwierdzono na przykład, że temperatura graniczna zbliżona do współczynnika wilgotności nasycenia włókna wynosi około 35° Celsjusza, a przy współczynniku wilgotności wynoszącym około 8% — około 80° Celsjusza. Nie przeprowadzono żadnych doświadczeń dla współczynnika wilgotności wyższego od współczynnika wilgotności nasycenia włókna, gdyż temperatura graniczna w takim przypadku utrzymuje się stale na poziomie około 35° Celsjusza, wskutek tego, że przy tym współczynniku wilgotności komórki są stale wypełnione wodą. Ponieważ woda znajdująca się we wnętrzach komórek nie ma wpływu na sprężysto-plastyczne właściwości błon komórkowych, właściwości te są takie same jak przy współczynniku wilgotności nasycenia włókna i tym samym temperatura graniczna utrzymuje się stale na poziomie około 35°C.

Celem wynalazku jest zapobieżenie uszkodzeniom drewna podczas suszenia, tak dobrać warunki suszenia, z uwagi na różny charakter napięć powstających podczas suszenia przy współczynni-

kach wilgotności niższych lub też wyższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna, żeby temperatura drewna przy współczynnikach wilgotności wyższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna znajdowała się poniżej krzywej granicy sprężysto-plastycznej, natomiast przy współczynniku wilgotności niższych od tego współczynnika znajdowała się powyżej tej krzywej.

Ponadto, wówczas gdy drewno ma wilgotność odpowiadającą punktowi nasycenia włókien, musi mieć miejsce gwałtowny przyrost temperatury. Wzrost temperatury będzie przeprowadzany stopniowo za pomocą środków, które muszą być proste i korzystne z ekonomicznego punktu widzenia.

Cel wynalazku został osiągnięty dzięki temu, że drewno o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien suszy się do wilgotności poniżej punktu nasycenia włókien, dwufazowo w suszarni kanałowej podzielonej na dwie strefy wzdłuż których niezależnie przepływa medium suszące, przy czym w pierwszej fazie suszenia do stopnia wilgotności bliskiej odpowiadającej punktowi nasycenia włókien, w którym to okresie suszenia, drewno utrzymywane jest w temperaturze która w każdej chwili jest niższa od temperatury odpowiadającej przedziałowi sprężystości i plastyczności dla danej wilgotności, natomiast w drugiej fazie suszenia drewno suszy się od stopnia wilgotności bliskiego odpowiadającego punktowi nasycenia włókien do wyznaczonego stopnia wilgotności, przy czym w początkowym okresie suszenia w tej fazie, zanim nastąpi wyraźny spadek wilgotności, temperaturę drewna raptownie podnosi się do wielkości wyższej od temperatury odpowiadającej przedziałowi sprężystości i plastyczności dla danej wilgotności, w taki sposób że temperatura termometru mokrego gazowego medium suszącego w drugiej strefie suszenia jest znacznie wyższa niż w pierwszej fazie do czasu wysuszenia drewna, natomiast w całym okresie suszenia w drugiej fazie drewno utrzymuje się w temperaturze przekraczającej temperaturę odpowiadającą przedziałowi sprężystości-plastyczności dla danej wilgotności.

Gwałtowny wzrost temperatury drewna przy wilgotności równej punktowi nasycenia włókien jest dokonywany w efektywny i korzystny sposób z ekonomicznego punktu widzenia przez wzrost temperatury (mokrego termometru) otaczającego suszącego medium i ostatnio wymieniony wzrost temperatury może być przeprowadzony w prosty sposób w suszarni tunelowej o podłużnej cyrkulacji, podzielonej na dwie strefy działania suszącego medium. Strefy te mogą być oddzielone rolowaną żaluzją. Każda ze stref jest wyposażona w oddzielne urządzenia wymuszające przepływ gazu medium suszącego przez strefę i urządzenia sterujące suchą i moką temperaturą medium suszącego w danej strefie.

Wynalazek ma szczególne zastosowanie do suszenia produktów drzewnych w postaci pni drewna lub innej, na przykład forniry, ze stanu wilgotnego do współczynnika wilgotności znacznie niższego od współczynnika wilgotności nasycenia włókna (8—12%), ale znajduje on również zasto-

sowanie, (szczególnie jeśli chodzi o urządzenie wyposażone w ogrzewanie energią wielkiej częstotliwości w drugiej strefie) do suszenia świeżo ściętych pni do współczynnika wilgotności wynoszącego około 20% (drewno eksportowe) w takich przypadkach, gdy wymagany jest krótki czas suszenia z uwagi na konieczną wysoką wydajność produkcji.

Wynalazek jest przykładowo wyjaśniony na rysunku, na którym fig. 1 — przedstawia w przekroju poziomym urządzenie do stosowania sposobu według wynalazku, fig. 2 i 3 — krzywą temperatury drewna podczas suszenia konwencjonalnymi sposobami, fig. 3 — wykres zawierający krzywą temperatury uzyskanej przy sposobie według wynalazku w porównaniu z krzywą otrzymaną w suszarce konwencjonalnej o krążeniu wzdłużnym.

W urządzeniu (fig. 1) pewna liczba stosów 1 drewna jest umieszczona przed wpustowymi drzwiami 2 suszarni 3 typu kanałowego o wzdłużnej cyrkulacji. Suszarka jest podzielona na dwie strefy 4 i 5, oddzielone od siebie zasuwą żaluzjową 6. W strefie 4 i 5 tunelu suszarki znajdują się odpowiednio sześć i cztery partie drewna 7 i 8. Całkowicie suche partie drewna opuszczają suszarkę co pewien czas przez wyladowczy otwór 9 w części wyjściowej suszarni 3. W chwili gdy kompletnie suche drewno opuszcza suszarkę, drzwi wpustowe 2 i zasuwę żaluzjową 6 otwiera się i pozostałe stopy drewna przesuwają się o jedno miejsce a następnie nowa partia drewna wprowadza przez otwór wpustowy.

Dwie strefy 4 i 5 suszarni są wyposażone w zasadzie w podobny sposób. Każda z nich zawiera dwa powrotne powietrzne kanały 10 i 11 znajdujące się po obu stronach właściwej komory suszarni i wyposażone w wentylatory cyrkulacyjne. 12 i 13 i ogrzewcze elementy 14 i 15, służące do ogrzewania krążącego suchego powietrza.

Elementy ogrzewcze są ogrzewane gorącą wodą. W ich kanałach powrotnych wmontowane są zawory 16 i 17 sterowane za pomocą regulatorów 18 i 19. Powrotne kanały powietrzne 10 są połączone z kanałami 20 wciągającymi powietrze wentylacyjne, oraz z kanałami 22 wyposażonymi w mechaniczne pochłaniacze 24 usuwające powietrze wentylacyjne. Kanały 11 mają otwory 21 zasysające powietrze wentylacyjne i otwory 23 wyposażone w mechaniczne pochłaniacze 25 usuwające powietrze wentylacyjne. Wymienione wyżej kanały wlotowy 20 i wylotowy 22 są połączone z wymiennikami ciepła 30, które wykorzystują ciepło wychodzącego wilgotnego powietrza do ogrzania powietrza wchodzącego.

Mechaniczne pochłaniacze 24 i 25 są odpowiednio sterowane za pomocą regulatorów 18 i 19. Regulatory otrzymują bodźce z przekładników umieszczonych w powrotnych kanałach 28 i 29 do kontroli temperatury suchego termometru i odpowiednio z przekładników 26 i 27 do kontroli mokrego termometru. Urządzenia kontrolne 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 28 i 29 utrzymują stałą temperaturę i wilgotność powietrza w czasie jego cyrkulacji wokół drewna.

W drugiej strefie omawianego urządzenia można

podwyższyć w stosunku do pierwszej strefy temperaturę i wilgotność krążącego suchego powietrza a przeto i temperaturę powietrza wskazaną przez termometr mokry. Ponieważ przy konwekcyjnym suszeniu, osuszany materiał przybiera w zasadzie temperaturę równą temperaturze osuszającego powietrza wskazaną przez mokry termometr, w drugiej strefie podwyższa się temperaturę drewna w porównaniu z pierwszą strefą. Długość stref i intensywność suszenia musi być tak dobrana, żeby drewno przechodziło z pierwszej strefy do drugiej w momencie, gdy jego współczynnik wilgotności jest równy współczynnikowi wilgotności nasycenia włókna.

Aby móc zrozumieć, jak zmienia się temperatura drewna podczas suszenia i porównać temperaturę drewna suszonego sposobem według wynalazku, należy wyjść ze znanego faktu, że tak długo, jak długo nie związana woda znajduje się w błonach komórkowych, to jest przy współczynnikach wilgotności wyższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna, temperatura drewna jest prawie że różna temperaturze środka osuszającego wskazananej przez mokry termometr V_w , a przy współczynnikach wilgotności niższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna, temperatura drewna stopniowo wzrasta zbliżając się do temperatury środka osuszającego wskazywanej przez suchy termometr V_d przy zmniejszającym się współczynniku wilgotności.

Wspomniany wzrost odbywa się początkowo w tempie zwiększającym się, zaś w późniejszej fazie — w tempie malejącym, gdy współczynnik wilgotności drewna zbliża się do wartości równowaznej współczynnikiem wilgotności drewna, która odpowiada temperaturze wskazywanej przez suchy i mokry termometr. Znając programy suszenia to jest temperatury V_d i V_w jako funkcję wilgotności drewna, można w ten sposób obliczyć temperaturę drewna jako funkcję współczynnika wilgotności.

Wykresy na fig. 2 i 3 przedstawiają krzywe temperatury drewna odkładanej na osi rzędnych jako funkcji współczynnika wilgotności drewna (podziałka na osi odciętych) przy suszeniu drewna sposobami znanymi. Uzyskana w ten sposób temperatura drewna jest dokładna przy współczynnikach wilgotności wyższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna, a przybliżona przy współczynnikach wilgotności niższych od tego współczynnika, lecz dostatecznie dokładna dla celów zamierzonego porównania. Współczynnik wilgotności nasycenia włókna, który zmniejsza się nieco wraz ze wzrostem temperatury drewna, został również oznaczony na wykresie jako gwałtownie opadająca krzywa. Krzywa granicy sprężysto-plastycznej jest zaznaczona linią przerywaną.

Wykres na fig. 2 przedstawia krzywą temperatur drewna uzyskaną przy zastosowaniu harmonogramów suszenia oznaczonych literami A, B, E i H. Harmonogramy te odznaczają się wielką liczbą zaleceń ze względu na różne gatunki i grubości drewna. Krzywą temperatury drewna można w zasadzie określić jako pionowy odpowiednik krzywej granicy sprężysto-plastycznej. Oznacza to, że zgodnie z tymi harmonogramami suszenia, tempe-

temperatura drewna w zasadzie przy wszystkich współczynnikach wilgotności leży wyłącznie powyżej albo wyłącznie poniżej krzywej granicy sprężysto-plastycznej. Przeto nie spełniają one warunków wynalazków polegających na tym, że temperatura drewna przy współczynnikach wilgotności wyższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna powinna być niższa od temperatury granicy sprężysto-plastycznej, natomiast przy współczynnikach wilgotności niższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna powinna być wyższa od wspomnianej temperatury granicznej.

Fig. 3 — przedstawia w ten sam sposób temperaturę drewna uzyskaną przy zastosowaniu pewnych typowych harmonogramów suszenia oznaczonych T2-C1, T6-D4, T10-F5, T12-05 i T14-B5, które zostały wypróbowane. Te zalecenia również nie odpowiadają warunkom wynalazku, ale dają w wyniku temperaturę drewna, która przy wszystkich współczynnikach wilgotności leży powyżej krzywej granicy sprężysto-plastycznej a nawet w przypadku metody T2-C1 wykazują temperaturę drewna, która przy współczynnikach wilgotności wyższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna leży powyżej krzywej granicy sprężysto-plastycznej, a przy współczynnikach wilgotności niższych od współczynnika wilgotności nasycenia włókna leży częściowo poniżej tej krzywej, co jest odwróceniem wymogów wynalazku.

Wykres na fig. 4 — przedstawia w podobny sposób krzywą temperaturę drewna uzyskaną podczas suszenia w konwencjonalnej suszarce o wzdłużnej cyrkulacji (krzywa 2), w której wskazywana przez mokry termometr temperatura powietrza suszącego wynosi około 32° a temperatura wskazywana przez suchy termometr w części wyjściowej — około 46°C, które to temperatury są normalne dla suszenia drewna eksportowego — oraz podczas suszenia sposobem i w urządzeniu według wynalazku (krzywa 1), w którym temperatura wskazywana przez mokry termometr w pierwszej strefie, to jest przy suszeniu drewna o współczynniku wilgotności wynoszącym 30% lub więcej, wynosi 32° Celsjusza a w drugiej strefie, to jest przy suszeniu drewna o współczynniku wilgotności wynoszącym 30% lub mniej, wynosi około 50° Celsjusza, zaś temperatura wskazywana przez suchy termometr w części wyjściowej wynosi około 64° Celsjusza.

Przy tym wyliczeniu założono, że obie porównywane suszarki mają jednakową pojemność, jednakową długość (długość przechodzącą przez nie drewna) i że przy suszeniu od współczynnika wynoszącego około 10% czas suszenia był ten sam. Temperatura drewna przedstawiona przez krzywą 2, to jest w suszarce konwencjonalnej, znajduje się

przez cały czas poniżej krzywej granicy sprężysto-plastycznej, podczas gdy temperatura drewna przedstawiona przez krzywą 1, to jest w urządzeniu według wynalazku przy współczynniku wilgotności wynoszącym 30% lub mniej znajduje się poniżej krzywej granicy sprężysto-plastycznej a następnie wzrasta gwałtownie do wartości przewyższającej tę krzywą.

W dalszym ciągu temperatura drewna utrzymuje się powyżej krzywej granicznej do czasu aż drewno zostanie w zasadzie całkowicie wysuszone, oznacza to, że temperatura drewna odpowiada wymogom niniejszego wynalazku. Kiedy drewno zostaje przemieszczone z pierwszej strefy suszarni do drugiej, w której temperatura powietrza osuszającego wskazywana przez mokry termometr jest wyższa, temperatura drewna w początkowym okresie znajduje się poniżej temperatury rosy w tej strefie, przy czym woda z powietrza osuszającego skrapla się na powierzchni drewna, tak że jego współczynnik wilgotności wzrośnie nieco podczas ogrzewania. Jest to korzystne zjawisko z punktu widzenia jakości drewna, ponieważ, w ten sposób łagodzi się przejście z jednej strefy do drugiej.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób suszenia drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien do wilgotności poniżej punktu nasycenia włókien, dwu fazowo w suszarce kanałowej podzielonej na dwie strefy wzdłuż których niezależnie przepływa gazowe medium suszące, **znamienny tym**, że w pierwszej fazie suszenia, drewno suszy się do stopnia wilgotności bliskiej odpowiadającej punktowi nasycenia włókien, w którym to okresie suszenia, drewno utrzymywane jest w temperaturze która w każdej chwili jest niższa od temperatury odpowiadającej przedziałowi sprężystości i plastyczności dla danej wilgotności, natomiast w drugiej fazie suszenia drewno suszy się do stopnia wilgotności bliskiego odpowiadającego punktowi nasycenia włókien do wyznaczonego stopnia wilgotności, przy czym w początkowym okresie suszenia w tej fazie zanim nastąpi wyraźny spadek wilgotności, temperatura drewna raptownie podnosi się do wielkości wyższej od temperatury odpowiadającej przedziałowi sprężystości dla danej wilgotności, w taki sposób, że temperatura termometru mokrego gazowego medium suszącego w drugiej strefie suszenia jest znacznie wyższa niż w pierwszej strefie do czasu wysuszenia drewna, natomiast w całym okresie suszenia w drugiej fazie drewno utrzymuje się w temperaturze przekraczającej temperaturę odpowiadającą przedziałowi sprężystości-plastyczności dla danej wilgotności.

Errata

łam	wiersz	jest	powinno być
3	30	zniekształcenia takie jak, krzywizna	zniekształcenia lub pęknięcia drewna. Ponieważ zewnętrzne zniekształcenia takie jak krzywizna
4	20	przepływa medium suszące,	przepływa gazowe medium suszące,
4	39	w pierwszej fazie	w pierwszej strefie
7	52	współczynnika wynoszącego	od współczynnika wilgotności wynoszącego około 110% do współczynnika
8	47	sprężystości dla danej wilgotności,	sprężystości i plastyczności dla danej wilgotności,

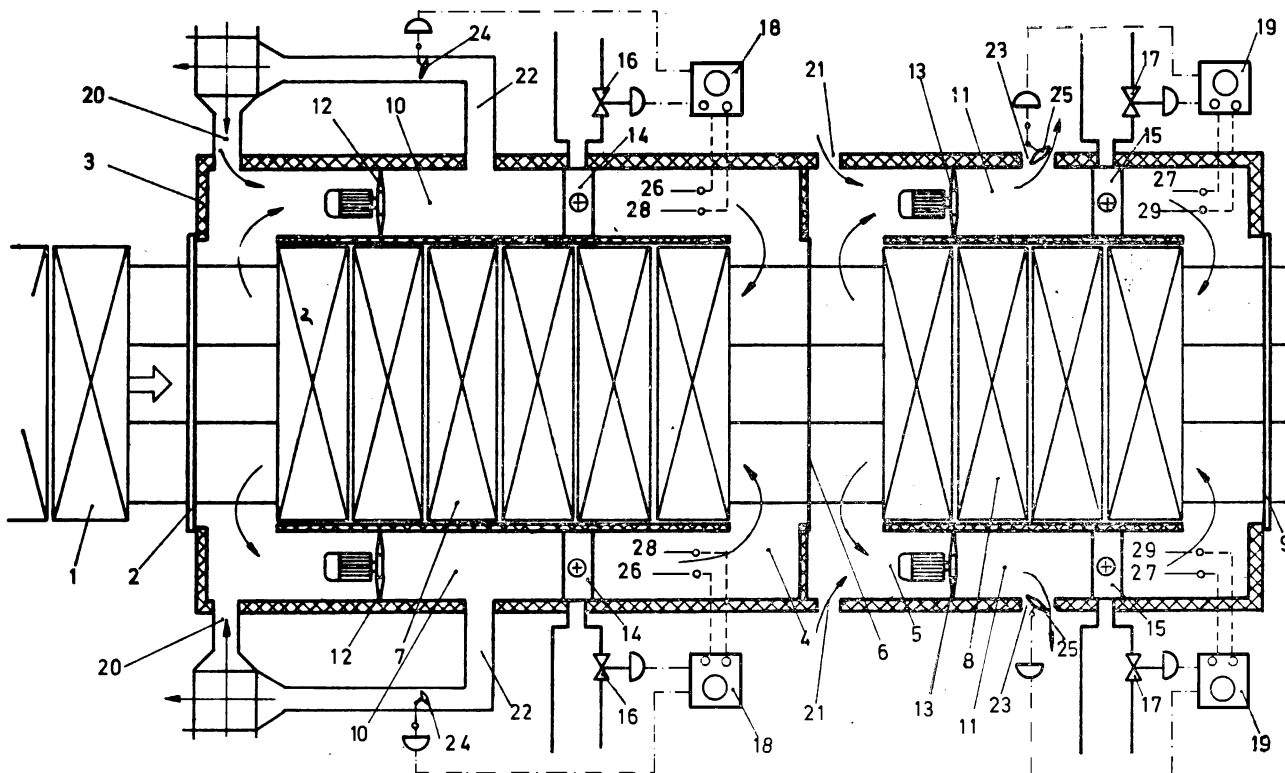


Fig. 1

Fig. 2

