

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **237340**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428715**

(22) Data zgłoszenia: **29.01.2019**

(51) Int.Cl.

**F26B 17/10 (2006.01)**

**F26B 3/02 (2006.01)**

**F26B 3/347 (2006.01)**

(54)

**Suszarnia konwekcyjno-fontanna**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**02.12.2019 BUP 25/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**06.04.2021 WUP 07/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, Białystok, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**KONRAD ROJCEWICZ, Białystok, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Paweł Miniuk**

**PL 237340 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest suszarnia konwekcyjno-fontanna przeznaczona do suszenia trocin.

Proces suszenia trocin w obecnej technologii przemysłowej, odbywa się za pomocą typowych i sprawdzonych linii suszarniczych. Linie suszarnicze, składające się z wielu urządzeń które są powszechnie wykorzystywane w firmach zajmujących się przeróbką odpadów otrzymanych przy różnego rodzaju obróbce drewna i materiałów drewnopochodnych. Najczęściej stosowanymi suszarniami do suszenia materiałów sypkich są suszarnie bębnowe oraz suszarnie taśmowe.

Znana z opisu patentowego FR2449257 suszarnia pneumatyczna w której wewnątrz korpusu umieszczony jest inny korpus lub korpus wypełniający, o podobnym cylindrycznym kształcie ze stożkowymi końcami, który znajduje się pomiędzy nim a korpusem zewnętrznym, tworząc pierścieniową przestrzeń dla przepływu gazu i cząstek.

Istotą wynalazku jest budowa suszarni konwekcyjno-fontannowej w której w górnej części komory suszarniczej znajduje się zasowa regulacji poduszki powietrznej, zaś na całej długości podajnika ślimakowego znajdują się generatory fal ultradźwiękowych. W części górnej suszarni na płaszczu zamocowana jest nagrzewnica wody zasilana spalinami, zaś w części dolnej komory suszarniczej znajduje się stożkowy zsyk ciężkich odpadów ze śluzą celkową. Suszarnia składa się z komory suszarniczej i dwóch płaszczy to jest płaszcz wewnętrzny i płaszcz zewnętrzny pomiędzy którymi nagrzewa się powietrze, a pomiędzy komorą a płaszczem przepływają gorące spaliny z pieca. Zewnętrzna część płaszcza posiada powierzchnię uźebrowaną. Wlot spalin w segmencie płaszcza posiada ukształtowania do wprowadzania spalin w ruch wirowy. Ślimak wprowadzający mokre trociny do komory suszarniczej ma zmniejszający się skok ślimacznicy i kończy się 200 mm przed końcem wylotu w komorze suszarniczej.

W górnej części wylotu spalin umieszczono wodny wymiennik ciepła do ogrzewania wody w instalacji sanitarnej pomieszczeń.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunkach, na których fig. 1 przedstawia schemat projektowanej suszarni fontannowej, fig. 2 – schemat oczyszczania trocin z użyciem śluzu celkowego, fig. 3 – schemat przepływu powietrza i spalin w suszarni fontannowej, zaś fig. 4 przedstawia jeden z segmentów suszarni wraz z radiatorami, zaś fig. 5 – schemat ukierunkowania w ruch wirowy spalin w suszarni.

W skład suszarni konwekcyjno-fontannowej wchodzi: 1-rura wylotowa powietrza, 2-rekuperator, 3-rura wylotowa kondensatu-odwodnienie, 4-komin wylotowy spalin, 5-nagrzewnica wodna, 6-zbiornik suchego pelletu, 7-wentylator- obroty sterowane za pomocą falownika, 8-generatory ultradźwięków, 9-zbiornik mokrego surowca, 10-zasowa regulacji poduszki powietrznej, 11-komora odseparowywania i dosuszania mokrych trocin, 12-cyklon, 13-piec, 14-pompa wodna, 15-rura wlotowa wody do gaszenia (system gaśniczy), 16-przepływomierz, 17-termopara (pomiar temperatury na wyjściu), 18-termopara (pomiar temperatury na wejściu), 19-rura wlotowa wody do gaszenia w podajniku ślimakowym (system PPOŻ), 20-rura wlotowa wody do gaszenia surowca w podajniku ślimakowym podajnika pieca (system PPOŻ), 21-zsyk ciężkich odpadów, 22-śluz celkowy, 23-rura wylotowa powietrza z komory suszarniczej, 24-nagrzewnica wody zasilana spalinami, 25-podajnik ślimakowy, 26-płaszcz zewnętrzny, 27-uźebrowany płaszcz wewnętrzny, 28-komora suszarnicza.

Głównym celem pracy jest modyfikacja istniejących suszarni fontannowych w kierunku zwiększenia jej wydajności, funkcjonalności, obniżenia emisji LZO oraz poprawy jakości uzyskanych trocin, zmniejszenia zapotrzebowania na energię elektryczną.

Zasowa 10, reguluje wysokość poduszki powietrznej w komorze suszarniczej. Ma ona za zadanie usunięcie nadmiaru powietrza z górnej części komory suszarniczej tak, żeby do komory dostarczyć możliwie jak największą ilość suchego powietrza i tym samym odebrać jak najwięcej wilgoci z trocin. Zwiększając wydajność wentylatora, dostarczamy do komory suszarniczej więcej powietrza, odbierając tym samym proporcjonalnie większą ilość wilgoci pod warunkiem, że temperatura i ciśnienie nie ulegną zmianie.

Dzięki zastosowaniu zasowy 10, będzie można dozować, za pomocą wentylatora 7, optymalną ilość powietrza, tak aby wilgotne trociny nie były wydmuchiwane ze strumieniem powietrza z komory suszącej suszarni. Reasumując, zawór ten pomaga dodatkowo regulować wilgotność trocin tak, żeby osuszone (posiadające odpowiednią wilgotność) wióry zostały wydmuchane przez rurę wylotową 23. Natomiast poprzez zasowę 10 zostaną usunięte wilgotne, nie spełniające warunków wilgotności wióry, które będą następnie odseparowywane w dyfuzorze 11 i przekierowane z powrotem do suszenia.

Usprawnienie to ma za zadanie zoptymalizowanie procesu suszenia. Regulacja ilości powietrza podawanej do komory suszarniczej jest bardzo ważnym parametrem pracy suszarni fontannowej. Poniżej opisano, w jaki sposób zwiększona ilość powietrza (w zależności od temperatury i ciśnienia) wpływa na proces suszenia.

Zawartość pary wodnej w jednostce objętości powietrza wilgotnego nie może przekroczyć określonej wielkości maksymalnej, zależnej od ciśnienia i temperatury. Ta maksymalna zawartość pary wodnej w powietrzu jest tym większa, im temperatura powietrza jest wyższa a ciśnienie niższe. Jeżeli w danych warunkach ciśnienia i temperatury, powietrze zawiera maksymalną ilość pary wodnej, mówimy że jest ono nasycone, w innym przypadku mamy powietrze nienasycone.

Kolejną modyfikacją wprowadzoną do suszarni jest rozwiązanie schematycznie przedstawione na fig. 2. Polega ono na zastosowaniu dolnej części komory suszarniczej pionowej rury ze stożkiem zakończoną śluzą celkową 22. Rozwiązanie to ma za zadanie usuwanie z komory suszarniczej, wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń, które grawitacyjnie opadają na dno komory. Dzięki temu, możliwe będzie łatwe odseparowanie piasku, kawałków drewna, kory, metalu, itp. w czasie pracy urządzenia. Natomiast wszystkie pożądane frakcje wiórów, bez piasku, kory i innych zanieczyszczeń będą efektywnie poddawane suszeniu. Udoskonalenie to spowoduje, że uzyskamy czysty surowiec przygotowany do dalszej przeróbki. Podobne rozwiązania nie są możliwe do zastosowania w innego typu suszarniach.

Ciepło potrzebne do ogrzania powietrza jest pobierane ze spalin pochodzących z pieca 13. W piecu mogą być spalane odpady, np. zrębki, kora drzewna, trociny, które nie są wykorzystywane w procesie pelletowania. Ruch spalin jest ukierunkowany w sposób wirowy tak, aby czas przebywania pomiędzy komorą suszarniczą 28, a płaszczem 27, był jak najdłuższy oraz równomiernie nagrzewał komorę suszarniczą.

Spaliny unosząc się ku górze, w końcowej fazie przepływu oddają ciepło do wymiennika wodnego 24, który jest kolejną innowacją zaproponowaną w suszarni. Gorąca woda może być wykorzystywana do wstępnego nagrzewania powietrza w nagrzewnicy 5 lub w okresie zimowym do ogrzewania pomieszczeń gospodarczych. Modyfikacja ta poprawia również bilans cieplny suszarni. Spaliny po oddaniu ciepła wychodzą na zewnątrz kominem 4.

Kolejną modyfikacją przedstawioną w konstrukcji suszarni fontannowej jest sposób nagrzewania dodatkowego powietrza suszącego. Powietrze przepływające przez płaszcz suszarniczy zostaje wstępnie ogrzane.

Dla poprawy efektywności wymiany ciepła w procesie suszenia, zewnętrzna część płaszcza będzie posiadała powierzchnię uźebrowaną (fig. 4).

Następną zaprezentowaną innowacją, jest zastosowanie opcji wstępnego podgrzewania wilgotnych trocin, np. z użyciem ultradźwięków. Trociny przed wprowadzeniem do komory suszarniczej będą wstępnie podgrzane, co w końcowym efekcie zintensyfikuje proces suszenia.

W celu poprawy bilansu cieplnego istnieje potrzeba zastosowania podgrzewania wsadu suszarni. Wskazane jest to w szczególności potrzebne w okresie zimowym. Doniesienia literaturowe, wskazują, że ultradźwięki, lub promieniowanie IR są wykorzystywane do wstępnego podgrzania trocin. Dodatkową opcją zaproponowaną w suszarni jest regulowany nadmuch powietrza za pomocą wentylatora 7. Podawana jest odpowiednia ilość powietrza do suszarni, a tym samym reguluje to wysokość poduszki powietrznej, w zależności od rodzaju i wielkości trociny. Ponadto, wydatkiem powietrza regulujemy wilgotność wychodzących z suszarni trocin. Funkcja ta pozostaje w korelacji z użytą ilością energii cieplnej.

Proponowana konstrukcja suszarni fontannowej, stanowi nowoczesne i kompleksowe rozwiązanie, nie prezentowane na chwilę obecną w literaturze fachowej. Szereg modyfikacji zaproponowanych w suszarni pozwoli na uzyskanie wysokiej jakości produktu, przy jednoczesnym obniżeniu jednostkowego zapotrzebowania energii w procesie suszenia, co zostanie potwierdzone, na podstawie analizy teoretycznej, w dalszej części.

Porównując istniejące na rynku suszarnie z prezentowaną, można teoretycznie stwierdzić że zapotrzebowanie na energię elektryczną będzie mniejsze o 10%. Wynika to z faktu, że suszarnia fontannowa pozbawiona jest napędów przeznaczonych do mieszania, lub poruszania złoża. W przypadku suszarni bębnowej występuje dodatkowy napęd obracający bęben, w przypadku w suszarni taśmowej, napęd poruszającego taśmę. Moc pozostałych napędów pozostaje na jednakowym poziomie (wentylatora, podajnika ślimakowego). Przykładowo w suszarni bębnowej o wydajności 300 [kg/h] moc zainstalowana wynosi w zależności od konstrukcji 10–15 [KW], a w prezentowanej suszarni około < 5 [KW].

**Przykładowe parametry techniczne proponowanej suszarni fontannowej**

Poniżej przedstawiono założone w pracy parametry techniczne suszarni.

Do głównych parametrów należy zaliczyć:

Wydajność: < 300 [kg/h].

Żądaną wilgotność trocin: 15%.

Powierzchnia grzewcza płaszcz zewnętrznego:  $P = 21,7$  [m<sup>2</sup>].

Objętość komory suszarniczej po zmianie:  $V = 1,2$  [m<sup>3</sup>].

Do tak ustalonych warunków pracy suszarni został dobrany wentylator typu:

NWW 10, o przekroju 16x13 [xx] o wydajność: 25 [m<sup>3</sup>/min]. Maksymalna prędkość obrotowa wentylatora wynosi: 1420 [obr/min]. Do jego napędu zastosowano silnik typ: SZJH o mocy 1,7 [KW]. Ciśnienie wentylatora: 140 [mm/H<sub>2</sub>O].

Poczyniono również założenia dotyczące wilgotności trocin przed i po suszeniu przedstawione poniżej:

– Wilgotność trocin wejściowych –  $X_1 = 40\%$ ;

– Wilgotność trocin po wysuszeniu –  $X_2 = 15\%$ .

Temperatura gazu suszącego na wejściu i po przejściu przez złożę założono odpowiednio:

– na wejściu –  $t_1 = 200^\circ\text{C}$ ,

– na wyjściu –  $t_2 = 75^\circ\text{C}$ ,

– temperatura wody w wymienniku ciepła przy pracy ciągłej  $70^\circ\text{C} - t_w = 15^\circ\text{C}$ .

Do produkcji spalin został dobrany piec typu Hamech AZS-200, o mocy 200 KWh, opalany biomasą typu trociny, odpady itp.

Trociny będą posiadały następujące parametry wyjściowe: trociny tartaczne, materiał – sosna.

Gęstość nasypowa materiału suchego,  $g = 1,54$  g/cm<sup>3</sup> [19] a średnica wirów od 3 do 8 mm.

Podsumowując, po dokonaniu założeń konstrukcyjnych suszarni fontannowej i wykonaniu podstawowych obliczeń bilansu cieplnego należy stwierdzić, że aby uzyskać 300 kg/h suchych trocin o wilgotności 15%, z trocin o wilgotności 40%, wymagane jest użycie 35814,9 kJ/h, czyli zapotrzebowanie na moc cieplną wyniesie 99,48 kWh. Zakładając 10% straty ciepła, zapotrzebowanie to wyniesie około 110 kWh. W związku z powyższym, dla zapewnienia stabilności pracy urządzenia wymagany jest piec o wyższej mocy 150–200 kWh. Najbliższą wielkością mocy cieplnej dostępny na miejscowym rynku, przystosowany do spalania biomasy piec jest o mocy 200 KWh, Hamech AZS-200.

Obliczenia te są wstępnymi założeniami poprzedzającymi badania na gotowym urządzeniu. Ponieważ podawana ilość powietrza do suszenia będzie zmieniać się bilans cieplny też będzie ulegać zmianie. Do tego trzeba uwzględnić zmienną wilgotność trocin oraz zmienne warunki atmosferyczne. Zapotrzebowanie na energię elektryczną jest o 10% niż w podobnych liniach suszarniczych. Wynika to z faktu, że suszarnia fontannowa pozbawiona jest napędów przeznaczonych do mieszania, lub poruszania złoża. Przykładowo w suszarni bębnowej o wydajności 300 [kg/h] moc zainstalowana wynosi w zależności od konstrukcji 10–15 [KW], a w prezentowanej suszarni około 5 [KW].

Wstępne badania na prototypie konstrukcji potwierdziły, że suszarnia ta znakomicie oczyszcza trociny z zanieczyszczeń tj. piasek, kamienie, metal, kora, większe kawałki drewna.

Urządzenie spełnia wszelkie normy bezpieczeństwa, emisji spalin itp. Urządzenie ze względu na duże niebezpieczeństwo samo zapłonu posiada system gaśniczy oraz system automatycznego wyłączenia linii.

System modułowy suszarni znakomicie sprawdza się podczas montażu gdyż eliminuje potrzebę wynajmowania do montażu kosztownych dźwigów. Suszarnia oprócz suszenia trocin, umożliwia czyszczenie surowca co jest nieosiągalne do tej pory dla innych suszarni tego typu. Najbardziej zanieczyszczone trociny będą nadawać się do dalszej przeróbki. Do tej pory nie nadające się do spalania w piecach domowych pellet powstały z zanieczyszczonych trocin, kierowane były jedynie do spalania w przystosowanych piecach przemysłowych. Natomiast najlepszy surowiec był przeznaczony np. do przydomowych pieców. Niestety najczystsze trociny (stolarskie) są najdroższe i najtrudniej je pozyskać. Dzięki zaproponowanemu nowemu rozwiązaniu będzie możliwe pozyskanie nowych źródeł surowca. Fakt ten pozwoli na obniżenie kosztów. Czystość przetwarzanych trocin znacząco też wpłynie na obniżenie kosztów związanych ze zużyciem urządzeń przetwarzających trociny np. matryc granuladora.

Odzysk ciepłej wody dodatkowo obniży koszty produkcji, poprzez ogrzewanie hal produkcyjnych z ciepła pobranego z powietrza które w podobnych urządzeniach emitowane było do atmosfery.

Urządzenie te daje przesłanki dzięki swoim zaletą na możliwość zastosowania w innych gałęziach przemysłu np. w przemyśle rolno spożywczym, czy chemicznym.

Linia suszarnicza musi być dostosowana do zmiennych warunków atmosferycznych i będzie posiadać przyjazną w użytkowaniu automatykę. Konstrukcja powinna być łatwa w montażu i przystosowana do transportu.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Suszarnia konwekcyjno-fontanna w skład której wchodzi zbiornik mokrego surowca, podajnik ślimakowy, komora suszarnicza, komora odseparowywania i dosuszania mokrych trocin, zbiornik suchego pelletu, instalacja rurowa wody i powietrza **znamienna tym**, że w górnej części komory suszarniczej (28) znajduje się zasuw regulacji poduszki powietrznej (10), zaś na całej długości podajnika ślimakowego (25) znajdują się generatory fal ultradźwiękowych (8), natomiast w części górnej suszarni na płaszczu (27) zamocowana jest nagrzewnica wody (24) zasilana spalinami, zaś w części dolnej komory suszarniczej (28) znajduje się stożkowy zsyp ciężkich odpadów (21) ze śluzą celkową (22) a cała suszarnia składa się z komory suszarniczej (28) i dwóch płaszczy (26), (27) to jest płaszcz wewnętrzny (27) i płaszcz zewnętrzny (26) pomiędzy którymi nagrzewa się powietrze, a pomiędzy komorą (28) a płaszczem (27) przepływają gorące spaliny z pieca (13).
2. Suszarnia konwekcyjno-fontanna według zastrz. 1 **znamienna tym**, że zewnętrzna część płaszcza posiada powierzchnię uźebrowaną.
3. Suszarnia konwekcyjno-fontanna według zastrz. 1 **znamienna tym**, że ukształtowanie wlotu spalin w segmencie płaszcza do wprowadzania spalin w ruch wirowy.
4. Suszarnia konwekcyjno-fontanna według zastrz. 1 **znamienna tym**, że w górnej części wylotu spalin umieszczono wodny wymiennik ciepła (24) do ogrzewania wody w instalacji sanitarnej pomieszczeń.
5. Ślimak wprowadzający mokre trociny do komory suszarniczej ma zmniejszający się skok ślimacznicy i kończy się 200 mm przed końcem wylotu w komorze suszarniczej.

## Rysunki

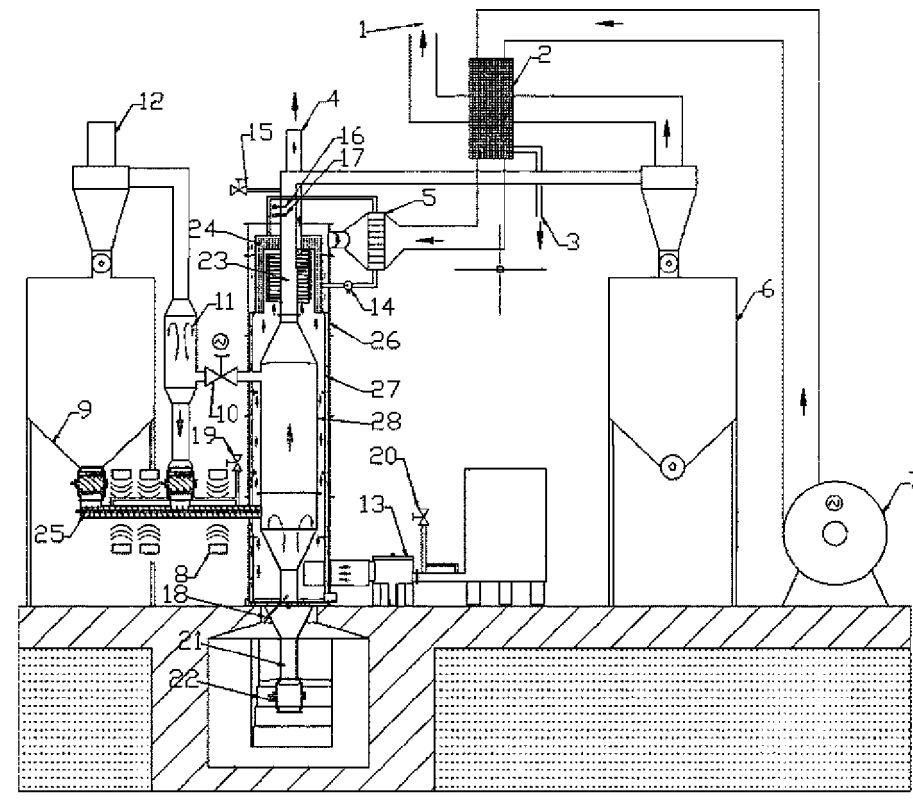


Fig. 1

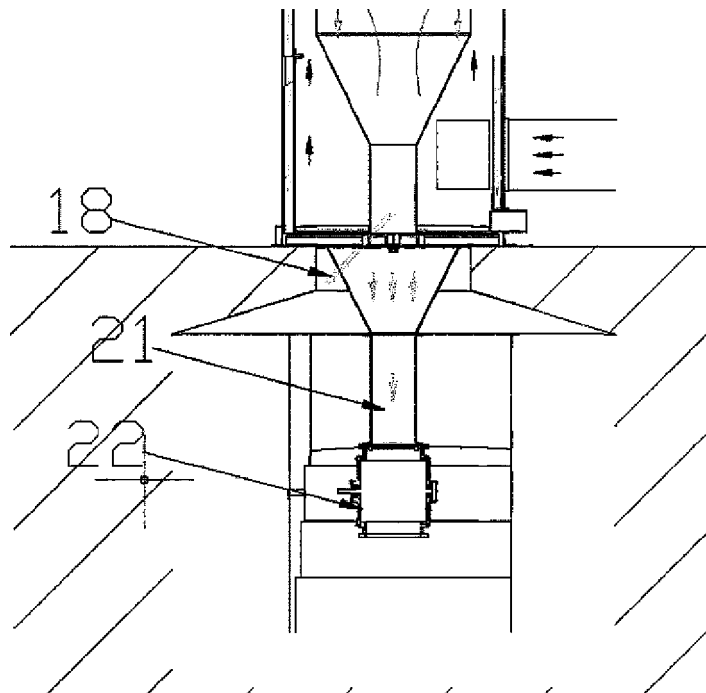


Fig. 2

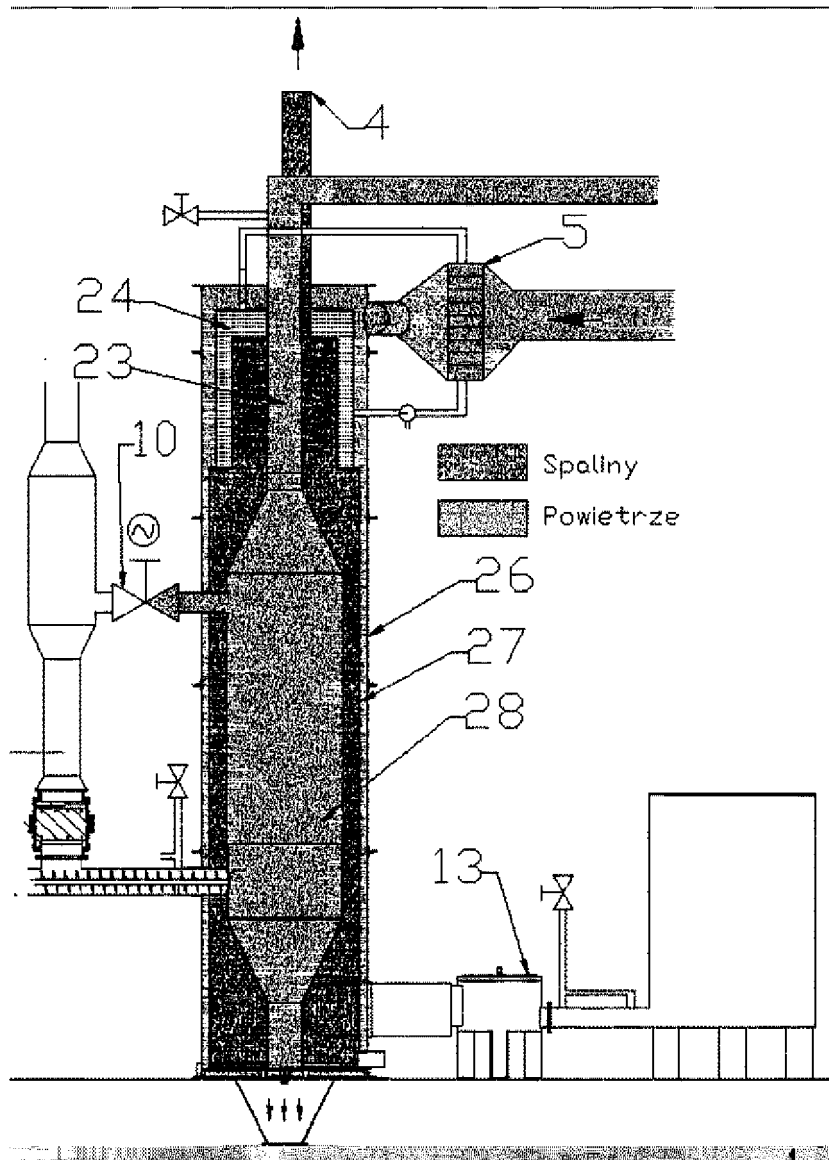


Fig.3

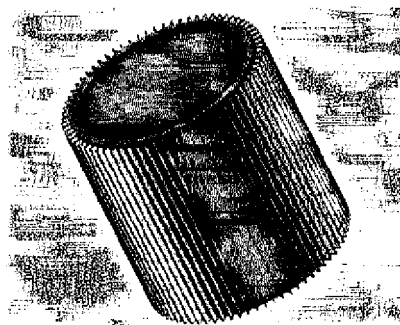


Fig.4

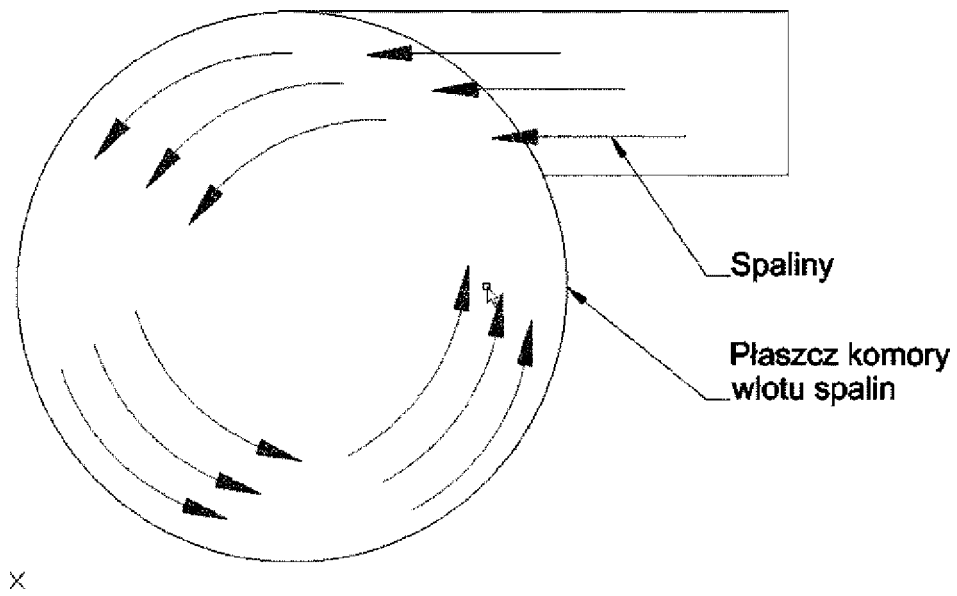


Fig.5