

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **234512**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **420734**

(22) Data zgłoszenia: **03.03.2017**

(51) Int.Cl.

F23L 1/00 (2006.01)

F23L 9/00 (2006.01)

F23J 15/02 (2006.01)

B03C 3/02 (2006.01)

(54) **Sposób niskoemisyjnego spalania paliw stałych i urządzenie do niskoemisyjnego spalania paliw stałych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
10.09.2018 BUP 19/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.03.2020 WUP 03/20

(73) Uprawniony z patentu:

**NORDFLAM SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ
SPÓŁKA KOMANDYTOWA, Cieszyn, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

ROBERT KUBICA, Kamieniec, PL

(74) Pełnomocnik:

recz. pat. Andrzej Rygiel

PL 234512 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku sposób niskoemisyjnego spalania paliw stałych i urządzenie do niskoemisyjnego spalania paliw stałych z wykorzystaniem elektrostatycznego mechanizmu odpylania oraz komory paleniska do spalania węgla i/lub biomasy wyposażonej w układ jonizacji strumienia powietrza dla elektrostatycznego usuwania pyłu ze strumienia spalin.

Znane są rozwiązania polegające na jonizacji strumienia spalin za urządzeniem grzewczym, dla ograniczenia emisji. Należy do nich urządzenie do elektrostatycznego wydzielania pyłu ze spalin z instalacji spalania paliw stałych małej mocy według polskiego zgłoszenia wynalazku nr P.409498.

Z niemieckiego opisu zgłoszenia patentowego nr DE102008049211 jest znany separator elektrostatyczny, w którego obudowie, u jej szczytu, są usytuowane naprzeciwko siebie wlot oczyszczanego gazu i wylot czystego gazu spalinowego. Odpylacz jest wyposażony w rurowy separator z jednobiegunowym jonizatorem koronowym, w którym to separatorze są wydzielane cząsteczki sadzy, które dalej opadają do zbiornika pyłu stożkowym kanałem, natomiast oczyszczony gaz wypływa z oddzielaacza wylotem usytuowanym w górnej części urządzenia.

Z niemieckiego opisu zgłoszenia patentowego nr DE102009030803 jest znany odpylacz elektrostatyczny do oczyszczania gazów spalinowych przy użyciu pola elektrostatycznego z komorą separatora zawierający elektrodę zasilaną z zasilacza wysokiego napięcia oraz rurową elektrodę ekranującą osłaniającą koncentrycznie elektrodę wyładowczą wysokiego napięcia. W górnej części odpylacza jest usytuowany izolator separujący komorę roboczą separatora od pokrywy odpylacza, natomiast w dolnej części komory separatora, nieopodal wylotu oczyszczonego gazu jest usytuowana elektroda ulotowa generująca wyładowanie koronowe.

Znane jest również ze zgłoszenia patentowego GB1455708 urządzenie do oczyszczania gazów przemysłowych, zawierające dysze rozpylające wyposażone w podłączone do zasilacza wysokiego napięcia elektrody jonizacyjne do elektryzowania kropli cieczy, które następnie przepływają pomiędzy parą elektrod płasko-równoległych zasilanych wysokim napięciem o zmieniającej się polaryzacji i wartości w celu wprawienia naelektryzowanych elektrycznie kropli cieczy w ruch oscylacyjny zig-zag. Według tego samego zgłoszenia, zamiast płyt równoległych mogą być zastosowane elektrody w postaci prętów ułożonych w równoległych rzędach, przy czym wszystkie pręty w rzędzie są podłączone naprzemiennie do różnych faz wysokiego napięcia trójfazowego lub wielofazowego. W urządzeniu tym cząstki pyłu, które znajdują się w przepływającym gazie nie są elektryzowane. Gaz oczyszczany w tego typu urządzeniu przepływa następnie do elektrofiltru, w którym usuwane są cząstki pyłu.

Nadto, z opisu patentowego US6365112 jest znane urządzenie do usuwania cząstek pyłu, w którym dysze rozpylacza są podłączone do zasilacza wysokiego napięcia prądu stałego lub przemiennego, przez co wytworzone krople cieczy posiadają ładunek elektryczny. Dysze są umieszczone w osi cylindrycznej komory skrubera, a wyloty dysz są skierowane poziomo w stronę ścian komory skrubera. Krople cieczy są rozpylane poprzecznie do kierunku przepływającego gazu. Oczyszczany gaz przepływa pionowo w górę poprzecznie do kierunku ruchu rozpylanych kropel. Zawieszenie dysz rozpylacza i izolator doprowadzenia wysokiego napięcia umieszczone są w komorze znajdującej się ponad komorą skrubera, przy czym do komory tej wdmuchiwane jest ciepłe powietrze zabezpieczające izolator i doprowadzenie wysokiego napięcia przed przedostawaniem się do tej komory kropli cieczy i cząstek z odpylanego gazu, natomiast same dysze są umieszczone bezpośrednio w komorze skrubera. Elektroda zbiorcza jest chłodzona wodą w celu kondensacji pary wodnej i innych uwodnionych zanieczyszczeń gazowych.

We wszystkich przypadkach wydzielanie pyłu ze strumienia zapyłonych spalin i osadzenie na powierzchni elektrody zbiorczej, ścianek korpusu, zachodzi pod wpływem siły elektrostatycznej. Ziarna pyłu uzyskują ładunek elektrostatyczny w wyniku zderzeń ze zjonizowanymi cząsteczkami gazu lub cieczy. Źródłem ładunku jest jednoimienne wyładowanie koronowe, powstające na elektrodzie ulotowej, przez doprowadzenie zasilania prądem stałym wysokiego napięcia. Wskutek jonizacji gazu i dalej ziaren pyłu następuje ruch cząstek pyłu w kierunku elektrody osadczej.

Rozwiązania te różnią się jednak istotnie od przedmiotu wynalazku gdyż jonizacji poddawane są spaliny a nie powietrze wprowadzane do komory spalania.

Z amerykańskich opisów patentowych o numerach US 07/392,752, US4308844 oraz US4519357 znany jest sposób poprawy procesu spalania przez jonizację powietrza podawanego do komory spalania. Rozwiązania te obejmują jednak wyłącznie silniki z zamkniętą komorą spalania zasilane paliwem gazowym lub ciekłym. Rozwiązanie stanowiące przedmiot wynalazku znajduje zastosowanie w urządzeniach grzewczych takich jak kotły, piece i kominki opalanych paliwami stałymi. Układy te co

do swej konstrukcji i natury procesu spalania znacząco różnią się od przedmiotu wynalazku ponadto ich stosowanie ma na celu przede wszystkim poprawę sprawności procesu spalania i nie odnosi się do ograniczenia emisji pyłów z procesu spalania.

Celem wynalazku jest opracowanie konstrukcji paleniska do spalania paliw stałych, węgla i biomasy wykorzystywanego w urządzeniach grzewczych, zarówno w kotłach, kominkach jak i piecach, o znacznie niższej emisji pyłu, czyli cząstek stałych, również cząstek drobnych i submikronowych.

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń w rozwiązaniu według wynalazku jest wynikiem wydzielenia pyłu ze strumienia zapyłonych spalin i osadzenie na powierzchni elektrody zbiorczej lub elementach korpusu urządzenia grzewczego, w kanale odlotowym spalin, pod wpływem siły elektrostatycznej. Ponadto emisja zanieczyszczeń jest ograniczana wskutek korzystnego oddziaływania wolnych elektronów obecnych w zjonizowanej gazie na proces dopalania składników palnych uwalnianych ze złoża paliwa stałego dla osiągnięcia całkowitego i zupełnego spalania części palnych. Ziarna pyłu pierwotnego oraz składniki palne i produkty spalania, będące prekursorami cząstek stałych uzyskują ładunek elektrostatyczny w wyniku zderzeń ze zjonizowanymi cząsteczkami gazu, mieszaniny spalin i powietrza. Ładunki elektrostatyczne wprowadzane są do komory spalania wraz z powietrzem, zarówno drugorzędowym jak i trzeciorzędowym, w zależności od rozwiązania procesu spalania w urządzeniu grzewczym. Źródłem ładunku jest jednoimienne wyładowanie koronowe, wytwarzane w układzie jonizacji przez doprowadzenie zasilania prądem stałym wysokiego napięcia. Wskutek jonizacji powietrza i dalej mieszaniny powietrza i spalin, po czym ziaren pyłu oraz prekursorów pyłu następuje ruch cząstek pyłu pierwotnego oraz kondensujących drobin aerozolu w kierunku elektrody osadczącej.

Sposób niskoemisyjnego spalania paliw stałych wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne doprowadzane do komory spalania urządzenia grzewczego w ilości stechiometrycznej z nadmiarem właściwym dla danego paliwa stałego z podziałem tego powietrza na pierwszorzędowe i drugorzędowe albo pierwszorzędowe, drugorzędowe i trzeciorzędowe, według wynalazku charakteryzuje się tym, że powietrze atmosferyczne o temperaturze otoczenia od -30 do $+40^{\circ}\text{C}$, przed wprowadzeniem do procesu spalania poddawane jest jonizacji jednoimiennym wyładowaniem koronowym, wytwarzanym wskutek podłączenia zasilania prądem stałym o wysokim napięciu o wartości do 20 kV, po czym zjonizowane powietrze dzielone jest na strumień powietrza pierwszorzędowego, drugorzędowego albo pierwszorzędowego, drugorzędowego i trzeciorzędowego i dostarczane jest do procesu spalania.

Urządzenie do niskoemisyjnego spalania paliw stałych zawierające palenisko pieca lub kominka wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne z jego dystrybucją na pierwszorzędowe i drugorzędowe albo pierwszorzędowe, drugorzędowe i trzeciorzędowe, według wynalazku charakteryzuje się tym, że komora paleniska w układzie doprowadzenia powietrza, korzystnie powietrza trzeciorzędowego, wyposażona jest w generator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych składający się z co najmniej jednej elektrody ulotowej zamontowanej w izolatorze elektrycznym, podłączonej do zasilacza prądu stałego wysokiego napięcia.

Urządzenie do niskoemisyjnego spalania paliw stałych zawierające palenisko kotła wykorzystujące w procesie spalania powietrze atmosferyczne z jego dystrybucją na pierwszorzędowe i drugorzędowe, według wynalazku charakteryzuje się tym, że komora paleniska w układzie doprowadzenia powietrza, korzystnie powietrza drugorzędowego, wyposażona jest w generator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych składający się z co najmniej jednej elektrody ulotowej, zamontowanej w izolatorze elektrycznym, zasilanej z zasilacza prądu stałego wysokiego napięcia umieszczonej w kanałach doprowadzenia powietrza do komory paleniska, korzystnie wykonanych z ceramicznego izolatora elektrycznego.

Rozwiązanie według wynalazku prowadzi do istotnego ograniczenia emisji zanieczyszczeń, w szczególności pyłu ze spalania paliw stałych w urządzeniach grzewczych wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne, konstrukcja według wynalazku, charakteryzuje się tym, że na dolocie powietrza atmosferycznego doprowadzanego do procesu spalania w temperaturze otoczenia od -30 do $+40^{\circ}\text{C}$, w ilości stechiometrycznej z nadmiarem właściwym dla danego paliwa stałego, zabudowany jest jonizator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych współpracujący z modułem wysokiego napięcia o wartości do 20 kV, po czym zjonizowane w generatorze ładunków elektrostatycznych powietrze dzielone jest na strumień powietrza pierwszorzędowego, drugorzędowego i/lub trzeciorzędowego skąd dostarczane jest do urządzenia grzewczego do realizacji procesu spalania.

Zgodnie z wynalazkiem sposób prowadzenia procesu polega na jonizacji powietrza do spalania przez to wprowadzenie siły elektrostatycznej umożliwiającej zatrzymywanie w urządzenie pyłu pier-

wotnego powstającego w procesie spalania paliw stałych, co korzystnie ogranicza emisję pyłu z urządzenia grzewczego.

Sposób według wynalazku może być stosowany w urządzeniach grzewczych małej i średniej mocy, w tym kominkach, piecach i kotłach został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, gdzie na fig. 1 pokazano zastosowanie tego sposobu w kominkach i piecach, fig. 2 pokazano zastosowanie tego rozwiązania w piecach opalanych paliwami stałymi, węglem i biomasą, fig. 3 pokazano zastosowanie tego rozwiązania w kominkach i piecach posiadających układ dystrybucji powietrza na pierwszorzędowe, drugorzędowe, fig. 4 pokazano zastosowanie tego rozwiązania w kotłach posiadających układ dystrybucji powietrza na pierwszorzędowe, drugorzędowe, fig. 5 pokazano przekrój wzdłużny kominka albo pieca, fig. 6 pokazano przekrój poprzeczny kominka albo pieca, fig. 7 pokazano w widoku z boku dolną część wnętrza kominka albo pieca, fig. 8 pokazano w widoku z przodu kominek albo piec od strony elektrody ulotowej, a na fig. 9 pokazano w widoku z góry wnętrze kominka albo pieca od strony kanałów elektrody ulotowej.

W zależności od aranżacji procesu spalania, to jest stopniowania powietrza podawanego do komory spalania **1**, czyli podziału na pierwotne – 1 rzędu **2**, wtórne – 2 rzędu **3** i trzeciorzędowe **4**, jonizator **5** zabudowany jest na strumieniu powietrza pierwszorzędowego **2**, drugorzędowego **3** lub drugo- i trzeciorzędowego **3** i **4**, jeśli to ostatnie jest wprowadzane do urządzenia. Jonizacja następuje w układzie jonizatora jednoimiennych ładunków elektrostatycznych **5** zasilanego modulem wysokiego napięcia **6**. Przepływ powietrza może być wywoływany ciągiem kominowym, ciągiem naturalnym lub ciągiem wymuszonym za pomocą wentylatora wyciągowego lub powietrze może być podawane do urządzenia wentylatorem podmuchowym.

Przykład I. Sposób spalania paliw stałych w urządzeniach grzewczych wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne charakteryzuje się tym, że na dolocie powietrza atmosferycznego o temperaturze otoczenia -30°C , które podawane jest do komory spalania urządzenia grzewczego w ilości stechiometrycznej z nadmiarem właściwym dla danego paliwa stałego, zabudowany jest jonizator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych **5** współpracujący z modulem wysokiego napięcia **6** o wartości do 20 kV, powietrze zjonizowane w generatorze ładunków elektrostatycznych **5** dzielone jest na strumień powietrza pierwszorzędowego **2** i drugorzędowego **3** skąd dostarczane jest do urządzenia grzewczego **1** do realizacji procesu spalania (Fig. 3).

Przykład II. Sposób spalania paliw stałych w urządzeniach grzewczych wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne charakteryzuje się tym, że na dolocie powietrza atmosferycznego o temperaturze otoczenia $+40^{\circ}\text{C}$, które podawane jest do komory spalania urządzenia grzewczego w ilości stechiometrycznej z nadmiarem właściwym dla danego paliwa stałego, zabudowany jest jonizator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych **5** współpracujący z modulem wysokiego napięcia **6** o wartości do 20 kV, po czym zjonizowane w generatorze ładunków elektrostatycznych **5** dzielone jest na strumień powietrza pierwszorzędowego **2** i drugorzędowego **3** skąd dostarczane jest do urządzenia grzewczego **1** do realizacji procesu spalania (Fig. 4).

Przykład III. Sposób spalania paliw stałych w urządzeniach grzewczych wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne charakteryzuje się tym, że na dolocie powietrza atmosferycznego o temperaturze otoczenia $+40^{\circ}\text{C}$, które podawane jest do komory spalania urządzenia grzewczego w ilości stechiometrycznej z nadmiarem właściwym dla danego paliwa stałego, zabudowany jest jonizator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych **5** współpracujący z modulem wysokiego napięcia **6** o wartości do 20 kV, po czym zjonizowane w generatorze ładunków elektrostatycznych **5** dzielone jest na strumień powietrza pierwszorzędowego **2**, strumień powietrza drugorzędowego **3** i strumień powietrza trzeciorzędowego **4** skąd dostarczane jest do urządzenia grzewczego **1** do realizacji procesu spalania (Fig. 1, 2).

Zgodnie z wynalazkiem niskoemisyjna komora paleniskowa kominka albo pieca (Fig. 5) do spalania paliw stałych z elektrostatycznym układem odpylania wyposażona jest w generator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych, jonizator składający się z metalowej elektrody ulotowej **7**, gdzie generowane jest wyładowanie koronowe zamontowanej w izolatorze ceramicznym **8** zapobiegającym startom prądu do korpusu urządzenia, zasilanej prądem stałym o wysokim napięciu z zasilacza **9**, jonizującym powietrze doprowadzane do spalania w urządzeniu, w szczególności powietrze trzeciorzędowe, które doprowadzane jest kanałami wykonanymi z ceramicznego izolatora elektrycznego **10** umiejscowionymi jest na tylnej ścianie komory, na wysokości gwarantującej podawanie powietrza w strefę wysokich temperatur. Takie rozwiązanie konstrukcyjne wprowadza mechanizmy wydzielania pyłu ze strumienia spalin i trwałego zatrzymania w urządzeniu, przez co korzystnie ograniczona zostaje emisja pyłu.

Zgodnie z wynalazkiem niskoemisyjna komora paleniskowa kominka albo pieca (Fig. 7) do spalania paliw stałych z elektrostatycznym układem odpylania wyposażona jest w generator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych, jonizator składający się z metalowej elektrody ulotowej **7**, gdzie generowane jest wyładowanie koronowe zamontowanej w izolatorze ceramicznym **8** zapobiegającym startom prądu do korpusu urządzenia, zasilanej prądem stałym o wysokim napięciu z zasilacza **9**, jonizującej powietrze doprowadzane do spalania w urządzeniu, w szczególności powietrze drugorzędowe, które doprowadzane jest kanałami wykonanymi z ceramicznego izolatora elektrycznego **10** umiejscowionymi jest na tylnej ścianie komory, na wysokości gwarantującej podawanie powietrza w strefę wysokich temperatur, powyżej rusztu **11** lub palnika. Takie rozwiązanie konstrukcyjne wprowadza mechanizmy wydzielania pyłu ze strumienia spalin i trwałego zatrzymania w urządzeniu, przez co korzystnie ograniczona zostaje emisja pyłu.

Urządzenie do niskoemisyjnego spalania paliw stałych zawierające komorę paleniska pieca i/lub kominka do spalania paliw stałych wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne ma na dolocie powietrza atmosferycznego o temperaturze otoczenia $+20^{\circ}\text{C}$, które podawane jest do komory spalania urządzenia grzewczego w ilości stechiometrycznej z nadmiarem właściwym dla danego paliwa stałego, zabudowany jest jonizator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych zbudowany z jednej lub kilku elektrod ulotowych **6**, gdzie generowane jest wyładowanie koronowe zamontowanych w ceramicznym izolatorze **7** korzystnie eliminującym straty prądu elektrycznego do korpusu urządzenia grzewczego **8**, przy czym elektrody zasilane są prądem o wysokim napięciu, korzystnie o wartości do 20 kV, z zasilacza **9**, a zjonizowane na nich powietrze trzeciorzędowe, podawane do strefy spalania jest kanałami **10**, wykonanymi z ceramicznego izolatora elektrycznego korzystnie ograniczającego straty ładunków elektrycznych do korpusu urządzenia, umieszczonymi na wysokości gwarantującej podanie powietrza, korzystnie w strefę wysokich temperatur.

Urządzenie do niskoemisyjnego spalania paliw stałych zawierające komorę paleniska kotła do spalania paliw stałych wykorzystującego w procesie spalania powietrze atmosferyczne ma na dolocie powietrza atmosferycznego, korzystnie drugorzędowego, o temperaturze otoczenia $+20^{\circ}\text{C}$, które podawane jest do komory spalania urządzenia grzewczego w ilości stechiometrycznej z nadmiarem właściwym dla danego paliwa stałego, zabudowany jest jonizator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych zbudowany z jednej lub kilku elektrod ulotowych **6**, gdzie generowane jest wyładowanie koronowe zamontowanych w ceramicznym izolatorze **7** korzystnie eliminującym straty prądu elektrycznego do korpusu urządzenia grzewczego **8**, przy czym elektrody zasilane są prądem o wysokim napięciu, korzystnie o wartości do 20 kV, z zasilacza **9** a zjonizowane na nich powietrze drugorzędowe podawane do strefy spalania jest kanałami **10**, wykonanymi z ceramicznego izolatora elektrycznego korzystnie ograniczającego straty ładunków elektrycznych do korpusu urządzenia, umieszczonymi na wysokości gwarantującej podanie powietrza ponad palnik i/albo ruszt **11**, korzystnie w strefę wysokich temperatur.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób niskoemisyjnego spalania paliw stałych wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne doprowadzane do komory spalania urządzenia grzewczego w ilości stechiometrycznej z nadmiarem właściwym dla danego paliwa stałego z podziałem tego powietrza na pierwszorzędowe i drugorzędowe albo pierwszorzędowe, drugorzędowe i trzeciorzędowe, **znamienny tym**, że powietrze atmosferyczne o temperaturze otoczenia od -30 do $+40^{\circ}\text{C}$, przed wprowadzeniem do procesu spalania poddawane jest jonizacji jednoimiennym wyładowaniem koronowym, wytwarzanym wskutek podłączenia zasilania prądem stałym o wysokim napięciu o wartości do 20 kV, po czym zjonizowane powietrze dzielone jest na strumień powietrza pierwszorzędowego, drugorzędowego albo pierwszorzędowego, drugorzędowego i trzeciorzędowego i dostarczane jest do procesu spalania.
2. Urządzenie do niskoemisyjnego spalania paliw stałych zawierające palenisko pieca lub kominka wykorzystujących w procesie spalania powietrze atmosferyczne z jego dystrybucją na pierwszorzędowe i drugorzędowe albo pierwszorzędowe, drugorzędowe i trzeciorzędowe, **znamiennie tym**, że komora paleniska (**6**) w układzie doprowadzenia powietrza, korzystnie powietrza trzeciorzędowego, wyposażona jest w generator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych składający się z co najmniej jednej elektrody ulotowej (**7**) zamontowanej w izolatorze elektrycznym (**8**), podłączonej do zasilacza prądu stałego wysokiego napięcia (**9**).

3. Urządzenie do niskoemisyjnego spalania paliw stałych zawierające palenisko kotła wykorzystujące w procesie spalania powietrze atmosferyczne z jego dystrybucją na pierwszorzędowe i drugorzędowe, **znamiennie tym**, że komora paleniska (6) w układzie doprowadzenia powietrza, korzystnie powietrza drugorzędowego, wyposażona jest w generator jednoimiennych ładunków elektrostatycznych składający się z co najmniej jednej elektrody ulotowej (7), zamontowanej w izolatorze elektrycznym (8), zasilanej z zasilacza prądu stałego wysokiego napięcia (9) umieszczonej w kanałach doprowadzenia powietrza do komory paleniska (10), korzystnie wykonanych z ceramicznego izolatora elektrycznego.

Rysunki

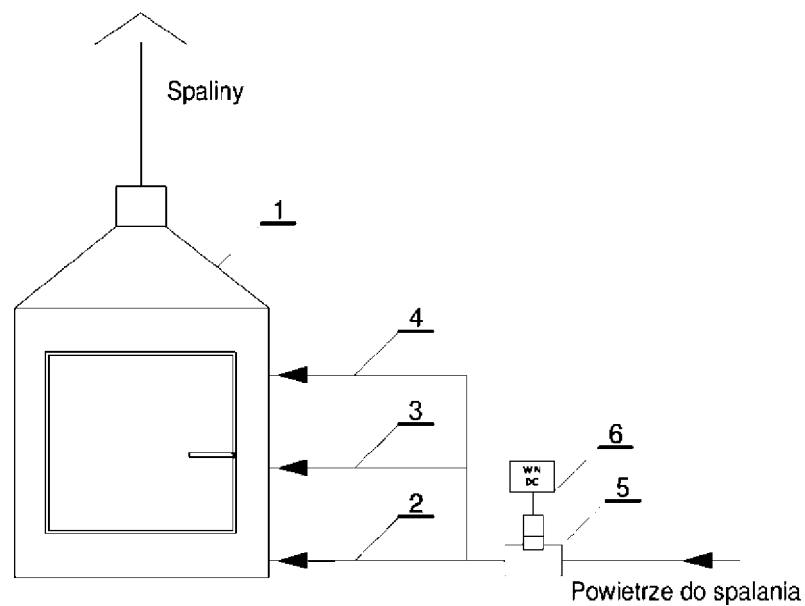


Fig. 1

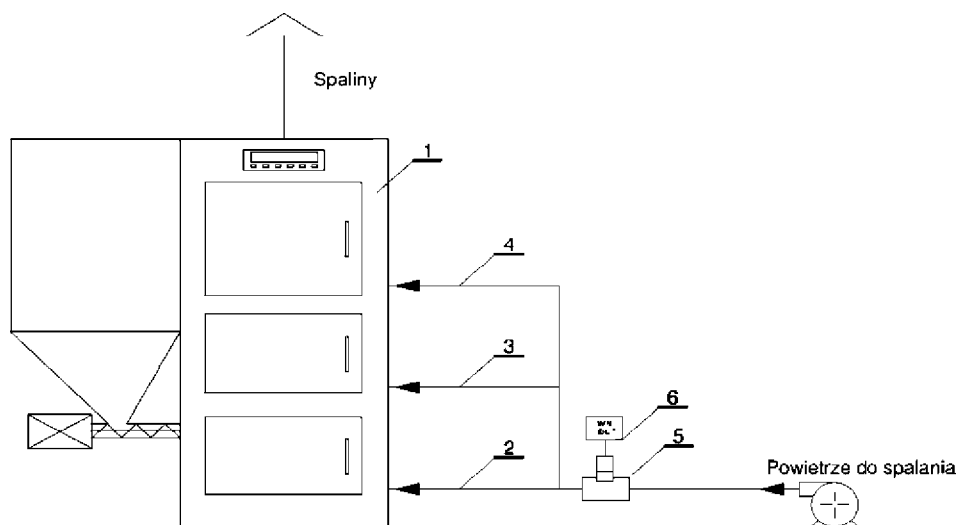


Fig. 2

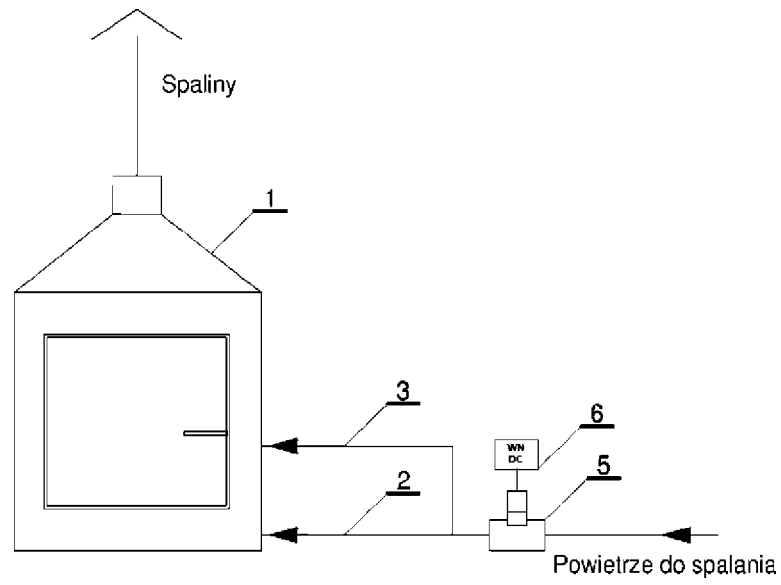


Fig.3

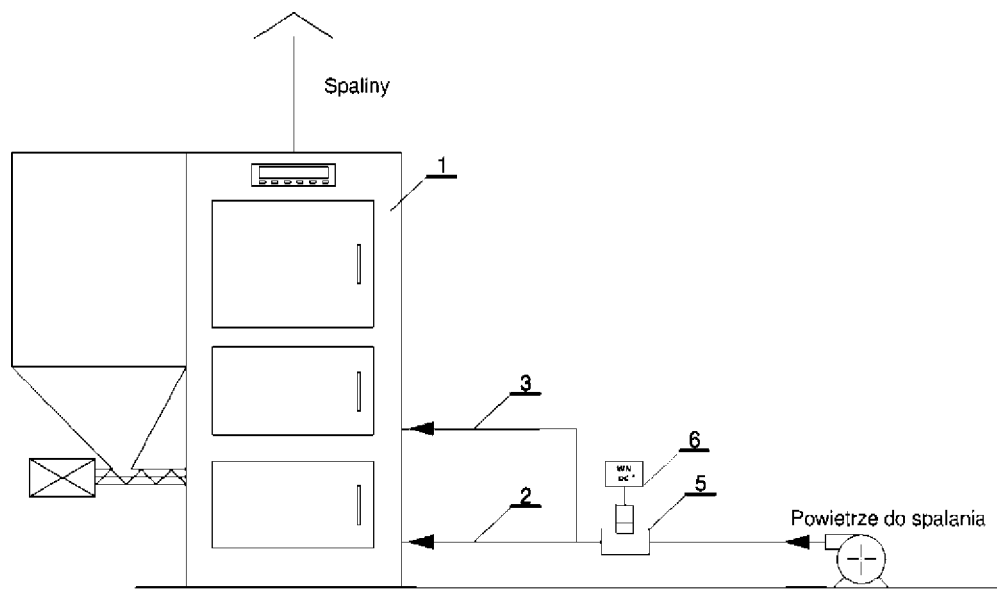


Fig.4

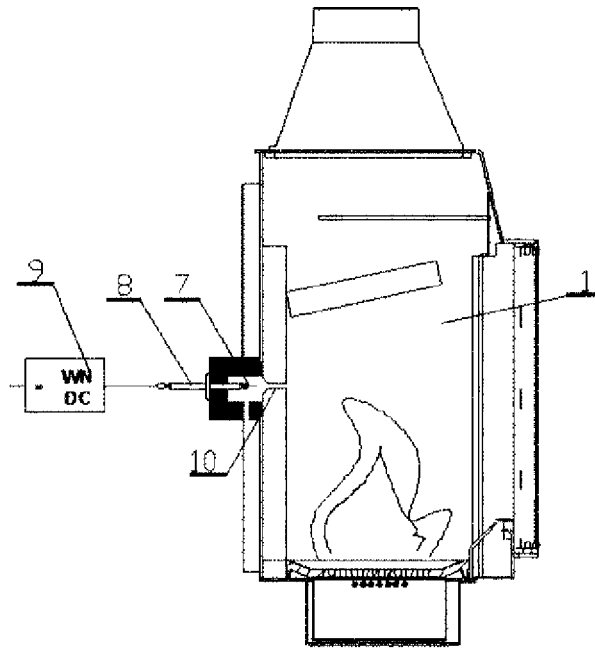


Fig. 5

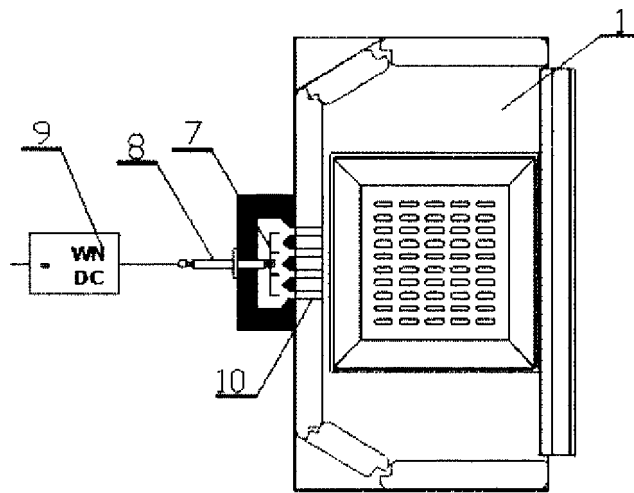


Fig. 6

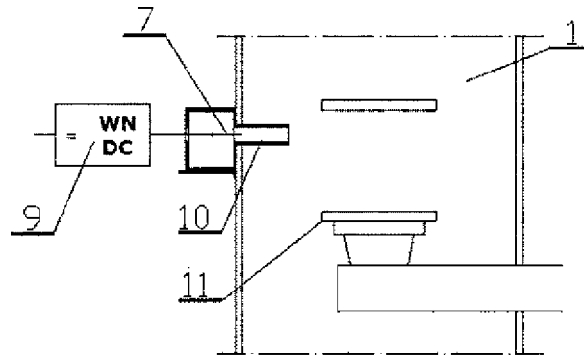


Fig. 7

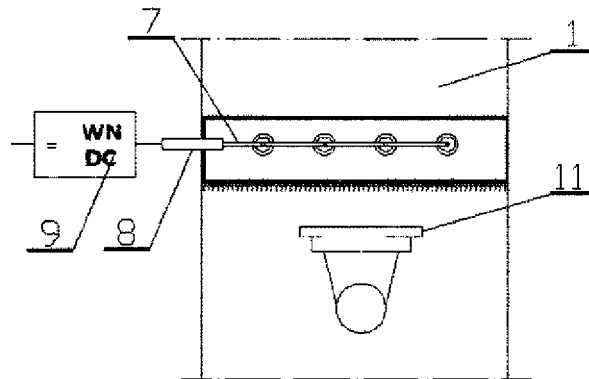


Fig. 8

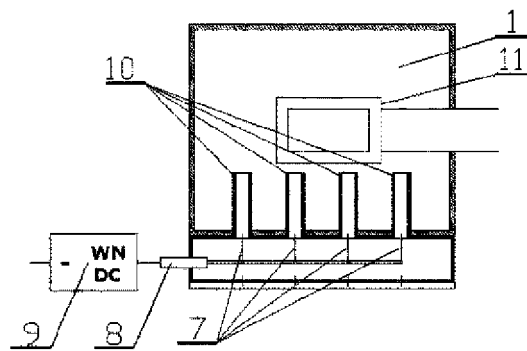


Fig. 9