

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **233450**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **422253**

(51) Int.Cl.  
**B01D 53/56 (2006.01)**  
**B01D 53/79 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **18.07.2017**

---

(54) **Sposób i instalacja selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu  
w kotłach rusztowych**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**28.01.2019 BUP 03/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**31.10.2019 WUP 10/19**

(73) Uprawniony z patentu:

**ECOENERGIA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**KRZYSZTOF BADYDA, Warszawa, PL**  
**PIOTR KRAWCZYK, Głudna, PL**  
**JANUSZ LEWANDOWSKI, Nowa Iwiczna, PL**  
**ŁUKASZ BARAN, Warszawa, PL**  
**JAN SIWIŃSKI, Nowa Wieś, PL**  
**MARCIN MAŁEK, Warszawa, PL**  
**KRZYSZTOF MENTRAK, Piastów, PL**  
**KRZYSZTOF GRABOWSKI, Piastów, PL**  
**WOJCIECH POKORSKI, Piastów, PL**

---

**PL 233450 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i instalacja selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych, zapewniająca zmniejszenie emisji tlenków azotu do atmosfery zwłaszcza z węglowych kotłów rusztowych parowych lub wodnych do wartości poniżej 200 mg/m<sup>3</sup>.

Z literatury technicznej i opisów wynalazków znane są dwie podstawowe metody redukcji NO<sub>x</sub> w spalinach kotłów, energetycznych, niskotemperaturowa katalityczna (SCR) i wysokotemperaturowa niekatalityczna (SNCR). Metoda katalityczna jest stosowana na ogół dla dużych instalacji spalania paliw wymagających wysokiej skuteczności odazotowania.

Metoda SNCR (Selective Non-Catalytic Reduction) ze względu na prostotę rozwiązania i relatywnie niskie nakłady inwestycyjne jest szczególnie dedykowana dla małych kotłów, szczególnie powszechnie stosowanych w ciepłownictwie wodnych kotłów rusztowych.

Skuteczność technologii SNCR z wykorzystaniem jako reagenta, wodnego roztworu mocznika zależy od wielu parametrów procesowych m.in. od sposobu prowadzenia eksploatacji kotła, miejsc wtrysku reagenta i związanych z nimi temperatury reakcji, rozpylenia reagenta, składu chemicznego spalin a także stopnia wymieszania reagenta i spalin.

Z polskiego opisu zgłoszenia wynalazku P.407573 znany jest sposób i instalacja do selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu NO<sub>x</sub> w energetycznych, zwłaszcza parowych kotłach rusztowych: Sposób charakteryzuje się tym, że wybór kierunku i wielkość wtrysku wodnego reagenta ustalany jest na podstawie parametrów kotła rusztowego, określających rozkład temperatur w przekroju poprzecznym i podłużnym kotła, jak również przez korektę wpływu zmieniającego się w czasie profilu temperaturowego w kotle rusztowym, przy pomocy takich parametrów jak temperatura, stężenie tlenków azotu NO<sub>x</sub>, ilości generowanej pary wodnej, prędkość przesuwu rusztu, położenie warstwowownicy, ilość powietrza pierwotnego i wtórnego, kaloryczność paliwa. Instalacja charakteryzuje się tym, że lance wtryskowe wodnego roztworu reagenta są wyposażone w dysze ciśnieniowe zlokalizowane w rzędach i usytuowane wzajemnie pod kątem 90°. Dopływ wodnego reagenta do dysz ciśnieniowych regulują elektrozawory połączone przez przetworniki cyfrowo-analogowe z wyjściem mikrokontrolera, którego wejścia są połączone przez przetworniki analogowo-cyfrowe z czujnikami temperatury, czujnikiem stężenia NO<sub>x</sub>, czujnikiem stężenia generowanej pary wodnej, czujnikiem prędkości posuwu rusztu, czujnikiem położenia warstwowownicy, czujnikami powietrza pierwotnego i wtórnego, czujnikiem ciśnienia w zbiorniku wodnego reagenta, czujnikiem poziomu granicznego wodnego roztworu reagenta w zbiorniku.

Z opisu patentowego US 5676071 znany jest sposób i urządzenie do redukcji tlenków azotu w gazach spalinowych, polegające na tym, że ilość reagenta wprowadzanego do strumienia gazów spalinowych w wnętrzu kotła jest ustalana poprzez pomiar rzeczywistych wartości składnika gazów odlotowych i porównania ich do zadanej wartości a redukcja jest realizowana za pomocą wielu dysz wtrysku reagenta do strumienia spalin przepływających przez komorę przepływową. Sposób redukcji tlenków azotu charakteryzuje się tym, że czujniki wykrywają podwyższone stężenie tlenków azotu, detektory płomienia przesyłają informacje o miejscach występowania płomienia i do komory spalania kotła wsuwają się tylko te spośród lanc z dyszami wtryskowymi, które zapewnią wtrysk reagenta poza strefę płomienia. Natomiast instalacja charakteryzuje się tym, że lance wtryskowe są umieszczone w bocznych ścianach kotła, na każdej ze ścian bocznych występują trzy rzędy lanc po trzy lance w każdym rzędzie, przy czym lance są rozlokowane na danej ścianie, zasadniczo na planie kwadratu. Lance wtryskowe, na których końcach umieszczone są dysze wtryskowe, nie są obecne przez cały czas w komorze spalania, przy czym od tyłu są połączone ze sterowanymi elektronicznie siłownikami lub silnikami i w czasie, gdy nie jest wymagany wtrysk reagenta, są wycofywane z komory spalania.

Z opisu zgłoszenia wynalazku US 20110150709 A1 znane jest urządzenie do redukcji tlenków azotu w gazach spalinowych, gdzie w oparciu o pomiar w wnętrzu kotła rozkładu temperatury przez zespół sterujący oraz odpowiednio dobrane lance wtryskowe jest wtryskiwany reagent do wnętrza kotła opalanego paliwem kopalnym zwłaszcza elektrowni, z gorącymi gazami spalinowymi. Powyższe urządzenie charakteryzuje się tym, że lance z dyszami wtryskowymi są zamocowane na stałe w ścianach bocznych kotła, w trzech płaszczyznach, po 4 lance w każdej płaszczyźnie, przy czym lance umieszczone są w parach, naprzeciwko siebie. Instalacja wykorzystuje detektory płomienia, by realizować wtrysk reagenta tylko przez wybrane lance z dyszami wtryskowymi.

Wadami przedstawionych powyżej rozwiązań do redukcji tlenków azotu w gazach spalinowych jest to, że w wynalazku według P.407573 dysze wtryskowe są tak ustawione, że przynajmniej część

wtryskiwanego reagenta trafia na ścianę kotła lub jest wtryskiwana wzdłuż ściany, co powoduje mniejszą skuteczność procesu redukcji tlenków azotu. Z kolei rozwiązania według US 5676071 i US 20110150709 A1 przewidują instalację lanc z dyszami wtryskowymi w bocznych ścianach kotła na planie kwadratu / prostokąta, co jest niekorzystne, ponieważ część dysz występuje cały czas w strefie płomienia i pozostaje bezczynna, ponieważ ich działanie byłoby nieskuteczne. Ponadto, wszystkie powyższe znane rozwiązania przewidują podczas pracy obecność lanc z dyszami wtryskowymi wewnątrz komory spalania, tj. lance z dyszami wystają ze ścian kotła, co jest niepotrzebną ingerencją w strefę przepływu przez komorę spalania i może prowadzić do nadmiernego zużycia lanc wtryskowych lub dysz. Co więcej, zastosowanie ruchomych lanc wtryskowych według US 5676071 wiąże się z dodatkowymi elektronicznymi środkami do wsuwania / wysuwania lanc, które łatwo mogą ulec awarii, tym samym uniemożliwiając skuteczną pracę instalacji do redukcji tlenków azotu.

Celem wynalazku jest taki sposób i instalacja do selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych, które zapewniają skuteczne i optymalne oczyszczanie spalin z tlenków azotu oraz umożliwiają modyfikację istniejących kotłów rusztowych przy możliwie najmniejszych ingerencjach w elementy wodnego obiegu kotła i wewnątrz komory spalania.

Sposób selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych, charakteryzuje się tym, że wtrysk zawierającego mocznik lub amoniak wodnego roztworu reagenta o stężeniu 5% do 40% do komory paleniskowej kotła rusztowego z wykorzystaniem powietrza w proporcji 0,1 kg/kg do 2 kg/kg względem roztworu reagenta jest dokonywany od strony jego obu ścian bocznych z lanc z dyszami wtryskowymi ponad wykrytą strefą występowania płomienia, przy czym wtrysk roztworu reagenta w pobliżu ściany przedniej oraz ściany tylnej komory paleniskowej kotła rusztowego jest z dysz dwuotworowych niesymetrycznych z jednym otworem umieszczonym centralnie skierowanym wzdłuż ściany tylnej / ściany przedniej kotła rusztowego i z drugim otworem skierowanym w stronę środka komory spalania o kącie ostrym pomiędzy kierunkami wtrysku z obu tych otworów korzystnie zawartym między  $20^\circ$  a  $70^\circ$  lub dysz jeduotworowych z otworem umieszczonym centralnie, natomiast wtrysk roztworu reagenta z dysz wtryskowych niebędących w pobliżu ściany przedniej lub ściany tylnej kotła rusztowego jest z dysz dwuotworowych niesymetrycznych, trójotworowych symetrycznych z jednym otworem umieszczonym centralnie skierowanym prostopadłe do ściany bocznej kotła rusztowego i dwoma otworami bocznymi skierowanymi w stronę środka komory spalania o kącie ostrym pomiędzy kierunkami wtrysku z obu tych otworów, wynoszącym korzystnie między  $20^\circ$  a  $70^\circ$  w stosunku do ściany bocznej kotła rusztowego lub jest z dysz jeduotworowych z otworem umieszczonym centralnie.

Instalacja selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych, charakteryzuje się tym, że zabudowane w obu ścianach bocznych komory paleniskowej kotła rusztowego lance z dyszami wtryskowymi są rozlokowane na każdej z tych ścian w obszarze trójkąta prostokątnego, którego jedna przyprostokątna jest pionowa i jest w pobliżu tylnej ściany komory paleniskowej a druga przyprostokątna jest pozioma i łączy się z wyższym końcem pierwszej przyprostokątnej i biegnie w stronę przedniej ściany komory paleniskowej i są umieszczone w otworach w płetwach pomiędzy rurami ekranowymi, tak że większa część lancy z dyszami wtryskowymi wystaje ze ściany kotła rusztowego od jego zewnętrznej strony a do wnętrza komory paleniskowej tego kotła są wprowadzone tylko dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne, trójotworowe symetryczne, jeduotworowe z otworem umieszczonym centralnie, przy czym lance z dyszami wtryskowymi są rozmieszczone na ścianach komory paleniskowej kotła rusztowego w poziomych rzędach, których liczba w zależności od wymiarów i mocy kotła oraz parametrów wtrysku reagenta wynosi od 1 do 10 rzędów, a w każdym z tych rzędów występuje mniej niż 15 lanc z dyszami wtryskowymi, natomiast liczba lanc z dyszami wtryskowymi w najniższym rzędzie wynosi od 1 do 3 a w każdym kolejnym rzędzie licząc od najniższego do najwyższego, liczba lanc z dyszami wtryskowymi zwiększa się o 1–2 lance, przy czym w najniższym rzędzie lance z dyszami wtryskowymi mają dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne lub dysze jeduotworowe z otworem umieszczonym centralnie a lance z dyszami wtryskowymi w najwyższym rzędzie mają dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne oraz/lub dysze trójotworowe symetryczne, natomiast lance z dyszami wtryskowymi pomiędzy najwyższym a najniższym rzędem mają dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne i/lub dysze wtryskowe trójotworowe symetryczne i/lub dysze jeduotworowe z otworem umieszczonym centralnie.

Zaletą sposobu i instalacji selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych według wynalazku jest ograniczenie emisji tlenków azotu do atmosfery z węglowych kotłów rusztowych do wartości poniżej  $200 \text{ mg/m}^3$  oraz małe zmiany w konstrukcji modernizowanych kotłów.

Zaletą sposobu selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych jest ograniczona w systemie sterowania ilość informacji o stanie parametrów technologicznych pracy kotła, przy czym jednym z sygnałów może być informacja z optycznego detektora płomienia zamontowanego przy każdej lancy z dyszami wtryskowymi.

Zaletą instalacji selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych jest minimalna ingerencja w konstrukcje kotła podczas jej montażu oraz fakt, że nie są wykonywane odgięcia rur ekranowych w ekranach kotła. Ponadto lance nie są wprowadzane w głąb przestrzeni komory paleniskowej kotła, przy czym nie jest wymagane stosowanie układu powietrza towarzyszącego.

Wynalazek w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na rysunku, gdzie:

fig. 1 przedstawia schematycznie kocioł rusztowy w widoku obu jego boków, strony prawej i lewej z zaznaczoną w formie trójkąta strefą rozmieszczenia lanc z dyszami wtryskowymi,

fig. 2 przedstawia schematyczny zarys prawej strony kotła rusztowego z fig. 1 bez oznaczeń numerycznych, z widoczną strefą występowania płomienia w komorze paleniskowej,

fig. 3 przedstawia schematycznie w widoku z góry, komorę paleniskową kotła rusztowego, z sześcioma dyszami wtryskowymi, które różnią się rodzajem i ustawieniem w zależności od ich rozlokowania w komorze paleniskowej oraz kąty wtrysku roztworu reagenta,

fig. 4 przedstawia schematycznie przekrój pionowy kotła rusztowego wzdłuż ściany przedniej,

fig. 5 przedstawia schematycznie przekrój poprzeczny kotła rusztowego wzdłuż komory paleniskowej, w widoku z góry ponad lancami z dyszami wtryskowymi,

fig. 6 przedstawia schematycznie przekrój pionowy kotła rusztowego wzdłuż jednej z jego ścian bocznych, wraz z schematycznymi połączeniami instalacji do selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotle rusztowym o mocy 40 MW.

W sposobie selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych według wynalazku, redukcja NO<sub>x</sub> jest dokonywana się przez wtrysk reagenta tj. wodnego roztworu mocznika lub wodnego amoniaku do komory spalania kotła rusztowego 1, od strony jego bocznych ścian 7 poprzez lance z dyszami wtryskowymi 13. Proces wtrysku reagenta jest regulowany w oparciu o pomiary trzech parametrów: pomiar mocy cieplnej kotła rusztowego 1, pomiar temperatury spalin za festonem (tj. temperatury spalin na wejściu na drugi ciąg, na wyjściu z komory spalania) i pomiar stężenia NO<sub>x</sub> w spalinach. Jeżeli stężenie tlenków azotu jest wyższe niż dopuszczalne, elektroniczny układ sterujący 17 ustala parametry wtrysku roztworu reagenta. Ilość i stężenie reagenta jest dobierane w oparciu o moc kotła rusztowego 1 oraz w oparciu o pomiar temperatury spalin. Ponadto, może być wykorzystywany pomiar z optycznych detektorów płomienia 16, umieszczonych przy lancach z dyszami wtryskowymi 13. Elektroniczny układ sterujący 17 uruchomia tylko te lance z dyszami wtryskowymi 13, przy których nie wykryto występowania płomienia. Pomiary mocy, temperatury, stężenia NO<sub>x</sub> i wykrywanie płomienia są dokonywane ciągle podczas pracy kotła rusztowego 1, a elektroniczny układ sterujący 17 na bieżąco realizuje zmiany ilości oraz stężenia podawanego reagenta, jak również rozpoczęcie bądź zatrzymanie wtrysku z konkretnych dysz wtryskowych: dwuotworowych niesymetrycznych 6a, trójotworowych 6b, jednootworowych z otworem umieszczonym centralnie 6c. Wtrysk reagenta jest realizowany poprzez doprowadzenie do lancy z dyszą wtryskową 13 wodnego roztworu mocznika lub wodnego roztworu amoniaku i sprężonego powietrza, przez co reagent jest unoszony wraz ze sprężonym powietrzem i rozpylany poprzez dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne 6a, trójotworowe symetryczne 6b, jednootworowe z otworem umieszczonym centralnie 6c do komory paleniskowej w środku kotła rusztowego 1.

Stężenie reagenta jest istotne dla sposobu redukcji tlenków azotu, ponieważ ilość podawanego mocznika lub amoniaku ma bezpośredni wpływ na skuteczność i koszt przeprowadzanego procesu odazotowania spalin. Spadek stężenia reagenta we wtryskiwanym roztworze ogólnie polepsza skuteczność odazotowania spalin, jednak zwiększa zużycie wody do jego rozcieńczenia oraz powietrza do jego rozpylania.

Z kolei zbyt duże stężenie reagenta nie gwarantuje skutecznej redukcji NO<sub>x</sub> ze spalin, co wiąże się z zanieczyszczeniem środowiska j wzrostem kosztów, z tytułu karnych opłat za emisję spalin z kotła rusztowego o niedopuszczalnym składzie.

W wyniku badań stwierdzono, że optymalne efekty uzyskuje się, gdy do komory paleniskowej kotła rusztowego 1 wtryskuje się roztwór reagenta o stężeniu od 5% do 40%, korzystnie gdy to stężenie wynosi od 10% do 30%, przy czym najlepsze efekty i najlepszy stosunek skuteczności do kosztów eksplatacyjnych osiągnięto, gdy wtryskiwany roztwór mocznika był o stężeniu od 12 do 20%.

Istotne znaczenie mają również parametry sprężonego powietrza, dostarczanego do lanc z dyszami wtryskowymi 13 celem rozpylenia reagenta w komorze paleniskowej kotła. W wyniku badań stwierdzono, że szczególnie istotny jest wydatek masowy powietrza względem wydatku masowego reagenta np. wodnego roztworu mocznika. Optymalne rozpylenie reagenta, a zatem skuteczną redukcję NOx uzyskano, gdy powietrze jest w proporcji od 0,1 kg/kg do 2 kg/kg powietrza względem wodnego roztworu mocznika. Korzystne wyniki uzyskano w zakresie od 0,15 kg/kg do 1 kg/kg powietrza względem reagenta, a najlepsze wyniki uzyskano w zakresie od 0,2 kg/kg do 0,6 kg/kg powietrza względem reagenta.

Dla ciśnienia powietrza rozpylającego kierowanego do lanc z dyszami wtryskowymi 13 wyniki badań potwierdziły, że niecelowe jest stosowanie ciśnień wyższych od 3 barów. Chwilowe stężenia reagenta, jak również chwilowe proporcje powietrza względem wodnego roztworu mocznika mogą się zmieniać w czasie. Elektroniczny układ sterujący 17 instalacją dokonuje ciągłej kalibracji, przysmakając i otwierając elektrozawory 12 doprowadzające roztwór reagenta, wodę i powietrze do lanc z dyszami wtryskowymi 13, aby utrzymywać odpowiedni, wymagany stosownymi przepisami poziom NOx w spalinach.

Na przykładowym, schematycznym zarysie kotła rusztowego przedstawionym na fig. 1, trójkątem zaznaczono strefę, w której w ścianach bocznych 1a i 1b są zamontowane lance z dyszami wtryskowymi 13. Lance są zamontowane i rozmieszczone w obszarze 2 wyznaczanym przez trójkąt prostokątny, którego jedna z przyprostokątnych jest pionowa i leży w pobliżu tylnej ściany 3 komory paleniskowej kotła rusztowego 1, natomiast druga przyprostokątna jest pozioma i skierowana w stronę przedniej ściany 4 komory spalania kotła rusztowego 1. Taka strefa rozmieszczenia lanc z dyszami wtryskowymi 13 wynika z badań, według których określono strefę najczęstszego występowania płomienia, a przez to rozkłady temperatur w komorze paleniskowej kotła rusztowego 1. Okazało się, że płomień występuje w dolnej strefie komory paleniskowej kotła rusztowego 1 w pobliżu jego ruchomego rusztu 5, natomiast w górę płomień rozciąga się przy przedniej ścianie 4 komory paleniskowej kotła rusztowego 1. Kształt strefy występowania płomienia jest przedstawiony na fig. 2, gdzie pokazano widok prawej strony kotła z rozkładem temperatur zobrazowanym w odcieniach szarości. Najciemniejsze miejsce w pobliżu rusztu 5 przy przedniej ścianie komory paleniskowej kotła rusztowego 1 wyznacza obszar występowania najwyższych temperatur. W miarę oddalania się od strefy najwyższych temperatur, obszary są zaznaczone na stopniowo coraz jaśniejsze odcienie szarości, aż do niemal białego wyznaczającego strefę występowania temperatur, które są już tak niskie, że występują odpowiednie warunki do wtrysku wodnego roztworu mocznika, celem redukcji NOx. Zaznaczony dalszy obszar, na znów ciemniejsze odcienie szarości, wyznacza obszar niższych temperatur, a zatem obszar do którego również można wtryskiwać reagent.

Pokazany na fig. 3 jest poziomy przekrój przez komorę spalania kotła rusztowego 1, przedstawia symbolicznymi strzałkami przykładowe rozmieszczenie poszczególnych typów dysz w komorze paleniskowej kotła rusztowego 1 i kierunki wtrysku reagenta. Schematycznie zaznaczono, że dysze wtryskowe umieszczone w pobliżu ściany przedniej 4 lub ściany tylnej 3 komory spalania kotła rusztowego 1 są dwuotworowe niesymetryczne 6a, z jednym otworem skierowanym wzdłuż tylnej 3 / przedniej ściany 4 kotła rusztowego 1 i z drugim otworem skierowanym w stronę środka komory spalania kotła. Kąt  $\alpha$  pomiędzy kierunkiem wtrysku z obu tych otworów jest kątem ostrym, korzystnie zawartym od  $20^\circ$  a  $70^\circ$ . Natomiast dysze wtryskowe niebędące w pobliżu przedniej ściany 4 lub tylnej ściany 3 kotła rusztowego 1 mogą być dwuotworowe niesymetryczne 6a, trójotworowe symetryczne 6b lub jednootworowe z otworem umieszczonym centralnie 6c. Na fig. 3 przykładowo są umieszczone dysze trójotworowe, symetryczne 6b, z jednym otworem skierowanym prostopadłe do ściany bocznej 7 kotła rusztowego 1 oraz pozostałymi dwoma otworami skierowanymi pod kątem ostrym. Kąt pomiędzy kierunkami wtrysku z tych trzech otworów wynosi: dla otworu centralnego  $90^\circ$  w stosunku do ściany bocznej 7 kotła rusztowego 1, natomiast dla otworów bocznych kąt  $\beta$  wynosi korzystnie od  $20^\circ$  do  $70^\circ$  w stosunku do ściany bocznej 7 kotła rusztowego 1.

Instalacja selektywnej, niekatalitycznej redukcji NOx w kotle rusztowym w przykładzie wykonania przedstawionym poglądowo na fig. 4, fig. 5 i fig. 6 ma lance z dyszami wtryskowymi 13 umieszczone w ścianach bocznych 7 komory spalania kotła rusztowego 1, pomiędzy rurami ekranowymi 18 tworzącymi ściany komory spalania kotła rusztowego 1 w płetwach 19, tj. metalowych elementach łączących te rury. Takie umieszczenie lanc z dyszami wtryskowymi 13 daje możliwość pozostawienia dotychczasowego układu rur ekranowych 18 w kotle rusztowym 1 bez zmian, a zwłaszcza bez ich odginania celem zrobienia miejsca na lance z dyszami wtryskowymi 13. Wszelkie ingerencje w układ rur ekranowych 18

pogarszają pracę kotła rusztowego 1, przez co umieszczanie tych lanc w płetwach 19 jest rozwiązaniem korzystnym.

Lance z dyszami wtryskowymi 13 są mocowane w otworach tak, że większa część lancy wystaje ze ścian kotła rusztowego 1 po jego zewnętrznej stronie, przez co dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne 6a, trójotworowe symetryczne 6b, jednootworowe z otworem umieszczonym centralnie 6c są umieszczone wewnątrz komory spalania kotła w bliskim sąsiedztwie ścian bocznych 1a i 1b, korzystnie nie sięgając w głąb komory spalania kotła. Takie rozwiązanie zapewnia minimalną ingerencję w układ przepływowy komory spalania. Dzięki minimalnej obecności lanc z dyszami wtryskowymi 13 wewnątrz kotła rusztowego 1 jest zminimalizowany wpływ wysokiej temperatury i innych szkodliwych cech środowiska komory spalania kotła na te lance, dzięki czemu zwiększa się bezpieczeństwo i stabilność ich pracy. Ponadto, lance z dyszami wtryskowymi 13 nie muszą być dodatkowo chłodzone, ponieważ tylko niewielka ich część mocno się nagrzewa i do jej schłodzenia wystarcza efekt odbierania ciepła przez przepływający przez lancę wodny roztwór mocznika lub amoniaku.

Do lanc z dyszami wtryskowymi 13 podłączone są przewody doprowadzające wodę do rozcieńczenia roztworu mocznika lub amoniaku 10, przewody doprowadzające wodny roztwór reagenta tj. mocznika lub amoniaku 9 do lanc z dyszami wtryskowymi 13 i przewody doprowadzające powietrze do wtryskiwania roztworu reagenta 11. Przewody te są połączone ze zbiornikami odpowiednich substancji, np. zbiornikiem wodnego roztworu reagenta 8 i zbiornikiem wody 22, lub też z urządzeniami takimi jak pompy 21 czy sprężarka 20, które powinny zapewniać odpowiednio wysokie ciśnienie. Tego typu rozwiązania są znane z stanu techniki.

Na przewodach 9, 10 i 11 są umieszczone elektrozawory 12, którymi jest kontrolowany wtrysk wodnego roztworu reagenta w towarzystwie powietrza do komory spalania kotła rusztowego 1. Elektrozaworami 12 są regulowane proporcje wody i wodnego roztworu mocznika lub amoniaku, kontrolując końcowe stężenie wtryskiwanego roztworu reagenta. Elektrozaworami 12 jest również regulowana ilość powietrza względem wodnego roztworu mocznika lub amoniaku, kontrolując zasięg wtrysku i kształt strugi wypływającej z dysz wtryskowych 6a, 6b i 6c.

Lance z dyszami wtryskowymi 13 zabudowane na obu ścianach bocznych 7 kotła rusztowego 1, są umieszczone w poziomych rzędach. W wyniku badań okazało się, że korzystna liczba rzędów lanc z dyszami wtryskowymi 13 wynosi od 1 do 10 rzędów, a w szczególności od 2 do 7 rzędów. Liczby te wiążą się z wymiarami kotła jak i możliwymi parametrami wtrysku reagenta. Przy dużej ilości mocno rozpylanego reagenta i małych rozmiarach komory paleniskowej korzystne jest zastosowanie mniejszej ilości lanc z dyszami wtryskowymi 13 i rozlokowanie ich w mniejszą liczbę rzędów. Zapewnia to możliwie minimalną ingerencję w strukturę ścian komory paleniskowej kotła rusztowego 1. Przy większych kotłach rusztowych, może być konieczne zwiększenie ilości lanc z dyszami wtryskowymi 13, ażeby dostarczany reagent był w ilościach i obszarze gwarantującym skuteczną redukcję tlenków azotu. W większości badanych przypadków korzystnym okazało się rozlokowanie lanc z dyszami wtryskowymi 13 przy ilości rzędów równej 3, 4 lub 5.

Z uwagi na możliwe ingerowanie w strukturę kotła rusztowego 1 korzystnym okazało się, ażeby liczba lanc z dyszami wtryskowymi 13 nie była zbyt duża. Stwierdzono, że istotna w tym zagadnieniu jest liczba lanc w każdym z poziomych rzędów i że przy kotłach rusztowych największych rozmiarów powinno się stosować mniej niż 15 lanc w każdym z rzędów. Równie zadowalającą skuteczność redukcji NOx uzyskiwano przy liczbie lanc mniejszej niż 12, a nawet przy liczbie lanc mniejszej niż 9. W przypadku najczęściej stosowanych kotłów rusztowych, które są względnie niewielkich rozmiarów, korzystnym okazała się liczba lanc w każdym z rzędów mniejsza niż 5.

Dodatkowo, z uwagi na trójkątny kształt obszaru 2 rozmieszczenia lanc z dyszami wtryskowymi 13, w wyniku badań korzystnym okazało się, że liczba tych lanc w każdym z rzędów była inna. Przy czym, najmniej lanc z dyszami wtryskowymi 13 powinno być umieszczanych w najniższym rzędzie, najbliższej strefy rusztu 5 i jest to liczba od 1 do 3 lanc. Korzystnym okazało się, ażeby w każdym z rzędów powyżej najniższego rzędu, liczba lanc z dyszami wtryskowymi 13 zwiększała się, w szczególności o 1 lub 2 lance w każdym kolejnym rzędzie.

Przebieg pracy instalacji selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu jest koordynowany i zarządzany za pomocą elektronicznego układu sterującego 17, który wykorzystuje różne dane otrzymywane z pomiarów charakteryzujących chwilowe działanie kotła rusztowego 1 i jest połączony z czujnikami temperatury 15 mierzącymi temperaturę spalin i z czujnikami stężenia tlenków azotu 14 a także z optycznymi detektorami płomienia 16, zlokalizowanymi przy każdej z lanc z dyszami wtryskowymi 13.

Sposób i instalacja do selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych według wynalazku są stosowane w szczególności w wykorzystywanych w ciepłownictwie rusztowych kotłach wodnych o mocy do 50 MW.

### Wykaz oznaczeń

1	–	kocioł rusztowy
1a	–	prawa strona kotła rusztowego
1b	–	lewa strona kotła rusztowego
2	–	obszar / strefa rozmieszczenia lanc z dyszami wtryskowymi
3	–	tylna ściana kotła rusztowego
4	–	przednia ściana kotła rusztowego
5	–	ruszt
6a	–	dysza wtryskowa, dwuotworowa niesymetryczna
6b	–	dysza wtryskowa, trójotworowa
6c	–	dysza wtryskowa jednootworowa z otworem umieszczonym centralnie
7	–	ściany boczne kotła
8	–	zbiornik wodnego roztworu reagenta
9	–	przewody doprowadzające wodny roztwór reagenta do lanc
10	–	przewody doprowadzające wodę do rozcieńczania roztworu reagenta
11	–	przewody doprowadzające powietrze do wtryskiwania roztworu reagenta
12	–	elektrozawory
13	–	lance z dyszami wtryskowymi
14	–	czujniki stężenia tlenków azotu
15	–	czujniki temperatury
16	–	optyczny detektor płomienia
17	–	elektroniczny układ sterujący
18	–	rury ekranowe
19	–	płatwy
20	–	sprężarka
21	–	pompa
22	–	zbiornik wody
$\alpha$	–	kąt wtrysku reagenta z dyszy dwuotworowej niesymetrycznej
$\beta$	–	kąt wtrysku reagenta z dyszy trójotworowej symetrycznej

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych, wykorzystujący ciśnieniowy wtrysk wodnego roztworu reagenta zawierającego mocznik lub amoniak do komory paleniskowej kotła przy pomocy lanc z dyszami wtryskowymi, przy czym sterowanie wtryskiem roztworu reagenta ustala się na podstawie mocy kotła, temperatury spalin, stężenia tlenków azotu i sygnału z optycznego detektora płomienia natomiast miejsce wtrysku wynika z rozkładu temperatur w komorze paleniskowej kotła, **znamienny tym**, że wtrysk zawierającego mocznik lub amoniak wodnego roztworu reagenta o stężeniu 5% do 40% do komory paleniskowej kotła rusztowego (1) z wykorzystaniem powietrza w proporcji 0,1 kg/kg do 2 kg/kg względem roztworu reagenta jest dokonywany od strony jego obu ścian bocznych (7) z lanc z dyszami wtryskowymi (13) ponad wykrytą strefą występowania płomienia, przy czym wtrysk roztworu reagenta w pobliżu ściany przedniej (4) oraz ściany tylnej (3) komory paleniskowej kotła rusztowego (1) jest z dysz dwuotworowych niesymetrycznych (6a) z jednym otworem umieszczonym centralnie skierowanym wzdłuż ściany tylnej (3) / ściany przedniej (4) kotła rusztowego (1) i z drugim otworem skierowanym w stronę środka komory spalania o kącie ostrym ( $\alpha$ ) pomiędzy kierunkami wtrysku z obu tych otworów korzystnie zawartym między 20° a 70° lub dysz jednootworowych z otworem umieszczonym centralnie (6c), natomiast wtrysk roztworu reagenta z dysz wtryskowych niebędących w pobliżu ściany przedniej (4) lub ściany tylnej (3) kotła rusztowego (1) jest z dysz dwuotworowych niesymetrycznych (6a), trójotworowych symetrycznych (6b) z jednym otworem umieszczonym centralnie skierowanym

- prostopadle do ściany bocznej (7) kotła rusztowego (1) i dwoma otworami bocznymi skierowanymi w stronę środka komory spalania o kącie ostrym ( $\beta$ ) pomiędzy kierunkami wtrysku z obu tych otworów, wynoszącym korzystnie między  $20^\circ$  a  $70^\circ$  w stosunku do ściany bocznej (7) kotła rusztowego (1) lub jest z dysz jednotworowych z otworem umieszczonym centralnie (6c).
2. Instalacja selektywnej, niekatalitycznej redukcji tlenków azotu w kotłach rusztowych, posiadająca zbiornik wodnego roztworu reagenta zawierającego mocznik lub amoniak, przewody doprowadzające wodny roztwór reagenta do lanc, przewody doprowadzające wodę do rozcieńczenia roztworu reagenta, przewody doprowadzające powietrze do wtryskiwania roztworu reagenta, elektrozawory, lance z dyszami wtryskowymi, czujniki stężenia tlenków azotu, czujniki temperatury i optyczny detektor płomienia, **znamienna tym**, że zabudowane w obu ścianach bocznych (7) komory paleniskowej kotła rusztowego (1) lance z dyszami wtryskowymi (13) są rozlokowane na każdej z tych ścian w obszarze trójkąta prostokątnego (2), którego jedna przyprostokątna jest pionowa i jest w pobliżu tylnej (3) ściany komory paleniskowej a druga przyprostokątna jest pozioma i łączy się z wyższym końcem pierwszej przyprostokątnej i biegnie w stronę przedniej ściany (4) komory paleniskowej i są umieszczone w otworach w płetwach (19) pomiędzy rurami ekranowymi (18), tak że większa część lancy z dyszami wtryskowymi (13) wystaje ze ściany kotła rusztowego (1) od jego zewnętrznej strony a do wnętrza komory paleniskowej tego kotła są wprowadzone tylko dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne (6a), trójotworowe symetryczne (6b), jednotworowe z otworem umieszczonym centralnie (6c), przy czym lance z dyszami wtryskowymi (13) są rozmieszczone na ścianach komory paleniskowej kotła rusztowego (1) w poziomych rzędach, których liczba w zależności od wymiarów i mocy kotła oraz parametrów wtrysku reagenta wynosi od 1 do 10 rzędów, a w każdym z tych rzędów występuje mniej niż 15 lanc z dyszami wtryskowymi, natomiast liczba lanc z dyszami wtryskowymi (13) w najniższym rzędzie wynosi od 1 do 3 a w każdym kolejnym rzędzie licząc od najniższego do najwyższego, liczba lanc z dyszami wtryskowymi (13) zwiększa się o 1–2 lance, przy czym w najniższym rzędzie lance z dyszami wtryskowymi (13) mają dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne (6a) lub dysze jednotworowe z otworem umieszczonym centralnie (6c) a lance z dyszami wtryskowymi (13) w najwyższym rzędzie mają dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne (6a) oraz/lub dysze trójotworowe symetryczne (6b), natomiast lance z dyszami wtryskowymi (13) pomiędzy najwyższym a najniższym rzędem mają dysze wtryskowe dwuotworowe niesymetryczne (6a) i/lub dysze wtryskowe trójotworowe symetryczne (6b) i/lub dysze jednotworowe z otworem umieszczonym centralnie (6c).

Rysunki

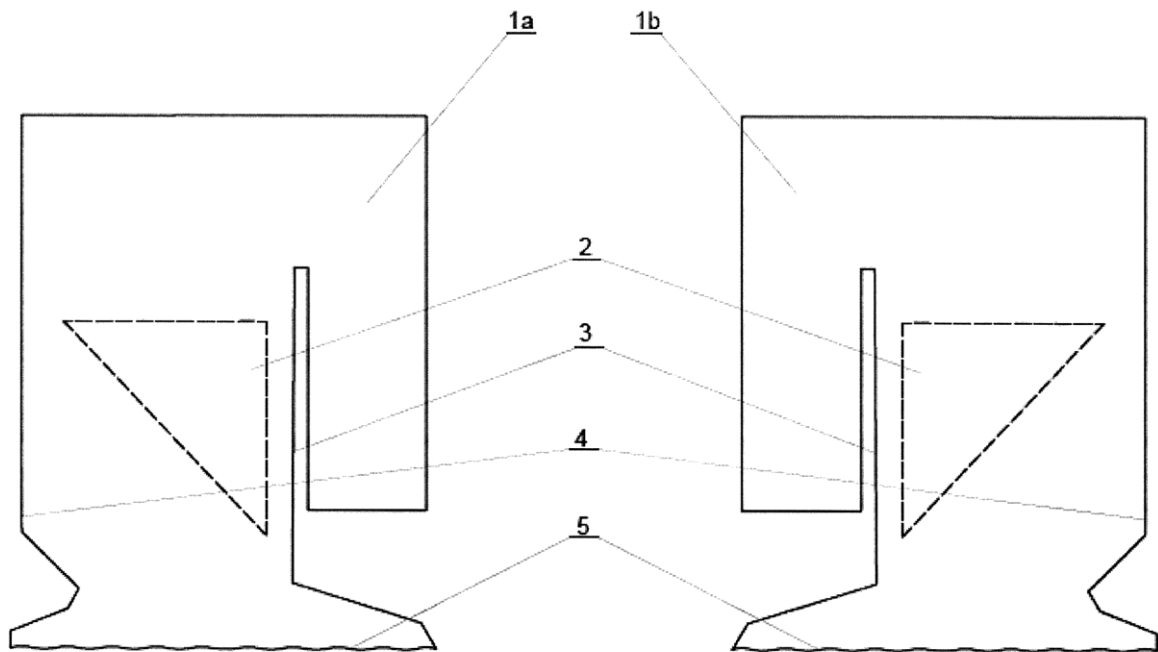


fig.1

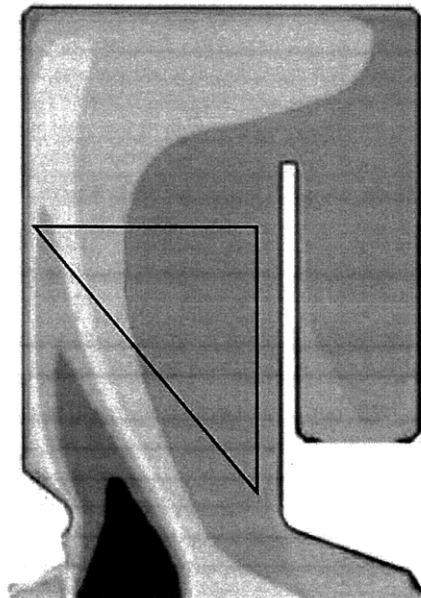


fig. 2

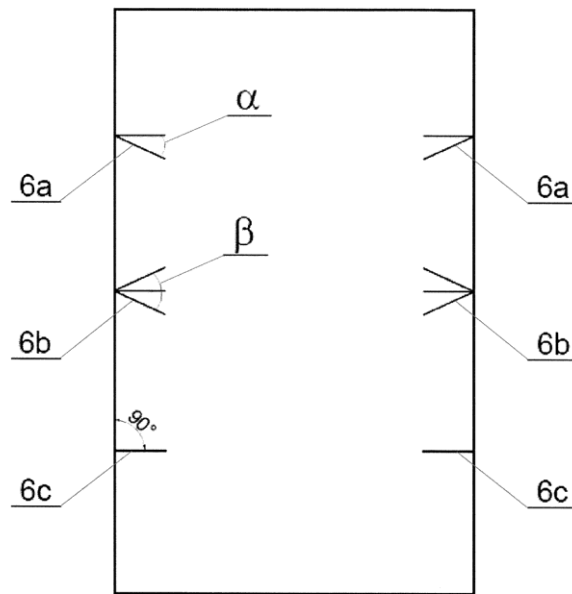


fig. 3

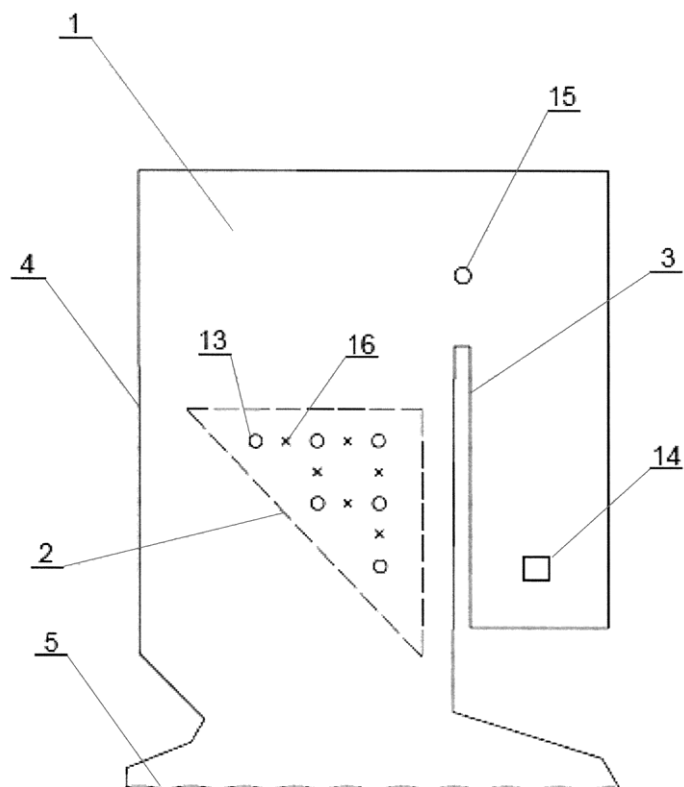


fig. 4

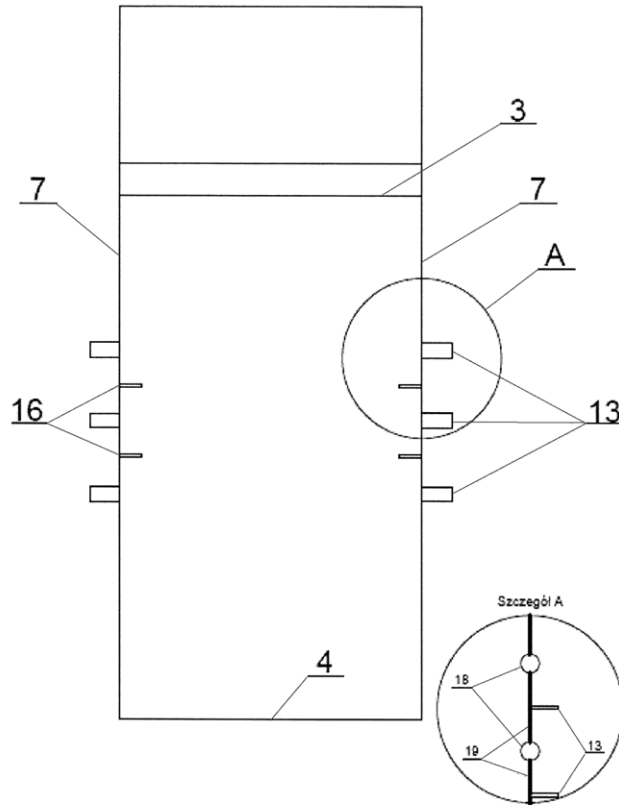


fig. 5

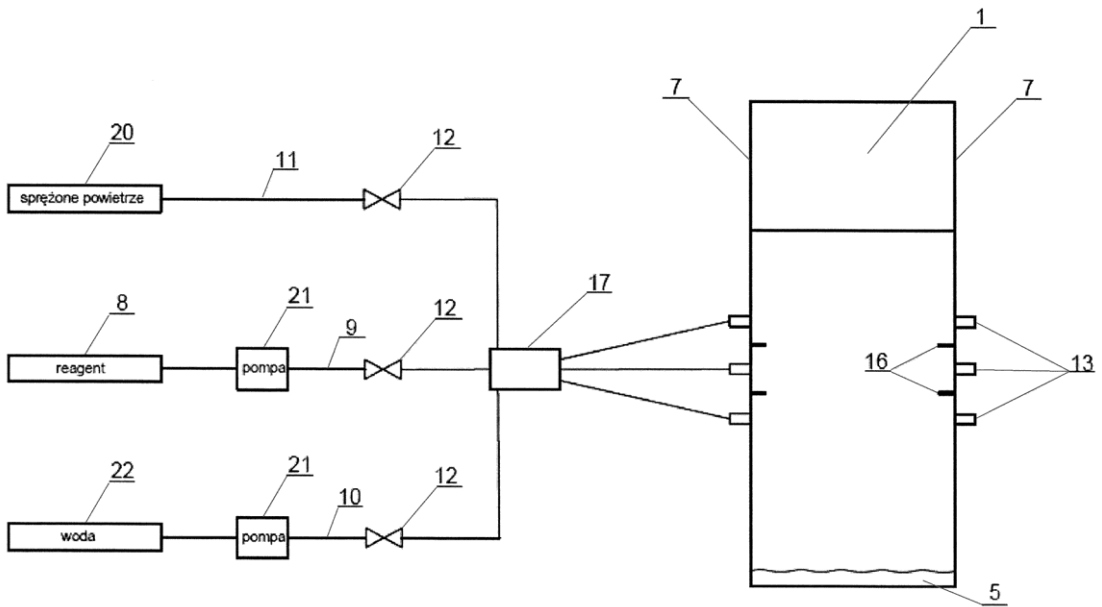


fig. 6

