

Sposób i kocioł energetyczny do niskoodpadowego spalania stałych paliw pylistych zwłaszcza biomasy i paliw alternatywnych, z dodatkiem popiołu odpadowego

Przedmiotem wynalazku jest sposób i kocioł energetyczny do niskoodpadowego spalania stałych paliw pylistych zwłaszcza biomasy i paliw alternatywnych w postaci stałych odpadów komunalnych z dodatkiem popiołu odpadowego, przeznaczone do stosowania w nowoczesnej elektroenergetyce przemysłowej, które z jednej strony spełniają zaostrzone europejskie normy ochrony środowiska z tytułu składowania popiołów a z drugiej strony zapewniają wytworzenie produktu poreakcyjnego o walorach handlowych w postaci stałej, stanowiącego surowiec dla wielu gałęzi dziedzin gospodarki takich jak budownictwo, hutnictwo, przemysł elektrotechniczny przy jednoczesnym znacznym zmniejszeniu zjawiska zużłowania elementów kotła energetycznego towarzyszącego spalaniu paliw pylistych prowadzącego do przestojów remontowych kotła energetycznego.

Opisanym w literaturze patentowej i stosowanym w elektroenergetyce przemysłowej sposobem spalania rozdrobnionej biomasy jest jej współspalanie z pyłem węglowym w kotle energetycznym z komorą paleniskową z lejem dolnym wyposażoną w palniki strumieniowe lub

palniki wirowe. Na przykład znane jest z polskiego opisu patentowego PL 208984 współspalanie rozdrobnionej biomasy z pyłem węglowym w kotle z komorą paleniskową wyposażoną w palniki strumieniowe w którym rozdrobniona biomasa jest wprowadzana do wytworzonej w leju komory paleniskowej dolnym nadmuchem powietrza wtórnego, strefy spalania pyłu węglowego gdzie następuje jej spalanie w strugach spalanego pyłu węglowego. Procesowi współspalania biomasy z pyłem węglowym w leju komory paleniskowej towarzyszy szkodliwe zjawisko tworzenia narostów żużlowych związanych ze znacznie niższą temperaturą topnienia popiołu z biomasy od temperatury topnienia popiołu z węgla przy jednoczesnym niekorzystnym zjawisku w postaci wysokiego stopnia niedopalenia biomasy. Próby zmniejszenia zjawiska żużlowania kotła energetycznego jak również zmniejszenia stopnia niedopalenia biomasy znane są ze stosowania w energetyce przemysłowej oraz z literatury patentowej. Przykładowo w znanym z polskiego opisu patentowego P-402404 sposobie spalania biomasy jako paliwa podstawowego rozdrobnioną biomasę wprowadza się z prędkością 17 m/sek – 30 m/sek do dolnej części cyklonowej komory paleniskowej kotła energetycznego przy pomocy narożnych palników strumieniowych przy niedoborze powietrza a następnie strugi powietrza i rozdrobnionej biomasy z palników strumieniowych kolejnych naroży kieruje się równoległe na przemian do osi poziomej i osi pionowej przekroju poprzecznego komory paleniskowej w płaszczyźnie odchyłonej pod kątem do 15° od ściany pionowej usytuowanej w dolnej części cyklonowej komory paleniskowej stanowiącej komorę topnienia o temperaturze wyższej od temperatury topnienia popiołu ze spalanej biomasy, po ścianach której po przejściu w fazę ciekłą, stopiony popiół sphywa do wanny żużlowej. Natomiast lotne frakcje palne biomasy

są transportowane aerodynamicznie do komory topnienia do komory dopalania usytuowanej w górnej części kotła energetycznego przez przewężenie o przekroju mniejszym od przekroju komory topnienia w której są dopalane w powietrzu doprowadzanym z dysz powietrza dopalającego umieszczonych na ścianach pionowych kotła energetycznego.

Również w polskim opisie patentowym PL222039 opisana jest konstrukcja kotła energetycznego wykorzystującego wirową komorę paleniskową z lejem, do niskotemperaturowego spalania rozdrobnionej biomasy, jako paliwa podstawowego, zawierająca komorę topnienia usytuowaną powyżej leja z otworem odpływowym ciekłego żużlu która jest wyposażona na różnych wysokościach swoich pionowych ścian w narożnikowe palniki paliwowo-powietrzne skierowane tangencjonalnie w dół komory topnienia usytuowane przemiennie z narożnikowymi dyszami powietrza wtórnego tworzące z płaszczyzną pionowych ścian komory topnienia, kąty o wartościach zróżnicowanych na poziomach ich rozmieszczenia. Górna część komory topnienia jest połączona z komorą dopalania przez przewężenie o polu przekroju poprzecznego mniejszym od pola przekroju poprzecznego komory topnienia zapewnia poziom prędkości spalin w przewężeniu komory, zapobiegający przedostawaniu się niespalonych cząstek biomasy w komorze topnienia o dużych rozmiarach do komory dopalania przeciwdziałając żużłowaniu przygrodzia kotła energetycznego. Poza tym zapewnienie temperatury przestrzeni gazowej wewnątrz komory topnienia wyższej o co najmniej 20% od temperatury topnienia popiołu przy temperaturze ścian komory topnienia wyższej o co najmniej 10% od temperatury topnienia popiołu sprzyja osadzaniu cząstek popiołu na ścianach komory topnienia, z których spływa w postaci ciekłego żużlu do otworu wylotowego leja kotła

energetycznego przeciwdziałając zużłowaniu przygrodzia kotła energetycznego.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu i kotła energetycznego do spalania paliw pylistych zwłaszcza biomasy i paliw alternatywnych z dodatkiem popiołu odpadowego zapewniającego zmniejszenie zjawiska zużłowania elementów kotła oraz wytworzenie produktu poreakcyjnego w postaci stałej stanowiącego surowiec dla takich gałęzi gospodarki jak hutnictwo, budownictwo przemysł elektrotechniczny.

Istota sposobu niskoodpadowego spalania stałych paliw pylistych zwłaszcza biomasy i paliw alternatywnych z dodatkiem popiołu odpadowego w kotle energetycznym, z komorą paleniskową wyposażoną w lej z wylotem dolnym, w którym rozdrobnioną biomasę wprowadza się wraz z powietrzem pierwotnym do komory topnienia o temperaturze przestrzeni gazowej oraz temperaturze ścian wyższej od temperatury topnienia popiołu, przy czym stopiony popiół jest wyprowadzany na zewnątrz przez wylot leja komory topnienia a spaliny są wyprowadzane z komory topnienia do komory dopalania przez przewężenie, polega tym, że mieszanina paliwa pyłowego z powietrzem pierwotnym zawirowana pod kątem 45° - 50° w palnikach wirowych osadzonych centrycznie w dyszach powietrza pierwotnego jest wprowadzona kątowno pod kątem 40° - 50° za pomocą dyfuzorów osadzonych w stropie części wlotowej paliwa usytuowanym pod kątem 10° - 15° do osi poziomej, do pierwszej odpylającej części komory topnienia zasilanej ponadto przez popiół odpadowy wprowadzany przez wlot w której następuje odgazowanie paliwa pyłowego i wydzielenie jego części lotnych oraz częściowe utlenianie części stałych paliwa,

przebiegające w niedomiarze powietrza określonym współczynnikiem 0,75 - 0,90 korzystnie 0,85, w temperaturze 1300°-1450°C przekraczającej temperaturę topnienia popiołu w przestrzeni gazowej, przy temperaturze ścian pierwszej części komory topnienia w zakresie 1250° - 300°, po czym za pomocą wielopłaszczyznowej korzystnie trójpłaszczyznowej separującej przegrody rurowej pionowej przegrody zainstalowanej między kierownicą pionowej przegrody w postaci lewostronnego zagięcia pod kątem 140° - 150° do osi pionowej a jedną ze ścian korzystnie prawostronną ścianą leja, następuje separacja części stałych paliwa a pozostałe spaliny o temperaturze 1150° - 1250° z prędkością przepływu 20 m/s – 25 m/s są transportowane za pomocą podciśnienia przez przerwy między rurami separacyjnej przegrody rurowej do części separacji końcowej komory topnienia gdzie w wyniku interakcji ze ścianą tylną następuje osadzenie pozostałych cząstek stałych popiołu, które po przejściu w fazę ciekłą jest przemieszczany grawitacyjnie do wylotu leja wzdłuż skośnych ścian usytuowanych pod kątem w przedziale 2°- 10° do poziomu a następnie siłą ciężenia jest transportowany do instalacji odbiorczo-schładzającej w której następuje jego krystalizacja do postaci stałej, jednocześnie w wyniku doprowadzenia przez dysze dopalające umieszczone bezpośrednio nad przewężeniem między częścią komory topnienia a komorą dopalającą, powietrza dopalającego o współczynniku nadmuchu powietrza w zakresie 1,10 - 1,30 korzystnie 1,20 i prędkości wypływu w zakresie 36 m/sek – 42 m/sek następuje zawirowanie spalin w górnej części komory topnienia przyspieszające i intensyfikujące wyprowadzenie spalin przez jednostronną korzystnie prawostronną część wylotową.

Istota kotła energetyczny do niskoodpadowego spalania paliw pylistych zwłaszcza biomasy i paliw alternatywnych w postaci stałych odpadów komunalnych z dodatkiem popiołu odpadowego zawierający komorę paleniskową z lejem, palniki wirowe doprowadzające mieszaninę pyłowo-powietrzną, dyszę powietrza pierwotnego, dyszę powietrza OFA, komorę topnienia połączoną w dolnej części z lejem kotła a w górnej części przez przewężenie z komorą dopalania polega na tym, że w górnej części kotła energetycznego, równoległe do bocznych ścian pionowych na szerokości w zakresie 0,35 - 0,45, korzystnie 0,4 szerokości górnej części kotła jest umieszczona pionowa przegroda dzieląca część górną kotła wzdłuż osi pionowej na usytuowaną jednostronnie korzystnie lewostronnie, część wlotową paliwa oraz usytuowaną jednostronnie korzystnie prawostronnie, część wylotową spalin przy czym pionowa przegroda jest zakończona w swej części dolnej kierownicą, korzystnie w postaci lewostronnego zagięcia poziomego pod kątem 140° - 150° do osi usytuowaną na wysokości izolacyjnej wymurówki korzystnie betonowej komory topnienia w kształcie litery "U" zakończonej lejem z wylotem dolnym o skośnych ścianach bocznych tworzących kąt w przedziale 2° - 10° z osią poziomą przy czym między skośną ścianą leja, korzystnie prawostronną ścianą leja a kierownicą pionowej przegrody jest zainstalowana trwale wzdłuż długości jej lewostronnego zagięcia, za pomocą ścian mocujących separującą, wielopłaszczyznowa przegroda rurowa korzystnie trójpłaszczyznowa z rzędami równoległych rur rozmieszczonych w jednakowych wzajemnych odległościach, dzieląca komorę topnienia w kształcie litery "U" na część odpylającą oraz część separacji końcowej przy czym część odpylająca komory topnienia jest połączona w swej górnej części z jednostronną, korzystnie lewostronną częścią wlotową paliwa przez przewężenie stanowiące 80-85% przekroju

części wlotowej paliwa, zakończoną od góry stropem usytuowanym pod kątem w przedziale 10° - 15° do osi poziomej w którym zamocowane są w jednakowych odległościach za pomocą dyfuzorów stożkowych o kącie rozwarcia kanałów wylotowych 40° - 50° korzystnie 45° , palniki wirowe osadzone współśrodkowo w dyszach powietrza pierwotnego oraz wyposażoną we wlot popiołu odpadowego doprowadzanego ze źródła zewnętrznego, ponadto część separacji końcowej komory topnienia jest połączona powyżej izolacyjnej wymurówki, korzystnie betonowej z komorą dopalania przez przewężenie stanowiące 80-85% przekroju komory dopalania przy czym bezpośrednio poniżej przewężenia, komora dopalania jest wyposażona w dyszę powietrza wtórnego dopalającego a poniżej wylotu leja kotła energetycznego jest umieszczona instalacja odbiorczo-schładzająca stopionego popiołu.

Wynalazek został uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przekrój podłużny kotła energetycznego do niskoodpadowego spalania lekkiego paliwa pylistego, fig. 2 rozmieszczenie palników podających mieszaninę paliwowo powietrzną do kotła energetycznego w widoku z góry, a fig. 3 przekrój boczny komory topnienia wzdłuż przegrody rurowej.

Kocioł energetyczny do spalania przykładowo biomasy pochodzenia rolniczego z dodatkiem popiołu odpadowego o wydajności 180 t/h pary i mocy 135 MW przedstawiony schematycznie w przekroju podłużnym na fig.1 posiada zainstalowaną w górnej części kotła energetycznego na szerokości 0,35 - 0,45 przykładowo na 0,4 szerokości górnej części kotła równoległe do ścian pionowych przegrodę PP dzielącą górną część

kotła energetycznego na jednostronną przykładowo lewostronną część wlotową WL i jednostronną przykładowo prawostronną część wylotową spalin WYS. Według wynalazku część wlotowa paliwa CWL kotła posiada zainstalowane w stropie ST palniki wirowe P doprowadzające mieszaninę rozdrobnionej biomasy o średnicy ziarna 1,2 - 1,5 mm z powietrzem pierwotnym doprowadzonym przez dysze powietrza D.

Przykładowo dla kotła o mocy 135MW użyte są 3 palniki wirowe P o mocy 45 MW. Palniki wirowe P są osadzone centrycznie w dyszach D powietrza pierwotnego i zainstalowane w jednej linii stropu ST jak pokazano na fig. 2 w jednakowej odległości wzajemnej w dyfuzorach DF w kształcie ściętego stożka o kącie rozwarcia kanałów w przedziale 40° - 50°, przykładowo 45° w części wlotowej paliwa CWL kotła. Ponadto część wlotowa paliwa CWL jest wyposażona we wlot WLP do wprowadzenia popiołu odpadowego z źródła zewnętrznego w ilości przykładowo 1kg popiołu na 2,5 kg biomasy, usytuowany przy pionowej ścianie SP. Poniżej części wlotowej CWL kotła energetycznego jest usytuowana według wynalazku część pierwsza odpylająca TK₁ komory topnienia TK w kształcie litery "U" obejmującej obrysem "U" kształt leja L kotła energetycznego z wylotem dolnym WYL o ścianach bocznych nachylonych pod kątem α_3 w zakresie 2° - 10° przykładowo 8°. Prawa część KT₂ komory topnienia TK w kształcie litery "U" Jest umieszczona według wynalazku poniżej komory dopalania DP usytuowanej w prawostronnej części wylotowej WYS kotła energetycznego. Według wynalazku ekrany ścian komory topnienia TK, są wyłożone warstwą betonu ogniotrwałego o wysokiej wytrzymałości mechanicznej i wysokim współczynnikiem termicznym, rzędu 0,5 W/mK Według wynalazku przegroda pionowa PP jest wyposażona na swoim dolnym końcu usytuowanym na wysokości betonowej wymurówki ścian komory topnienia TK w kierownicę KL w postaci zagięcia lewostronnego

pod kątem α_2 w zakresie 140° - 150° do osi pionowej Q , zapewniającą powstanie przewężenia PW_1 na długości zagięcia między częścią wlotową paliwa CWL a częścią odpylającą komory topnienia TK . Kierownica KL jest połączona według wynalazku wzdłuż długości lewostronnego zagięcia, ze skośną ścianą leja L kotła z separacyjną wielowarstwową przegrodą rurową PR za pomocą ścian mocujących SM z izolacyjnej wymurówki betonowej usytuowanych w płaszczyźnie pierwszej warstwy rurowej separacyjnej przegrody rurowej PR . Przykładowo w kotle o mocy 135 MW separacyjna przegroda rurowa PR o szerokości 8,1 m posiada 3-y warstwy rur R_{1-3} o zewnętrznej średnicy 51 mm przy odległości pomiędzy rzędami 150 mm. Liczba rozmieszczonych w 3-ech płaszczyznach R_{1-3} zapewnia prędkość przepływu spalin w zakresie 20m/sek - 25m/sek. Przegroda rurowa PR dzieli komorę topnienia TK na część pierwszą TK_1 odpylającą i część drugą TK_2 separacji końcowej. W części odpylającej TK_1 następuje odparowanie wilgoci, wydzielenie części lotnych paliwa biomasowego o niedomiarze powietrza o współczynniku 0,85, w temperaturze 1400°C - 1450°C . Niedomiar powietrza w części TK_1 komory topnienia TK zapewnia niepełne spalanie paliwa biomasowego w atmosferze redukcyjnej w temperaturze 1400°C zapewniającej stopień popiołu przy jednoczesnym ograniczeniu emisji tlenków azotu NO_x .

Zapewnienie lokalizacji palników wirowych P w stropie ST stanowiącym górne zakończenie części wlotowej CWL usytuowanym pod kątem α_1 w zakresie 10° - 15° do poziomu, określenie stopnia zawirowania jak również zastosowanie dyfuzorów DF o określonych według wynalazku kątach rozwarcia kanałów wylotowych, powoduje równomierne wypełnienie przez mieszaninę biomasowo-powietrzną części odpylającej TK_1 komory topnienia TK .

Po drugiej stronie separacyjnej przegrody rurowej PR zainstalowanej w komorze topnienia TK w kształcie litery "U" znajduje się część separacji końcowej TK₂ w której ma miejsce dalsze wychwytywanie pozostałych po przejściu przez przegrodę rurową PR cząstek stałych paliwa następujące w wyniku interakcji spalin z powierzchnią tylnej ściany komory topnienia TK₂ w temperaturze 1250°C po przejściu przez przegrodę rurową PR. Wyłożone betonem izolacyjnym ściany części TK₂ komory topnienia TK posiadają temperaturę od 1200°C do 1250°C umożliwiające spływ stopionego popiołu do wylotu WYL leja L kotła energetycznego. Nad poziomem izolacyjnej wymurówki betonowej części TK₂ komory topnienia TK znajduje się komora dopalania DP usytuowana w prawostronnej części wylotowej spalin WYS, kotła, wyposażona przykładowo w osiem dysz OFA doprowadzających powietrze dopalające w nadmiarze o współczynniku nadmiaru powietrza 1,10 - 1,30 przykładowo wynoszącym 1,20 zapewniającym dopalenie tlenku węgla CO powstałego w redukcyjnej atmosferze w części odpylającej TK₁ komory topnienia TK. Dopalające dysze OFA umieszczone według wynalazku poniżej przewężenia PW₂ między częścią separacji końcowej TK₂ komory topnienia TK a komorą dopalania DP zawartego w przedziale 80 - 85% przekroju komory dopalania DP wymuszają prędkość powietrza w zakresie 36 m/sek – 42 m/sek, co zapewnia intensyfikację mieszania spalin i powietrza dopalającego dzięki czemu następuje równomierne wznoszenie spalin wylotowych z części separacji końcowej TK₂ komory topnienia TK do komory dopalania DP a następnie do części konwekcyjnych kotła energetycznego umieszczonych nad komorą dopalania DP. Wychwycony i stopiony popiół ścieka grawitacyjnie po ścianach obydwu części TK₁ i TK₂ komory topnienia TK a także zewnętrznych powierzchni rur przegrody rurowej PR do ścian leja L

komory paleniskowej których nachylenie pod kątem α_3 zawartym w przedziale $2^\circ - 10^\circ$ przykładowo 8° do osi poziomej O' zapewnia jego swobodne spływanie do wylotu dolnego WYL. Ciekły popiół po wypłynięciu przez otwór wylotowy WYL leja L wpada siłą ciężenia do instalacji schładzającej KLG w której następuje obniżenie temperatury poniżej temperatury krystalizacji przykładowo do temperatury $1000^\circ\text{C} - 1200^\circ\text{C}$, tworząc zwarte struktury produktu końcowego który po przetworzeniu nadają się do zastosowań przemysłowych na przykład jako kruszywo w budownictwie lub materiał ścierny w przemyśle elektromechanicznym.

RZECZNIK PATENTOWY
Danuta Janowska
mgr inż. Danuta Janowska