



Wielopaliwowy kocioł z rusztem rolkowym

A multi-fuel roller grate boiler

dr inż. Wojciech MOKROSZ^a, Marek KUŹMA^b, dr inż. Robert KUBICA^c



W KILKU SŁOWACH

Kocioł z mechanicznym rusztem, do kontrolowanego spalania różnych typów paliw, w tym węgla i biomasy, to nowoczesny, ekologiczny kocioł wielopaliwowy, na paliwa stałe, średniej mocy. Wyposażony jest on w mechaniczny, naciśnieniowy ruszt rolkowy o regulowany pochyleniu. Nowatorskie rozwiązanie paleniska, w tego typu urządzeniach, umożliwia zasilanie kotła paliwami węglowymi bądź biomasą o zróżnicowanych parametrach. Kocioł ten służy zarówno do wytwarzania wody ciepłej do ogrzewania pomieszczeń (CO), jak również wody użytkowej (CWU). Obok podstawowych elementów konstrukcyjnych i funkcjonalności kotła, przedstawione zostały również parametry pracy urządzenia określone w ramach badań certyfikacyjnych prowadzonych przez akredytowaną jednostkę.



SUMMARY

Equipped with a mechanical grate for the controlled burning of various fuels, including coal and biomass, the modern eco-friendly multi-fuel boiler is a medium capacity boiler for solid fuels. Its mechanical positive-pressure roller grate comes with an adjustable angle of inclination. The innovative furnace design makes it possible to supply the boiler with coal fuels and biomass of varied parameters. The boiler is used to generate both hot water for space heating (CH) and water for domestic use (DHW). In addition to the basic construction elements and functions, the article discusses boiler performance parameters, which have been established in the course of certification testing carried out by an accredited certification body.

Znane są i stosowane kotły opalane paliwami stałymi, w tym:

- węglem, o różnym uziarnieniu oraz kompaktowanymi paliwami węglowymi, jak: brykiety, pelety oraz
- biomasą - drewnem kawałkowym, zrębkami, kompaktowanymi paliwami biomasowymi, jak brykiety, pelety) oraz
- mieszkami węgla i rozdrobnionej biomasy, zasilane ręcznie i automatycznie.

Wśród tych kotłów rozróżnić należy trzy podstawowe techniki organizacji procesu spalania:

- współprądowe spalanie (paliwo i powietrze spalania wprowadzane są do strefy spalania w tym samym kierunku),
- przeciwprądowe spalanie (paliwo i powietrze

spalania wprowadzane są do strefy spalania w przeciwnym kierunku – tradycyjne piece i kotły komorowe) oraz

- spalanie w prądzie krzyżowym.

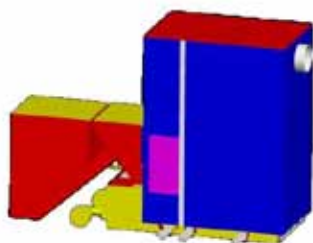
Spalanie współprądowe realizowane jest głównie w kotłach retortowych z automatyzacją procesu spalania – automatycznie podawanym paliwem i powietrzem spalania do komory paleniskowej kotła. Kotły te charakteryzują się wysoką sprawnością energetyczną (w zakresie od 78% - 92%), z nieznacznymi jej zmianami w zakresie od 30% do 100% nominalnej mocy cieplnej oraz wysoką efektywnością ekologiczną (niska emisja CO, OGC i PM). Kotły realizujące spalanie w prądzie krzyżowym (dolne spalanie) mogą być zasilane paliwem półautomatycznie (gravitacyjne wprowadzanie paliwa do strefy spalania) lub automatycznie. Wśród tych ostatnich rozróżniamy kotły podsuwowe, tłokowe, z rusztem taśmowym (łuskowe). Kotły te cechuje, podobnie jak kotły retortowe, automatyczne sterowanie podawania paliwa, regulowana i kontrolowana ilość powietrza wprowadzanego do komory spalania. Osiągają one sprawność energetyczną zbliżoną do kotłów retortowych, lecz charakteryzują się wyższą emisją CO, OGC i PM.

Podstawowym elementem kotła jest mechaniczny ruszt, na którym spala się określona porcja paliwa. Obsługa ogranicza się do okresowego uzupełnienia paliwa w zasobniku oraz odprowadzania popiołu. Kotły, oferowane przez różnych producentów, nie różnią się zasadniczo co do sposobu realizacji procesu spalania a jedynie różnią się szczegółami konstrukcyjnymi.¹

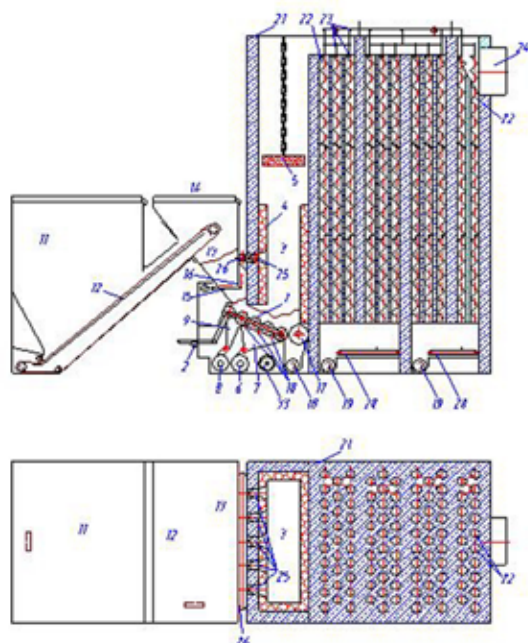
Rozwiązanie konstrukcyjne

Oryginalna konstrukcja kotła Rys.1-3. została opracowana z wykorzystaniem rozwiązań stanowiących przedmiot zastrzeżenia patentowego.

a- Mokrosz Sp. z o.o. ul. Kozielska 2a, 47-430 Rudy
b- PPHU STALMARK, Chemiczków 1, 32-600 Oświęcim
c- Politechnika Śląska w Gliwicach, Katedra Aparatury Chemicznej i Procesowej, ul. Ks. M. Strzody 7, 44-100 Gliwice



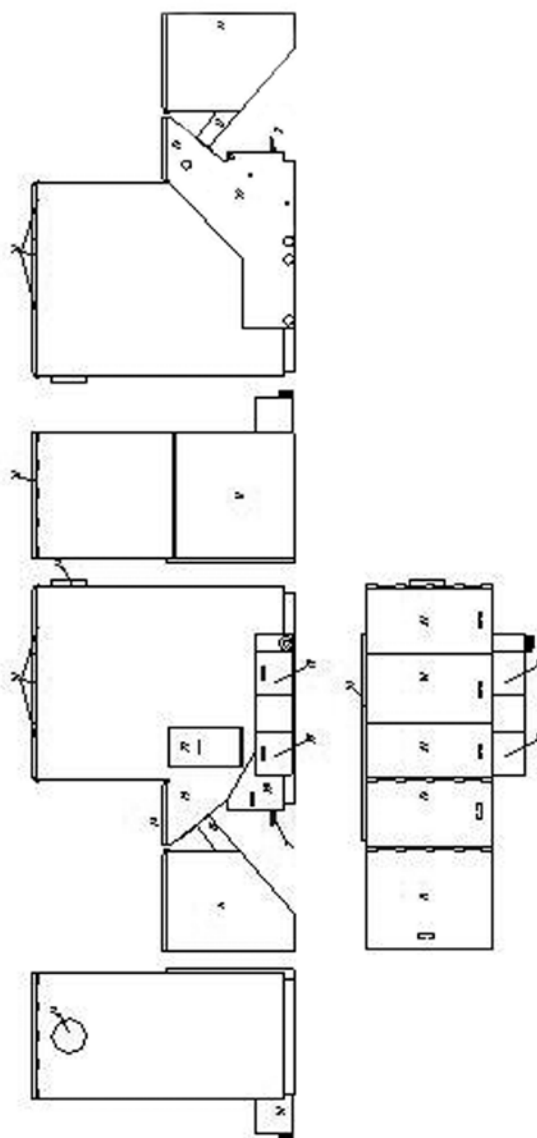
Rys.1. Kocioł wielopaliwowy Stalmark-2



Rys.2. Schemat kotła wielopaliwowego

Kocioł został opracowany z wykorzystaniem rozwiązań stanowiących przedmiot zastrzeżenia patentowego. Urządzenie posiada mechaniczny, nadciśnieniowy ruszt rolkowy o regulowany pochyleniu, dzięki czemu możliwe jest zasilanie kotła paliwami węglowymi bądź biomasą o zróżnicowanych parametrach. Ponadto kocioł składa się z sekcji wodno-rurkowej, wentylatora podmuchowego oraz dodatkowego wentylatora bądź strumienicy, zasysających spaliny odlotowe, które dalej podawane są na pierwszą część rusztu – przed palenisko. Spaliny zasysane są przez sekcję rur (płomieniówek) wymiennika ciepła kanałem wewnątrz kotła.

Rozwiązanie takie powoduje podgrzanie, osuszenie i następcze wstępne odgazowanie paliwa. Powietrze pierwotne podawane jest do spalania na kolejną część rusztu – palenisko główne. Między rolkami rusztu zabudowane zostały żaluzje pozwalające na korzystną regulację ilości powietrza pierwotnego podawanego na poszczególne strefy rusztu stosownie do



Rys.3. Widoki kotła wielopaliwowego

spalanego paliwa. Pochylenie oraz prędkość obrotowa rolek rusztu umożliwiają spiętrzenie warstwy paliwa nad paleniskiem. Układ taki gwarantuje całkowite i zupełne spalanie paliwa, w tym dopalanie tlenku węgla i węglowodorów wydzielanych w początkowej fazie spalania (przed-palenisko). Ostatnia z rolek rusztu, o większej średnicy porusza się w kierunku przeciwny do obrotu pozostałych rolek. Układ taki umożliwia rozdrabnianie popiołu odprowadzanego do popielnika. Spaliny powstające w procesie spalania przepływają do komory paleniskowej, w której dopala się je na ceramicznych elementach, przy czym do strefy dopalania doprowadzana jest kontrolowana ilość powietrza wtórnego (poza rusztem) przez układ uchylnych dysz o regulowanym kierunku podawania powietrza – dysze ruchome.





Konstrukcja dysz pozwala na ukierunkowanie przepływu powietrza wtórnego do strefy wysokich temperatur, w której przebiega właściwy proces spalania. Ponadto, w reżimie transportu pneumatycznego możliwe jest dozowanie addytywów ograniczających emisję kwaśnych zanieczyszczeń gazowych (HCl, SO₂, NO_x). Po opuszczeniu komory spalania spaliny przepływają przez sekcję wodno-rurkową, w której ulegają wstępnemu odpyleniu. Zarówno popiół spod paleniska głównego jak i opadające gorące pyły w części wymiennikowej kotła usuwane są na zewnątrz kotła za pomocą mechanicznego układu odpopielania.

W płomieniówkach sekcji wodno-rurkowej zabudowane zostały spiralne elementy automatycznego układu oczyszczania powierzchni wymiany ciepła. Efekt oczyszczania uzyskuje się przez pionowy, posuwisto-zwrotny ruch spiralnych segmentów oczyszczających. Dodatkowym efektem zabudowania elementów czyszczących są zaburzenia przepływu gazów spalinowych przy ściankach płomieniówek, gdzie występuje kluczowy opór wymiany ciepła. Turbulencje w warstwie przyściennej powodują więc intensyfikację wymiany ciepła.

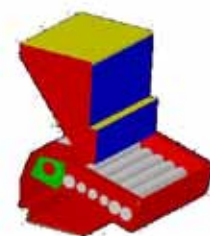
Paliwo podawane jest z zasobnika przenośnikiem mechanicznym np. z ruchomą podłogą (podajnik zgrzeblowy) do zasobnika pośredniego. Zastosowanie takiego układu umożliwia automatyczne zasilanie kotła paliwami o zróżnicowanych parametrach, w tym paliwami o dużym kącie naturalnego zsypania. Zasobnik pośredni wyposażony został w podajnik posuwowy gwarantujący przerwanie strumienia paliwa.

Palenisko - ruszt rolkowy

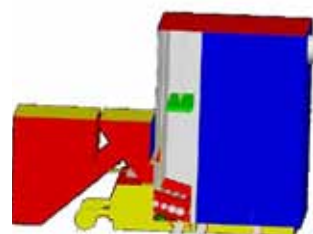
Kocioł składa się z rusztu rolkowego 1 o pochyleniu regulowany za pomocą dźwigni 2, umieszczonego w komorze paleniskowej 3. Wizualizacja rusztu rolkowego przedstawiona została na Rys.5. Ostatnia rolka paleniska rolkowego 17 obraca się w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu rolek rusztu, w sposób umożliwiający rozdrabnianie popiołu odprowadzane do popielnika.

Obmurze komory paleniskowej (Rys.5.) wykonane zostało z elementów ceramicznych 4. Nad komorą paleniskową zawieszony został ce-

ramiczny deflektor 5 o własnościach katalitycznych.



Rys.4. Ruszt rolkowy



Rys.5. Widok komory paleniska z deflektorem o własnościach katalitycznych

Wentylatorem 6 przez kosz 7 podawane jest powietrze pierwotne do spalania. Wentylatorem 8 przez płomieniówki ostatniego ciągu i kanał wewnątrz kotła zasysane są spaliny, które dalej podawane są przez kosz 9 na przed-palenisko, gdzie następuje ogrzanie, suszenie i wstępne zgazowanie paliwa. Ruchome żaluzje 10 umożliwiają regulację ilości powietrza pierwotnego podawanego na poszczególne strefy rusztu.

Układ podawania paliwa

Paliwo podawane jest z zasobnika 11 wyposażonego w ruchomą podłogę 12 do zasobnika pośredniego 13. W przypadku awarii podajnika w zasobniku z ruchomą podłogą, paliwo może być ręcznie podawane do zasobnika pośredniego po otwarciu drzwi inspekcyjnych 14. Z zasobnika pośredniego 13, paliwo podawane jest na ruszt rolkowy podajnikiem posuwowym 15. Ilość podawanego paliwa regulowana jest skokiem podajnika posuwowego 15 oraz położeniem warstwownicy 16.

Układ automatycznego odpopielania i oczyszczania

Popiół z popielnika odprowadzany jest na zewnątrz za pomocą podajnika ślimakowego 18 stanowiącego część automatycznego układu odpopielania. Pył wydzielony ze spalin w dolnej części kotła nagarniany jest za pomocą prze-



nośników zgrzeblowych 20, do podajników ślimakowych 19, po czym wyprowadzany na zewnętrz kotła.

Sekcja wodnorurkowa

Powyżej obmurza paleniska spaliny kontaktują się z płaszczem wodnym 21, a następnie przepływają do sekcji wodno-rurkowej składającej się z płomieniówek 22, wykonanej zgodnie z normą EN303-5. Powierzchnia wymiany ciepła wewnątrz płomieniówek jest automatycznie oczyszczana za pomocą spiralny elementów automatycznego układu oczyszczania 23. Spaliny ostatecznie wytłacza się do przewodu kominowego przez czopuch 24. W płaszczy wodnym, chronionym obmurem komory paleniska zabudowane zostały ruchome dysze 25 umożliwiające doprowadzenie wtórnego powietrza spalania. Dysze zasilane są z kolektora 26. Układ ten umożliwia kontrolę nad miejscem podawania powietrza wtórnego tak, aby trafiało ono do strefy komory paleniska o możliwie najwyższej temperaturze, co zapobiega nadmiernej emisji kotła związanej z efektem „zimnej ściany”.

Pozostałe elementy

Dodatkowo układ dysz umożliwia podawanie do komory paleniska addytywów ograniczających emisję zanieczyszczeń gazowych. Dozowanie dodatków redukujących emisję zanieczyszczeń odbywa się w reżimie transportu pneumatycznego. Mechaniczny ruszt rolkowy 1, oraz pozostałe mechaniczne elementy kotła, w tym ruchoma podłoga 12, podajnik posuwowy 15, podajniki ślimakowe 18, 19 i przenośniki zgrzeblowe 20 układu automatycznego odpowielania oraz układ automatycznego oczyszczania powierzchni wymiany ciepła 23, napędzane są silnikiem 36 umieszczonym pod rusztem 1. Operacja rozpalania kotła lub inspekcji komory 3 spalania z ceramicznym obmurem 4, możliwa jest przez drzwi 27. Okresowa konserwacja rusztu odbywa się przez drzwi 28. Podajniki ślimakowe 18, 19 układu automatycznego odpowielania odprowadzają popiół i pył do szczelnych zasobników 29, 30, z których jest on okresowo usuwany. Inspekcja części wodno-rurkowej możliwa jest przez włazy 31 umieszczone na

stropie kotła. Przeniesienie napędu z silnika 33 na poszczególne elementy ruchome kotła odbywa się za pomocą przekładni łańcuchowych lub zębatych umieszczonych pod obudową 32 na tylnej ścianie

Parametry pracy

Parametry pracy kotła określone zostały w ramach badań kwalifikacyjnych, na znak bezpieczeństwa ekologicznego, prowadzonych przez Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla. Badania prowadzono przy nominalnej mocy cieplnej kotła, zgodnie z normą PN-EN 303-5. Wyniki badan zestawiono w tablicy 1. W ramach badań potwierdzono, iż nowatorskie rozwiązanie konstrukcyjne, przy założonej w projekcie powierzchni wymiany ciepła, umożliwia osiągnięcie bardzo wysokiej sprawności energetycznej. Jednocześnie poszczególne elementy konstrukcyjne stanowiące zastrzeżenia powiązane w zgłoszeniu patentowym w istotny sposób przyczynią się do ograniczenia ilości emitowanych zanieczyszczeń.

Rodzaj badania/metoda badania	Symbol	Jedn.	Wartość ± niepewność pomiaru
Oznaczenie sprawności spalania wg. Q/LS/01/A 2011	η	%	86,7 ± 1,5
Wskaźniki emisji zanieczyszczeń emitowanych podczas spalania paliw stałych i biomasy wg. procedury Q/LS/02/A 2011			
Tlenek węgla	C_{CO}	mg/MJ	474,3 ± 7,7
Dwutlenek siarki	C_{SO_2}	mg/MJ	662,3 ± 10,7
Dwutlenek azotu	C_{NO_2}	mg/MJ	138,2 ± 2,2
Węglowodorów C_3	C_{allif}	mg/MJ	-
Pyłu	C_{PYL}	mg/MJ	44,0 ± 0,8
Zanieczyszczeń organicznych	z pyłu C_{orgPYL}	mg/MJ	21,3 ± 0,4
	całkowitej C_{org}	mg/MJ	25,0 ± 0,4
Benzo(a)pirenu	z pyłu $C_{B(a)P PYL}$	μg/MJ	-
	całkowitej $C_{B(a)P}$	μg/MJ	6,4 ± 0,1
Suma WWA	z pyłu $C_{WWA PYL}$	μg/MJ	-
	całkowitej C_{WWA}	μg/MJ	123,0 ± 2,0
Tlenek węgla	E_{CO}	g/kg	12,2 ± 0,2
Dwutlenek siarki	E_{SO_2}	g/kg	17,0 ± 0,3
Dwutlenek azotu	E_{NO_2}	g/kg	3,5 ± 0,1
Węglowodorów C_3	E_{allif}	g/kg	-
Pyłu	E_{PYL}	g/kg	1,13 ± 0,02
Zanieczyszczeń organicznych	z pyłu E_{orgPYL}	g/kg	0,55 ± 0,01
	całkowitej E_{org}	g/kg	0,64 ± 0,01
Benzo(a)pirenu	z pyłu $E_{B(a)P PYL}$	mg/kg	-
	całkowitej $E_{B(a)P}$	mg/kg	0,164 ± 0,003
Suma WWA	z pyłu $E_{WWA PYL}$	mg/kg	-
	całkowitej E_{WWA}	mg/kg	3,14 ± 0,05

Tab.1. Parametry energetyczno emisyjne kotła wielopaliwowego

Stwierdzono, że badana jednostka grzewcza spełnia wymagania stawiane kotłom na paliwo stale odpowiadające najwyższej klasie „A”.