

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 246389 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **442264**

(22) Data zgłoszenia: **2022.09.13**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.03.18 BUP 12/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.01.20 WUP 03/2025**

(51) MKP:

F23J 15/06 (2006.01)

F23J 15/04 (2006.01)

F23L 7/00 (2006.01)

F23L 15/00 (2006.01)

F24H 8/00 (2022.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**LOSENTECH SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Rybnik, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MAKSYMILIAN GADEK, Rybnik, PL
JAROSŁAW KABIESZ, Cieszyn, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Marta Miczkowska, Gliwice, PL

(54) Tytuł:

Sposób oraz układ odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw

PL 246389 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób oraz układ odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw, przeznaczony do stosowania przy spalaniu paliw wilgotnych oraz suchych, w szczególności biomasy, ale także węgla kamiennego, węgla brunatnego i gazu ziemnego, biogazu, wodoru oraz innych gazów powstałych ze spalania paliw kopalnych oraz syntetycznych.

Współczesne trendy wymuszają poszukiwania nowych źródeł energii oraz efektywnego wykorzystania źródeł już znanych. Jednym ze sposobów odzysku energii jest jej zawrót do kotła z jednoczesnym wykorzystaniem kondensacji pary wodnej. Bezprzeponowy charakter odzysku ciepła pozwala na bardzo efektywne wykorzystanie potencjału energetycznego. Stosowane dotychczas przeponowe wymienniki ciepła mogą wykorzystać ciepło spalin do osiągnięcia przez nie temperatury 130°C. Dalsze obniżanie temperatury może powodować przekroczenie kwasowego punktu rosy, który działa silnie korozyjnie na wymiennik ciepła. Rozwiązania wykorzystujące ciepło poniżej tej wartości temperaturowej są mało efektywne ze względu na niewielką różnicę temperatur między spalinami a ogrzewaną cieczą. Konstrukcja takich wymienników również jest skomplikowana i kosztowna ze względu na potrzebę stosowania dużej powierzchni wymiany ciepła. Ponadto, ze względu na niską wilgotność niektórych rodzajów paliw odzysk ciepła poprzez kondensację jest niemożliwy lub ekonomicznie nieuzasadniony.

Znane instalacje łączące odzysk ciepła z mokrym oczyszczaniem spalin wymagają stosowania niskotemperaturowego czynnika obiegowego (chłodzącego) w wymiennikach przeponowych oraz bezprzeponowych.

Celem wynalazku jest optymalizacja procesów odzysku ciepła odpadowego oraz ograniczenie strat ciepła w ciągu przepływu spalin.

Znane jest z opisu patentu US5293841 urządzenie, w którym za pomocą dwóch wymienników ciepła przenosi się dodatkowe ciepło gazów spalinowych do powietrza pierwotnego. Jeden z wymienników ciepła jest podłączony do przewodu gazów spalinowych, a drugi jest podłączony do przewodu powietrza pierwotnego. Ciepło jest przenoszone pomiędzy tymi dwoma wymiennikami ciepła za pomocą nośnika ciepła, który przepływa przez wymienniki w obwodzie zamkniętym. Z opisu patentu EP2949997B1 znany jest sposób i układ do przenoszenia ciepła z gazów spalinowych, w którym gaz spalinowy przepuszczany przez płuczkę jest chłodzony cieczą płuczącą, która cyrkuluje między skrubem gazów spalinowych a wymiennikiem ciepła. Ciecz płuczająca, np. woda cieplownicza, jest podzielona na części, które przepływają wzdłuż różnych ścieżek przepływu. Pierwsza część płynu chłodzi się zanim zostanie przepuszczona przez pierwszy wymiennik ciepła, a uwolnione ciepło jest przenoszone do drugiej części płynu.

Urządzenie do odzysku ciepła zwłaszcza ze spalin kominowych, znane z opisu wzoru użytkowego PL54221Y1, wyposażone jest w wymiennik ciepła, którego część grzewcza dołączona jest do komina z jednej strony poprzez przepustnicę, a z drugiej strony poprzez wentylator. Część ogrzewana połączona jest z odbiornikiem pary oraz z instalacją wodną.

Układ do ogrzewania wody za pomocą gorących gazów z przemiany cieplnej przez zgazowanie lub spalanie paliw stałych, znany jest z EP1946006B1. Ciepło odzyskuje się z gorącego gazu wytworzonego w reaktorze przez wtryskiwanie wody do gazu w jednej lub kilku strefach wtrysku w celu obniżenia temperatury gazu wskutek parowania wody. Następnie gaz przeprowadza się przez kondensacyjny wymiennik ciepła, a ciepło kondensacji wykorzystuje do ogrzewania strumienia płynu. Sposób oraz układ odzysku ciepła ze spalin wylotowych z generatora pary według EP2435761B1, w którym układ zawiera przewód wylotowy gazów spalinowych, wyznaczający ścieżkę przepływu z wylotu gazów spalinowych z generatora pary do złącza przewodu gazów spalinowych; pierwszy przewód gazów spalinowych wyznacza ścieżkę przepływu gazów spalinowych od złącza do pierwszej nagrzewnicy powietrza; drugi przewód gazu spalinowego wyznacza ścieżkę przepływu gazu spalinowego od złącza do co najmniej jednego wysokociśnieniowego i co najmniej jednego niskociśnieniowego ekonomizera cieczy procesowej. Sposób odzysku ciepła ze spalin implementuje zasady przepływu gazów w układzie przez podzielone na dwa strumienie gazy spalinowe. Zawiera również etap łączenia strumieni gazów spalinowych przez podgrzewacze, a połączony strumień poddaje się kolejno wymianie ciepła ze strumieniem pierwotnego powietrza.

Z opisu patentu CN105157052B znane jest urządzenie do odzyskiwania ciepła odpadowego ze spalin, składające się z zespołu gazów spalinowych, zespołu nawilżacza, zespołu wymiennika ciepła para-woda i zespołu suszarki. Zespół gazów spalinowych posiada połączone zespoły komory

spalania oraz komorę spalania, przy czym wlot do zespołu spalania jest połączony z wylotem powietrza zespołu nawilżacza a wylot spalin komory spalania połączony jest z wlotem spalin zespołu wymiennika ciepła para-woda. Natomiast wylot gazów spalinowych zespołu wymiennika ciepła para-woda jest połączony z wlotem spalin suszarki. Wylot gazów spalinowych suszarki otwiera się do komina połączonego z otoczeniem. Wylot gorącej wody z zespołu suszarki jest podzielony na dwie linie, przy czym jedna linia wypływa na zewnątrz rurociągiem, a druga wchodzi do zespołu nawilżacza. Wylot wody chłodzącej zespołu nawilżacza jest połączony z wlotem wody chłodzącej zespołu suszarki poprzez pompę natryskową suszarki. Ponadto wlot wody ciepłowniczej powrotnej do zespołu wymiennika ciepła para-woda jest połączony z rurociągiem powrotnym wody, a wylot gorącej wody ciepłowniczej zespołu wymiennika ciepła para-woda jest połączony z rurociągiem rozprawdzającym gorącą wodę.

Sposób wykorzystania ciepła odzyskanego w układach schładzania niskotemperaturowych spalin odprowadzanych do otoczenia, zwłaszcza z komór spalania, według PL216645B1, polega na tym, że strumień ciepła, który odzyskuje się w procesie schłodzenia spalin wykorzystuje się do podwyższenia temperatury mediów to jest powietrza i paliwa do spalania na wejściu do kotła, wody dodatkowej uzupełniającej straty kondensatu w kotłach lub do zmiany parametrów wody grzewczej cyrkulującej w obiegu CO/CWU. W kotle odzysknicowym (cHRSRG) z kondensacją, znanym z opisu patentu EP3394402B1, podstawowy obieg wody zawiera pętlę recyrkulacji z podgrzewaczem, umiejscowionym na wejściu głównego strumienia gorącego gazu spalinowego w kominie głównym, a wtórny obieg wody jest wyposażony w człon zapotrzebowania na ciepło przez końcowego użytkownika. Pierwszy wymiennik ciepła jest przeznaczony do wymiany ciepła pomiędzy podstawowym a wtórnym obiegiem wody. Środki do co najmniej częściowego odzysku ciepła utajonego są przystosowane do podgrzewania wody w podgrzewaczu podstawowego obiegu wody i do przenoszenia ciepła do członu zapotrzebowania na ciepło przez końcowego użytkownika we wtórnym obiegu wody za pośrednictwem pierwszego wymiennika ciepła. Ciepło utajone jest częściowo odzyskiwane z gorących gazów spalinowych krążących w kominie obejściowym przez drugi wymiennik ciepła, a dodatkowe ciepło jest pobierane w obiegu wody przez pompę ciepła.

Z opisu patentu PL228620B1 znany jest sposób chłodzenia kondensatu oraz odzyskiwania z niego ciepła w instalacji kotłowej, w którym ciepło z gorącej cieczy skraplanej z pary przekazuje się do przepływu czynnika. Do bezpośredniego kontaktu z gorącym kondensatem doprowadza się jedynie część powietrza spalania wprowadzanego do kotła, nie więcej niż 25% objętości całkowitej jego ilości, z którego ciepło oraz wilgotność przekazuje się w bezpośrednim kontakcie do powietrza spalania, poprzez co kondensat chłodzi się. Uzyskany przez kondensowanie gazów spalinowych kondensat, ochłodzony do temperatury wylotowej pomiędzy 20 a 40°C, odprowadza się. W instalacji schładzania spalin, według wynalazku DE19609014A1, spaliny są wstępnie schładzane powrotną wodą grzewczą CO w wymienniku przeponowym a w skruberze z wypełnieniem są dochładzane wodą obiegową do temperatury poniżej 15°C. Natomiast z wody obiegowej odbiera się ciepło w zewnętrznym układzie chłodzącym. Sposób i układ odzyskiwania ciepła z gazu spalinowego kotła, znany z opisu patentu EP3633272B1, obejmuje przepuszczanie gazów spalinowych przez urządzenie do chłodzenia gazów spalinowych, schładzanie gazów spalinowych w układzie chłodzenia gazów spalinowych, przy czym wspomniane chłodzenie obejmuje chłodzenie poprzez obieg cieczy chłodzącej, podawanie co najmniej części wspomnianej cieczy chłodzącej podgrzanej w jednostce chłodzenia gazów spalinowych do pompy ciepła, połączonej z obiegiem płynu przenoszącego ciepło, przenosząc ciepło kondensacji do cieczy chłodzącej podawanej do pompy ciepła w celu podniesienia temperatury cieczy chłodzącej. Ciecz chłodzącą, podgrzaną w pompie ciepła, dostarcza się w nawilżacz powietrza do spalania, a nawilżające powietrze do spalania podawane jest do kotła w nawilżacz powietrza do spalania. Z opisu patentu PL233901B1 znana jest instalacja do odzysku ciepła ze spalin pogazowych z kotła parowego. Instalacja ma palnik gazowy, usytuowany w komorze spalania kotła, która połączona jest z systemem kominowym, wyposażonym w co najmniej jeden wymiennik ciepła, który połączony jest bypassem z kanałem spalinowym. Między wlotem spalin i wylotem spalin do wymiennika ciepła w kanale spalinowym osadzona jest przepustnica, przy czym co najmniej jeden wymiennik ciepła połączony jest ścieżką powietrza do spalania z palnikiem gazowym, ponadto w ścieżce powietrza do spalania przed palnikiem gazowym umieszczony jest tabulator.

Znany jest również z opisu wynalazku PL435890A1 sposób ekologicznego odzysku ciepła spalin odprowadzanych do otoczenia, zwłaszcza z palenisk, w którym spaliny schładzane są w ciągu wymienników spaliny/woda, nawilżane i oczyszczane parą wodną oraz dochładzane w wymiennikach spaliny/woda z kondensacją pary. Wstępnie schłodzone spaliny są kolejno mieszane w skruberze z parą wodną, schładzane w wymienniku przeponowym do temperatury przewyższającej temperaturę punktu rosy nawilżonych spalin, a następnie dochładzane w wymiennikach przeponowych poniżej temperatury punktu rosy nawilżonych spalin. Czynnikiem schładzającym w ciągu wymienników jest powrotna woda grzewcza z zewnętrznego obiegu sieci grzewczej.

Sposób odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw, według wynalazku, wyprowadzanych do otoczenia, w którym wykorzystuje się proces wymiany ciepła i wilgoci, prowadzony w układzie wymienników przeponowych i bezprzeponowych, a ciągły strumień spalin przepływa z urządzenia spalającego przez układ wymienników, w którym skruber odzyskowy oraz skruber schładzający, każdy włączony do oddzielnego zamkniętego obiegu I lub obiegu II wody, są połączone przewodem przepływowym spalin, zaś strumieniem ciepła odzyskanym w procesie schładzania strumienia spalin podwyższa się temperaturę strumienia wody cieplowniczej cyrkulującej w obiegu CO/CWU, oraz podwyższa temperaturę i nawilża powietrze do spalania w skruberze podgrzewającym, włączonym w obieg II tym skrubera schładzającego, charakteryzuje się, że zawiera etap, w którym w warunkach rygoru strumienia wody obiegu, gdzie wartość przepływu każdego strumienia wody obiegu I oraz obiegu II zawiera się w przedziale $0,8 \text{ m}^3 - 20 \text{ m}^3$ na każdy 1 Megawat mocy cieplnej układu, oraz temperatury strumienia wody cieplowniczej powracającej z sieci, zdolnej do schładzania strumienia wody obiegu I skrubera odzyskowego, o temperaturze z zakresu $96^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}$ lub z zakresu poniżej 65°C , najkorzystniej 55°C , utrzymuje się w stanie kondensacji ciągły strumień spalin w połączonych skruberze odzyskowym oraz skruberze schładzającym, natomiast strumień wody cieplowniczej podgrzany przez urządzenie spalające zasila sieć.

Powietrze wlotowe do spalania nagrzewa się do temperatury co najmniej 40°C , korzystnie ponad 50°C oraz nawilża parą wodną do wartości co najmniej 80% wilgotności względnej, korzystnie 100% wilgotności względnej, a z paleniska urządzenia spalającego wyprowadza się strumień spalin o podwyższonej temperaturze termometru mokrego.

Wyprowadza się do otoczenia strumień spalin schłodzony do temperatury poniżej 30°C , najkorzystniej poniżej 25°C , ze skrubera schładzającego przez kanał wylotowy.

Stosuje się skrubery zraszane wypełnione złożem stałym lub złożem mobilnym, przy czym złożo stałe ma postać wypełnienia usypowego w postaci pierścieni, sfer, kul lub wypełnienia strukturalnego lub innych kształtek lub też zabudowy wnętrza kolumny rozwijającej powierzchnię kontaktu fazy gazowej i ciekłej.

Układ odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw, według wynalazku, w którym w ciągu przepływu strumienia spalin ma połączone szeregowo wymienniki ciepła przeponowe i bezprzeponowe do schładzania spalin oraz odzysku ciepła i transferu wilgoci oraz do podwyższania temperatury i wilgotności powietrza do spalania i temperatury wody cieplowniczej w obiegu CO/CWU, w którym skruber odzyskowy połączony jest przewodem przepływowym spalin ze skruberm schładzającym, który ma kanał wylotowy schłodzonych spalin, przy czym skruber schładzający jest połączony przewodem, przez który przepływa strumień wody przenoszący ciepło resztkowe kondensacji gazów spalinowych, ze skruberm podgrzewającym, włączonym w obieg powietrza z otoczenia do spalania w palenisku, charakteryzuje się tym, że skruber odzyskowy jest połączony przewodem strumienia spalin, poprzez schładzacz bezprzeponowy, z ekonomizerem, przy czym ekonomizer jest włączony po stronie gorącego strumienia spalin w obieg wody cieplowniczej powracającej przez wymiennik przeponowy i ekonomizer, zaś wymiennik przeponowy jest połączony ze skruberm odzyskowym i schładzaczem bezprzeponowym.

Ekonomizer jest włączony po stronie gorącego strumienia spalin w obieg wody cieplowniczej powracającej przez pompę ciepła z wymiennika przeponowego, który jest połączony ze skruberm odzyskowym i schładzaczem bezprzeponowym.

Schładzacz bezprzeponowy oraz skruber odzyskowy są zintegrowane w zabudowie pionowej o wspólnym płaszczu, jako skruber sekcyjny.

Skruber odzyskowy, skruber schładzający, skruber podgrzewający oraz schładzacz bezprzeponowy mają w przekroju poprzecznym kształt kołowy, prostokątny lub kwadratowy.

Rozwiązanie według wynalazku przedstawiono na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia układ do odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw, a fig. 2 przedstawia wariant układu do odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw.

Odzysk ciepła odpadowego ze spalania paliw, według wynalazku, prowadzony w układzie i na ustalonych warunkach parametrycznych poszczególnych faz, ma na celu zwiększenie wykorzystania ciepła parowania i kondensacji do rozgrzania oraz zawilgocenia strumienia powietrza zasilającego urządzenie spalające np. kocioł, w stopniu wpływającym na zwiększenie zawartości wilgoci w spalinach oraz odzysk ciepła na drodze kondensacji w wyższej temperaturze. Opisany dalej sposób jest przeznaczony zarówno dla paliw suchych jak i wilgotnych.

Rozwiązanie opisane na przykładzie eksploatowanych w przedsiębiorstwach ciepłowniczych kotłów na paliwo gazowe, podnosi całkowitą sprawność cieplną układu odzysku do prawie 109% (dla wartości opałowej H_i nieuwzględniającej utajonego ciepła kondensacji). Warunkiem wysokiej sprawności układu jest utrzymywanie etapu kondensacji spalin w połączonych skruberze 4 odzyskowym oraz skruberze 7 schładzającym, a także powiązanych parametrów przepływu. Odzysk ciepła w skruberach prowadzi się w warunkach rygoru strumienia wody obiegowej, którego wartość jest powiązana z rodzajem stosowanego paliwa i temperaturą wody powracającej z sieci ciepłowniczej. Układ odzysku ciepła może również współpracować z pompą ciepła dowolnej konstrukcji. Efektem dołączenia do układu pompy ciepła 35 jest uzyskanie możliwości wykorzystania podwyższonej temperatury czynnika grzewczego oraz pracy z czynnikiem powracającym z sieci w temperaturach wyższych niż 65°C , obejmujących zakres $65\text{--}95^{\circ}\text{C}$. Układ z pompą ciepła 35 przeznaczony jest do stosowania w układach kotłowych do wytwarzania pary wodnej, gdzie czynnikiem powracającym z sieci jest gorący kondensat.

Układ odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw, w ciągu przepływu strumienia spalin, ma połączone szeregowo wymienniki ciepła przeponowe i bezprzeponowe do ich schładzania oraz odzysku ciepła i transferu wilgoci. Strumień spalin [19] jest wprowadzany do układu przewodem gorącego strumienia spalin przez ekonomizer 2. W układzie skrubier 4 odzyskowy jest połączony przewodem [20] strumienia spalin, poprzez schładzacz 3, z ekonomizerem 2, włączonym po stronie gorącego strumienia spalin w obieg wody ciepłowniczej powracającej przez wymiennik 6 i ekonomizer 2. Wymiennik 6 jest przeponowym wymiennikiem ciepła, a schładzacz 3 jest schładzaczem bezprzeponowym. Wymiennik 6 jest połączony ze skrubierem 4 odzyskowym i schładzaczem 3. Ze skrubierem 4 odzyskowym jest również połączony przewodem przepływowym 21 spalin skrubier 7 schładzający. Skrubier 7 jest z kolei połączony przewodem 26, przez który przepływa strumień wody przenoszący ciepło resztkowe kondensacji gazów spalinowych, ze skrubierem 9 podgrzewającym, włączonym w obieg powietrza z otoczenia do spalania w palenisku. Skrubier 7 schładzający ma kanał wylotowy 13 schłodzonych spalin.

W wariacie układu odzysku ciepła wykorzystuje się dodatkowo pompę ciepła 35 np. absorpcyjną w celu podniesienie temperatury wody obiegowej I, jako czynnika grzewczego. Pompa ciepła 35, która w układzie schładza wodę obiegu I skrubiera 4 odzyskowego oraz podgrzewa wodę ciepłowniczą powrotną 15, pośrednio, poprzez wymiennik ciepła 6 jest połączona ze skrubierem 4 odzyskowym.

Ponadto w układzie odzysku ciepła określone skrubery mogą być wariantowo zintegrowane w zabudowie pionowej, stanowiącej jeden aparat o wspólnym płaszczu, jako skrubier sekcyjny. Wariant taki obejmuje skrubier 7 schładzający i skrubier 4 odzyskowy, jako skrubier sekcyjny (7–4). W innym wariacie również schładzacz 3 oraz skrubier 4 odzyskowy mogą być zintegrowane, jako skrubier sekcyjny (4–3).

Natomiast skrubery 7 schładzający i 9 podgrzewający mogą być zintegrowane w zabudowie pionowej o wspólnym płaszczu, jako skrubier sekcyjny (7–9) z rozdzielonymi drogami przepływającego gazu tj. powietrza wlotowego do spalania oraz strumienia spalin.

W układzie stosuje się skrubery zraszane wypełnione złożem stałym lub złożem mobilnym, przy czym złożo stałe ma postać wypełnienia usypowego w postaci pierścieni, sfer, kul lub wypełnienie strukturalne lub innych kształtek, zabudów wnętrza kolumny rozwijających powierzchnię kontaktu fazy gazowej i ciekłej.

Jako konstrukcja skrubery mogą posiadać przekrój poprzeczny kołowy, prostokątny lub kwadratowy.

W sposobie odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw wykorzystuje się proces wymiany ciepła i wilgoci, a odzyskanym strumieniem ciepła podwyższa temperaturę powietrza do spalania oraz temperaturę wody ciepłowniczej cyrkulującej w obiegu CO/CWU. W tym celu np. z paleniska kotła 1 wyprowadza się strumień spalin o podwyższonej temperaturze termometru mokrego, a przepływający

przez układ wymienników ciągły strumień spalin utrzymuje się w stanie kondensacji w połączonych przewodach przepływowych spalin skruberze 4 odzyskowym oraz skruberze 7 schładzającym. Każdy z tych skruberów jest włączony do oddzielnego zamkniętego obiegu wody, i dla skrubera 4 odzyskowego jest to obieg I wody a dla skrubera 7 schładzającego jest to obieg II wody. Ilość wody w obiegu I i II poddaje się kontroli. Ponadto odzysk ciepła prowadzi się w warunkach rygoru wielkości strumienia wody obiegowej oraz temperatury wody ciepłowniczej powracającej z sieci.

W układzie skruberów odzyskowego 4 oraz schładzającego 7, wartość przepływu każdego strumienia wody obiegu I i II jest powiązana z rodzajem stosowanego paliwa i zawiera się w przedziale $0,8 \text{ m}^3 - 20 \text{ m}^3$ na każdy 1 Megawat mocy cieplnej układu. Z kolei temperatura wody ciepłowniczej powracającej z sieci powinna zapewniać zdolność do schładzania strumienia wody obiegu I skrubera 4 odzyskowego. W warunkach procesu odzysku ciepła prowadzonego w układzie bez pompy ciepła, temperatura tej wody nie powinna być wyższa niż 65°C , najkorzystniej poniżej 55°C .

W procesie odzysku ciepła w układzie z pompą ciepła temperatura wody ciepłowniczej powracającej z sieci obejmuje wyższy zakres temperatur $65^\circ\text{C}-95^\circ\text{C}$, ze względu na możliwość włączenia pompy w inne układy np. do wytwarzania pary wodnej.

Resztkowym ciepłem kondensacji spalin, którego nośnikiem jest woda obiegu II w skruberze 9 podgrzewającym, odgrzewa się powietrze do spalania do temperatury co najmniej 40°C , korzystnie ponad 50°C oraz nawilża parą wodną do wartości 100% wilgotności względnej. Natomiast strumień spalin schłodzony do temperatury poniżej 30°C , najkorzystniej poniżej 25°C wyprowadza się ze skrubera 7 schładzającego przez kanał wylotowy 13.

W kotle wodnym 1 spalane jest paliwo stałe, ciekłe lub gazowe a wytwarzanym ciepłem ogrzewa się wodę ciepłowniczą w obiegu CO (lub wodę CWU). Powietrze do spalania stanowi powietrze doprowadzane bezpośrednio z otoczenia 14, a ogrzany i nawilżony w skruberze 9 ogrzewającym strumień powietrza do spalania 17 odprowadza się do paleniska kotła 1, gdzie podtrzymuje spalanie paliwa. Wraz z powietrzem ma miejsce transfer wilgoci i ciepła do paleniska kotła 1. Strumień spalin opuszczający kocioł ma temperaturę niższą od procesowej, ponieważ część ciepła spalania odbierana jest przez wewnętrzne struktury kotła, oraz podwyższoną temperaturę termometru mokrego.

Strumień spalin 19 wprowadza się do ekonomizera 2, i w procesie wymiany oddaje ciepło, którym ogrzewa się wodę ciepłowniczą powrotną CO/CWU 15, następnie przepływa do schładzacza 3, gdzie w wyniku odparowania wody zostaje nasycony parą wodną. Ze schładzacza 3 spaliny kierowane są do skrubera 4 odzyskowego, gdzie następuje ich schłodzenie z jednoczesnym wykropleniem zawartej w nich wilgoci. Schładzanie spalin w schładzaczu 3 oraz skruberze 4 odzyskowym jest realizowane z użyciem wody w zamkniętym obiegu I. Wodę z rzepia skrubera 4 odzyskowego tłoczy się pompą 5 przez wymiennik ciepła 6 do dysz zraszających schładzacza 3 i skrubera 4.

W zamkniętych obiegach I i II wody skruberów pompy 5, 8 oraz 10 zapewniają odpowiedni poziom ciśnienia w odpowiadających im przepływach i kompensują dodatkowe straty ciśnienia spowodowane przez komplementarne wyposażenie.

Wymiennik ciepła 6 schładza wodę obiegu I i jednocześnie podgrzewa strumień wody CO/CWU bezpośrednio powracający z sieci ciepłowniczej 15. Tym samym woda ciepłownicza jest ogrzewana kolejno w wymienniku 6, ekonomizerze 2 oraz kotle 1, a następnie zasila sieć 16. Natomiast strumień spalin [21] ze skrubera 4 odzyskowego jest kierowany do skrubera 7 schładzającego, w którym spaliny są schładzane a jednocześnie podgrzewana jest woda obiegu II, jako następstwo wymiany ciepła z jednoczesną kondensacją wilgoci. Spaliny ze skrubera 7 schładzającego wyprowadzane są do komina 13 i dalej emitowane do atmosfery. Woda obiegu II za pomocą pompy 8 zasila skruber 9 podgrzewający. Gorącą wodą obiegu II ogrzewa się i jednocześnie nieodłącznie nawilża strumień powietrza [17] do spalania. Woda w skruberze 9 podgrzewającym po ogrzaniu strumienia powietrza [17] ulega schłodzeniu i następnie w celu podgrzania jest pompowana pompą 10 do skrubera 7 schładzającego.

Podgrzanie oraz nawilżenie strumienia powietrza [17] ma wpływ na podniesienie temperatury termometru mokrego spalin (wodnego punktu rosy) opuszczających kocioł 1, oraz powoduje obniżenie temperatury wody obiegowej w skruberze 9 podgrzewającym. Jako skutek umożliwia prowadzenie efektywnego odzysku ciepła ze spalin z zastosowaniem wody powrotnej ciepłowniczej o temperaturach do 65°C , a w układzie z pompą ciepłą podwyższa ten zakres do $65-95^\circ\text{C}$.

Strumień wody [11] służy do odświeżenia wody obiegowej w celu wypłukania zanieczyszczeń stałych oraz rozpuszczonych kwaśnych gazów. Nadmiar wody obiegu skruberów 7 i 9 jest kierowany

do obiegu skrubera 4 również w celu usunięcia rozpuszczonych zanieczyszczeń stałych oraz szlamu. Usuwanie odbywa się poprzez upust 12.

W obiegu I oraz w obiegu II ilość wody podlega kontroli, i w zależności od rodzaju stosowanego paliwa np. dla czystego węgla, uzupełnia się wodę o ubytek wyprowadzony ze spalinami. Natomiast w przypadku stosowania jako paliwo gazu ziemnego występuje nadmiar wody, który wyprowadza się z obiegu.

Przykład

Kocioł zasilany metanem podłączony do sieci ciepłowniczej, temperatura wody powracającej z sieci: 50°C, temperatura zasilania sieci: 125°C, przepływ wody: 12,300 m³/h, temperatura powietrza do spalania oraz paliwa: 20°C, a wilgotność względna powietrza: 50%.

Powietrze do spalania 17 z czerpni 14 wprowadza się do skrubera 9 podgrzewającego, w którym zostaje ogrzane do temperatury 50,1°C oraz nawilżone parą wodną w ilości 182 kg/h. Następnie strumieniem [18] powietrze odprowadza się do zasilania palnika gazowego w palenisku kotła 1. Palnik generuje moc 1000,13 kW, a spaliny nagrzane do temperatury 1243°C niosą ładunek wilgoci wynoszący 344 kg/h. Przepływ spalin reguluje się za pomocą wentylatora (niepokazanego na rysunku).

Ciepło spalania w części tj. 810,3 kW jest odbierane przez wewnętrzne struktury kotła 1. W procesie wymiany ciepła w ekonomizerze 2 obniża się temperaturę spalin do 160°C oraz podgrzewa wodę ciepłowniczą powrotną przekazując 106,0 kW ciepła. Strumień tak schłodzonych spalin [20], i nasycony parą wodną w schładzacz 3 bezprzeponowym, kieruje się do następnych etapów schładzania w skruberze 4 odzyskowym a następnie do skrubera 7 schładzającego. W skruberze 4 odzyskowym spaliny schładzane są do temperatury 53,9°C, a ładunek wilgoci zmniejsza się do 211,9 kg/h, natomiast w skruberze 7 schładzającym strumień spalin [22] na wylocie komina 13 ze skrubera ma temperaturę 26,4°C, a strumień pary wodnej wynosi 42,9 kg/h.

Woda będąca w obiegu I skrubera 4, po procesie wymiany ciepła, osiąga temperaturę 64,5°C na jego wylocie 31, a następnie w wymienniku 6 przeponowym przekazuje 165,5 kW mocy, ogrzewając wodę z sieci ciepłowniczej 15 do temperatury 61,6°C. Schłodzona do temperatury 52,6°C woda obiegu odzysku ciepła 30 powraca do skrubera 4 odzyskowego. Natomiast woda w obiegu II skruberów schładzającego 7 i podgrzewającego 9, opuszczająca strumieniem [26] skrubier schładzający 7 ma temperaturę 53,7°C, a następnie w skruberze 9 podgrzewającym, oddaje ciepło i przez częściowe odparowanie jej temperatura zostaje obniżona do 26,1°C. W celu ponownego podgrzania kierowana jest strumieniem [24] i [25] z powrotem do skrubera 7 schładzającego.

Strumień [23] jest strumieniem pomocniczym. Doprowadza wodę do obiegu w razie konieczności płukania układu. Strumień [27] służy do upuszczenia kondensowanej cieczy do obiegu skrubera 4 odzyskowego. Natężenie przepływu w tym strumieniu nie przekracza kilku kg/h. Strumień [12] służy do upustu kondensatu.

Przedstawiony przykład pozwala na osiągnięcie sprawności układu na poziomie 108,17% (liczony dla wartości opałowej H_i nieuwzględniającej utajonego ciepła kondensacji).

Wykaz oznaczeń:

1. Kocioł wodny
2. Ekonomizer
3. Schładzacz bezprzeponowy
4. Skrubier odzyskowy
5. Pompa obiegowa
6. Przeponowy wymiennik ciepła
7. Skrubier schładzający
8. Pompa obiegowa
9. Skrubier podgrzewający
10. Pompa obiegowa
11. Woda czysta (punkt przyłączeniowy)
12. Ściek wodny
13. Komin
14. Powietrze do spalania (czerpnia)
15. Wprowadzenie wody z sieci ciepłowniczej
16. Wyprowadzenie wody zasilającej sieć ciepłowniczą

17. Strumień powietrza do spalania
18. Ogrzane i nawilżone powietrze do spalania
19. Spaliny opuszczające kocioł
20. Spaliny opuszczające ekonomizer
21. Spaliny opuszczające skrubler odzyskowy
22. Spaliny kierowane do komina
23. Wlot wody płuczącej
24. Woda tłoczona ze skrubera podgrzewającego
25. Woda kierowana na skrubler schładzający
26. Woda kierowana na skrubler podgrzewający
27. Upust nadmiaru wody do obiegu skrubera odzyskowego
28. Woda opuszczająca wymiennik odzyskowy
29. Upust nadmiaru kondensatu
30. Woda kierowana na skrubler odzyskowy
31. Woda kierowana na wymiennik odzyskowy
32. Woda z sieci ciepłowniczej opuszczająca wymiennik odzyskowy, kierowana na ekonomizer
33. Woda opuszczająca ekonomizer kierowana na kocioł
34. Woda kierowana do sieci ciepłowniczej
35. Pompa ciepła

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw, wyprowadzanych do otoczenia, w którym wykorzystuje się proces wymiany ciepła i wilgoci, prowadzony w układzie wymienników przeponowych i bezprzeponowych, a ciągły strumień spalin przepływa z urządzenia spalającego (1) przez układ wymienników, w którym skrubler (4) odzyskowy oraz skrubler (7) schładzający, każdy włączony do oddzielnego zamkniętego obiegu I lub obiegu II wody, są połączone przewodem przepływowym spalin, zaś strumieniem ciepła odzyskanym w procesie schładzania strumienia spalin podwyższa się temperaturę strumienia wody ciepłowniczej cyrkulującej w obiegu CO/CWU, oraz podwyższa temperaturę i nawilża powietrze do spalania w skrublerze (9) podgrzewającym, włączonym w obieg II wody skrubera (7) schładzającego, **znamienny tym**, że zawiera etap, w którym w warunkach rygoru strumienia wody obiegowej, gdzie wartość przepływu każdego strumienia wody obiegu I oraz obiegu II zawiera się w przedziale $0,8 \text{ m}^3 - 20 \text{ m}^3$ na każdy 1 Megawat mocy cieplnej układu, oraz temperatury strumienia wody ciepłowniczej powracającej z sieci, zdolnej do schładzania strumienia wody obiegu I skrubera (4) odzyskowego, o temperaturze z zakresu $96^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}$ lub z zakresu poniżej 65°C , najkorzystniej 55°C , utrzymuje się w stanie kondensacji ciągły strumień spalin w połączonych skrublerze (4) odzyskowym oraz skrublerze (7) schładzającym, natomiast strumień wody ciepłowniczej podgrzany przez urządzenie spalające (1) zasila sieć (16).
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że powietrze wlotowe do spalania nagrzewa się do temperatury co najmniej 40°C , korzystnie ponad 50°C oraz nawilża parą wodną do wartości co najmniej 80% wilgotności względnej, korzystnie 100% wilgotności względnej, a z paleniska urządzenia spalającego (1) wyprowadza się strumień spalin o podwyższonej temperaturze termometru mokrego.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyprowadza się do otoczenia strumień spalin schłodzony do temperatury poniżej 30°C , najkorzystniej poniżej 25°C , ze skrubera (7) schładzającego przez kanał wylotowy (13).
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się skrubery zraszane wypełnione złożem stałym lub złożem mobilnym, przy czym złożo stałe ma postać wypełnienia usypowego w postaci pierścieni, sfer, kul lub wypełnienia strukturalnego lub innych kształtek lub też zabudowy wnętrza kolumny rozwijającej powierzchnię kontaktu fazy gazowej i ciekłej.
5. Układ odzysku ciepła odpadowego ze spalania paliw, w którym w ciągu przepływu strumienia spalin ma połączone szeregowo wymienniki ciepła przeponowe i bezprzeponowe do schładzania spalin oraz odzysku ciepła i transferu wilgoci oraz do podwyższania temperatury i wilgotności powietrza do spalania i temperatury wody ciepłowniczej w obiegu CO/CWU, w którym

- skrubler (4) odzyskowy połączony jest przewodem przepływowym spalin ze skrublerem (7) schładzającym, który ma kanał wylotowy (13) schłodzonych spalin, przy czym skrubler (7) schładzający jest połączony przewodem (26, przez który przepływa strumień wody przenoszący ciepło resztkowe kondensacji gazów spalinowych, ze skrublerem (9) podgrzewającym, włączonym w obieg powietrza z otoczenia do spalania w palenisku, **znamienny tym**, że skrubler (4) odzyskowy jest połączony przewodem strumienia spalin, poprzez schładzacz (3) bezprzeponowy, z ekonomizerem (2), przy czym ekonomizer (2) jest włączony po stronie gorącego strumienia spalin w obieg wody ciepłowniczej powracającej przez wymiennik (6) przeponowy i ekonomizer (2), zaś wymiennik (6) przeponowy jest połączony ze skrublerem (4) odzyskowym i schładzaczem (3) bezprzeponowym.
6. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że ekonomizer (2) jest włączony po stronie gorącego strumienia spalin w obieg wody ciepłowniczej powracającej przez pompę ciepła (35) z wymiennika (6) przeponowego, który jest połączony ze skrublerem (4) odzyskowym i schładzaczem (3) bezprzeponowym.
 7. Układ według zastrz. 5 albo 6, **znamienny tym**, że schładzacz (3) bezprzeponowy oraz skrubler (4) odzyskowy są zintegrowane w zabudowie pionowej o wspólnym płaszczu, jako skrubler sekcyjny (4–3).
 8. Układ według zastrzeżenia 5 albo 6 albo 7, **znamienny tym**, że skrubler (4) odzyskowy, skrubler (7) schładzający, skrubler (9) podgrzewający oraz schładzacz (3) bezprzeponowy mają w przekroju poprzecznym kształt kołowy, prostokątny lub kwadratowy.

Rysunki

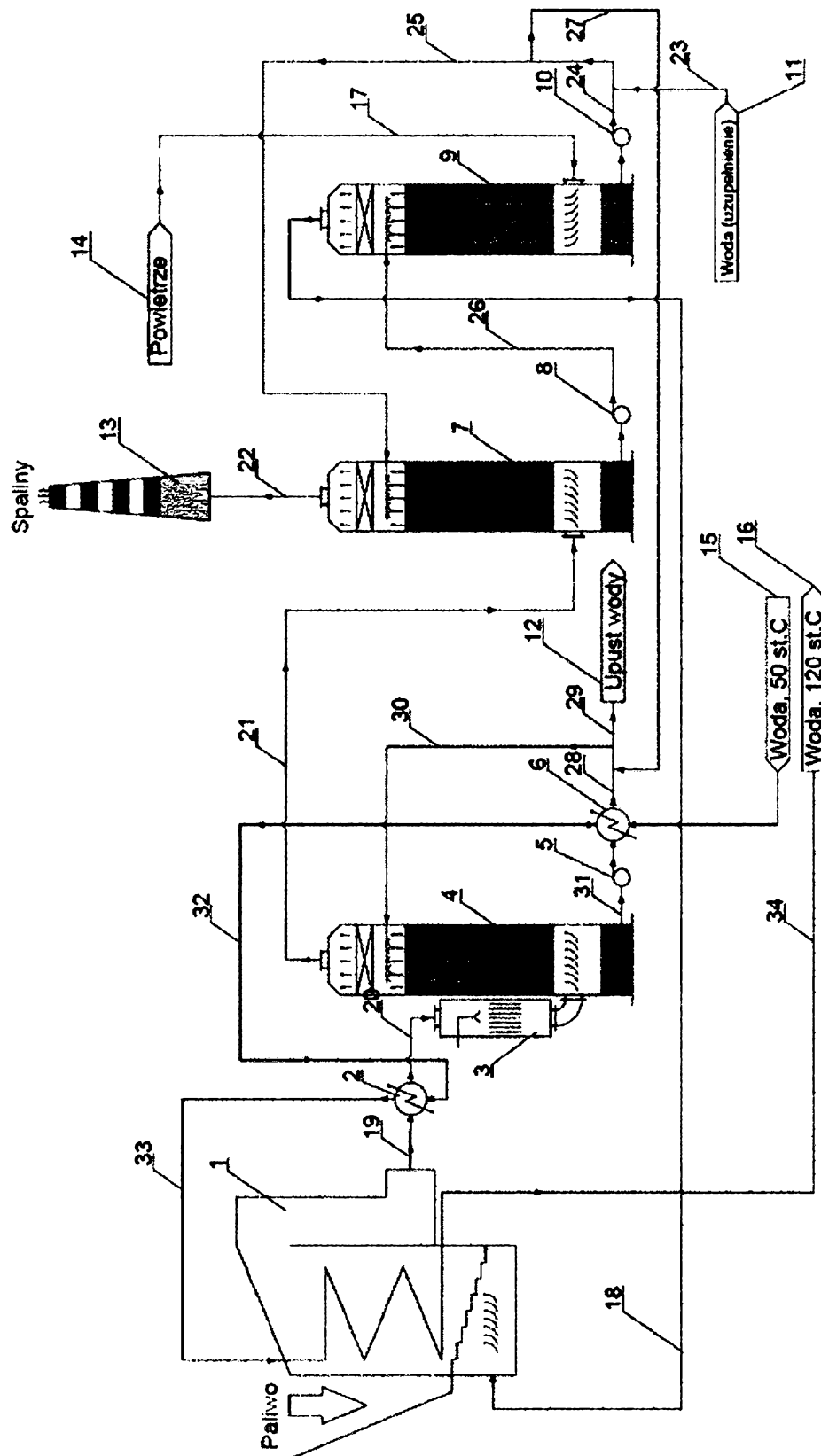


Fig. 1

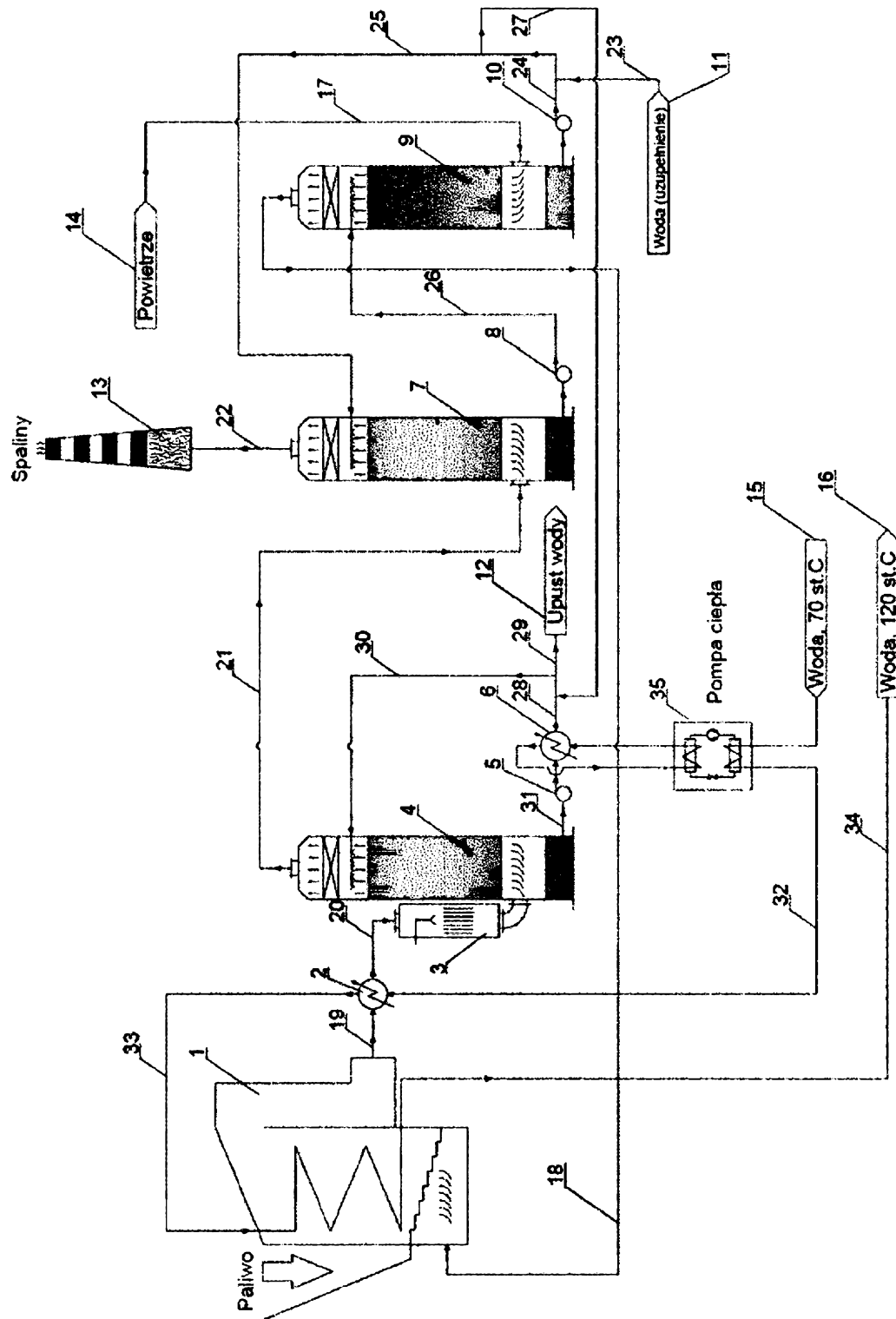


Fig. 2