

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **237933**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **409128**

(22) Data zgłoszenia: **27.08.2013**

(86) Data i numer zgłoszenia międzynarodowego:

27.08.2013, PCT/CN13/082333

(87) Data i numer publikacji zgłoszenia międzynarodowego:

20.03.2014, WO14/040491

(51) Int.Cl.

F22B 31/08 (2006.01)

F22G 1/04 (2006.01)

(54) **Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy oraz proces zachodzący w kotle wieżowym**

(30) Pierwszeństwo:

11.09.2012, CN, 201210335374.X

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

20.07.2015 BUP 15/15

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

14.06.2021 WUP 12/21

(73) Uprawniony z patentu:

Shanghai Boiler Works Co., Ltd., Shanghai, CN

(72) Twórca(y) wynalazku:

DANHUA YAO, Shanghai, CN

YUFENG ZHU, Shanghai, CN

XUEYUAN XU, Shanghai, CN

JIANJUN NI, Shanghai, CN

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Marek Łazewski

PL 237933 B1

Opis wynalazku

Niniejszy wynalazek dotyczy wykorzystywanego w przemyśle elektroenergetycznym kotła wyposażonego w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy.

Wykorzystywana w elektrowni para posiadająca stosunkowo niskie ciśnienie jest po wykonaniu pracy w cylindrze wysokociśnieniowym turbiny parowej odprowadzana z cylindra wysokociśnieniowego do głównego przegrzewacza międzystopniowego kotła w celu jej podgrzania, a następnie jest wprowadzana do średniociśnieniowego cylindra turbiny parowej w celu wykonania pracy, wprowadzana do pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego kotła w celu jej podgrzania, po czym wprowadzana do pomocniczego cylindra średniociśnieniowego przegrzewania międzystopniowego oraz niskociśnieniowego cylindra turbiny parowej w celu wykonania pracy. Obieg cieplny kotła wyposażonego w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy jest wydajniejszy niż obieg cieplny kotła wyposażonego w główny przegrzewacz międzystopniowy. Kotły wyposażone w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy wykorzystywane są w elektrowniach.

Czynniki mające wpływ na sprawność obiegu cieplnego obejmują ciśnienie pary, temperaturę pary i etapy przegrzewania międzystopniowego w celu wykonania pracy. Jeżeli ciśnienie pary we wcześniejszym zespole przegrzewania międzystopniowego wynosi ogólnie 600°C, zaś temperatura w przegrzewaczach pary i przegrzewaczach międzystopniowych istniejącego pomocniczego zespołu przegrzewania międzystopniowego jest ogólnie niska, tj. nie przekracza 580°C, w celu dalszego zwiększenia sprawności obiegu cieplnego w niniejszym wynalazku udostępniono kocioł wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy, w którym temperatura przegrzanej pary i temperatura pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu osiąga 600°C i więcej.

Stosunek pochłaniania ciepła w przegrzewaczach pary i przegrzewaczach międzystopniowych głównego kotła do przegrzewania międzystopniowego wynosi ogólnie około 80 : 20. Współczynnik pochłaniania ciepła w przegrzewaczach międzystopniowych jest mały, jedynie temperatura wylotowa głównego przegrzewacza międzystopniowego osiąga 600°C i więcej, zaś przegrzewacze międzystopniowe ogólnie rozmieszczane są w obszarach, w których temperatura gazów spalinowych wynosi od 800°C do 1000°C, co ma na celu zapewnienie konwekcji ciepła. Stosunek pochłaniania ciepła w przegrzewaczu pary, głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym kotła wyposażonego w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy wynosi jednak około 71 : 17 : 12. Współczynnik pochłaniania ciepła w przegrzewaczach międzystopniowych jest duży, zaś zarówno temperatura wylotowa głównego przegrzewacza międzystopniowego jak i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego osiąga 600°C i więcej. W celu uzyskania odpowiedniej wymiany ciepła wymagane jest zapewnienie wystarczającej różnicy temperatur podczas wymiany ciepła, gdyż w przeciwnym przypadku konieczne jest zapewnienie dużego obszaru wymiany ciepła, co powoduje zwiększenie kosztów i wiąże się z trudnościami z umieszczeniem kotła w ograniczonej przestrzeni, co skutkuje dalszym zwiększeniem rozmiarów kotła.

Zapewnienie powierzchni grzewczej z trzema temperaturami pary przegrzewacza pary, głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego osiągającymi 600°C wiąże się zatem z trudnościami związanymi ze skonstruowaniem wykazującego dobre parametry kotła wyposażonego w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy.

Temperatura pary w głównym przegrzewaczu międzystopniowym może być ponadto regulowana przez obracanie palnika albo regulowanie przepustnicy gazów spalinowych lub podobnego urządzenia. Ponieważ główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy wykorzystywane są równocześnie, regulowanie temperatury pary w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym stanowi kolejny problem.

Wykorzystywane w niniejszym wynalazku określenia kocioł o parametrach ultra-nadkrytycznych i kocioł o parametrach nadkrytycznych (kocioł parowy przepływowy) związane są z ciśnieniem czynnika roboczego w kotle. Czynnikiem roboczym w kotle jest woda, zaś krytyczne ciśnienie wody wynosi 22,115 MPa przy temperaturze 374°C. Jeżeli przy danym ciśnieniu i temperaturze woda i para posiadają taką samą gęstość, takie ciśnienie i temperatura nazywane są punktem krytycznym wody. Jeżeli ciśnienie czynnika roboczego w kotle jest mniejsze niż powyższe ciśnienie, kocioł jest kotłem o para-

metrach subkrytycznych. Jeżeli ciśnienie czynnika roboczego w kotle jest większe niż powyższe ciśnienie, kocioł jest kotłem o parametrach nadkrytycznych. Jeżeli ciśnienie pary w kotle nie jest mniejsze niż 593°C lub ciśnienie pary nie jest mniejsze niż 31 MPa, kocioł jest kotłem o parametrach ultra-nadkrytycznych, przy czym zakres parametrów ultra-nadkrytycznych należy również do zakresu parametrów nadkrytycznych.

Dokumenty związane ze stanem techniki stanowiącym tło wynalazku obejmują wynalazek zgłoszony przez zgłaszającego 7 kwietnia 2011 roku, numer zgłoszenia 201110085966.6, tytuł „Tower-type Boiler with separated flues and adjustable flow”, oraz inny wynalazek zgłoszony przez innego zgłaszającego 21 grudnia 2011 roku, numer zgłoszenia 201110432324.9, tytuł „350MW supercritical tower type lignite boiler”.

Celem wynalazku jest dostarczenie kotła wyposażonego w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy, w którym temperatura wylotowa przegrzewaczy pary, głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego może osiągać 600°C–695°C, zaś zgodnie z wymaganiami technicznymi korzystnie wynosi 610°C–620°C i 630°C–650°C.

W celu osiągnięcia celu wynalazku dostarczone w nim następujące rozwiązanie techniczne: kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy, gdzie kocioł jest kotłem o parametrach – nadkrytycznych, powierzchnia grzewcza kotła zawiera przegrzewacze pary, główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy, zaś przegrzewacze pary zawierają niskotemperaturowy przegrzewacz pary i wysokotemperaturowy przegrzewacz pary, charakteryzujący się tym, że zawiera przedni przepływowy podgrzewacz wody i tylny przepływowy podgrzewacz wody, które rozmieszczone są równolegle względem siebie; chłodzone wodą ściany od strony dolnej części paleniska, przy czym wyloty chłodzonych wodą ścian połączone są z oddzielaczem; turbinę parową; patrząc w kierunku przepływu pary z obszaru o niskiej temperaturze do obszaru o wysokiej temperaturze, główny przegrzewacz międzystopniowy zawiera kolejno główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i główny wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy, po przepłynięciu przez które para wprowadzana jest do turbiny parowej w celu wykonania pracy, a para znajdująca się w głównym przegrzewaczu międzystopniowym jest wylotową parą turbiny parowej; patrząc w kierunku przepływu pary z obszaru o niskiej temperaturze do obszaru o wysokiej temperaturze, pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy zawiera pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy, po przepłynięciu przez które para wprowadzana jest do turbiny parowej w celu wykonania pracy, a para znajdująca się w głównym przegrzewaczu międzystopniowym staje się wylotową parą turbiny parowej dostarczaną po wykonaniu pracy w turbinie parowej, para znajdująca się w pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym jest wylotową parą turbiny parowej; główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy umieszczone są równolegle względem siebie w pionowym kanale spalinowym paleniska.

Korzystnie, kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy charakteryzuje się tym, że główny wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy podzielony jest na sekcję chłodzenia i sekcję ogrzewania, zaś pomocniczy wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy podzielony jest na sekcję chłodzenia i sekcję ogrzewania, biorąc pod uwagę kierunek przepływu pary, niskotemperaturowy przegrzewacz pary zawiera zawieszoną rurę wlotową niskotemperaturowego przegrzewacza pary, powierzchnię grzewczą pionowej sekcji niskotemperaturowego przegrzewacza pary oraz osłonową sekcję rurową niskotemperaturowego przegrzewacza pary; sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego rozmieszczone są z przodu pod wysokotemperaturowym przegrzewaczem pary, przy czym znajdują się one w obszarach o silnym promieniowaniu, co ma na celu zapewnienie pochłaniania części ciepła promieniowania, zaś sekcje ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego rozmieszczone są nad wysokotemperaturowym przegrzewaczem pary; osłonowa sekcja rurowa niskotemperaturowego przegrzewacza pary, sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego, wysokotemperaturowy przegrzewacz pary, sekcje ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego, główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy niskotempe-

raturowy przegrzewacz międzystopniowy, przepływowe podgrzewacze wody oraz wisząca rura wlotowa niskotemperaturowego przegrzewacza pary rozmieszczone są szeregowo wzdłuż kierunku przepływu gazów spalinowych w górnym w pionowym kanale spalinowym paleniska, sekcja chłodzenia głównego przegrzewacza międzystopniowego i sekcja ogrzewania pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego rozmieszczone są równolegle względem siebie, sekcja ogrzewania głównego przegrzewacza międzystopniowego i sekcja ogrzewania pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego rozmieszczone są równolegle względem siebie, zaś główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy rozmieszczone są równolegle względem siebie.

Korzystnie, kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy charakteryzuje się tym, że odległość między osłonami jest duża przy osłonowej sekcji rurowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary, co zapewnia przekazywanie ciepła przez promieniowanie, przy czym powierzchnia grzewcza pionowej sekcji niskotemperaturowego przegrzewacza pary może być zawieszona na przepływowych podgrzewaczach wody, przegrzewaczach międzystopniowych i wysokotemperaturowym przegrzewaczu pary nad osłonową sekcją rurową niskotemperaturowego przegrzewacza pary; sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego zaprojektowane są w postaci rur osłonowych, których części umieszczone są nad położeniem pośrednim znajdującym się między osłonami niskotemperaturowego przegrzewacza pary, co ma na celu zapewnienie pochłaniania promieniowania cieplnego; sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego posiadają również powierzchnie grzewcze sekcji pionowych, przy czym sekcje chłodzenia i sekcje ogrzewania połączone są ze sobą z wykorzystaniem powierzchni grzewczych sekcji pionowych, które umieszczone są w pionowym kanale spalinowym.

Korzystnie, kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy charakteryzuje się tym, że po przepłynięciu gazów spalinowych przez sekcje ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego, kanał spalinowy rozdzielany jest z wykorzystaniem przegrody kanału spalinowego na przedni kanał spalinowy i tylny kanał spalinowy, przy czym w przednim kanale spalinowym umieszczony jest główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i przedni ogrzewacz przepływowy, w tylnym kanale spalinowym umieszczony jest pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i tylny ogrzewacz przepływowy zaś przegroda kanału spalinowego rozciąga się do wlotu drugiego kanału spalinowego, w którym umieszczona jest przepustnica gazów spalinowych przeznaczona do regulowania przepływu gazów spalinowych przez przedni kanał spalinowy i tylny kanał spalinowy; przegroda kanału spalinowego ma postać ściany membranowej zawieszanej rury stanowiącej część niskotemperaturowego przegrzewacza pary, przy czym ściana membranowa zawieszanej rury rozciąga się od komory wlotowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary do komory wylotowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary lub pośredniej komory mieszającej; główny przegrzewacz międzystopniowy umieszczony jest w pobliżu ściany przedniej, zaś pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy umieszczony jest w pobliżu ściany tylnej.

Korzystnie, kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy charakteryzuje się tym, że temperatura pary przy wylotach przegrzewacza pary, głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego osiąga od 600°C do 695°C; współczynniki procentowe pochłaniania ciepła przegrzewaczy pary do głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego w kotle wieżowym wyposażonym w pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy są następujące: zdolność pochłaniania ciepła przez przegrzewacz pary wynosi od 65% do 75%, zdolność pochłaniania ciepła przez główny przegrzewacz międzystopniowy wynosi od 15% do 25%, zdolność pochłaniania ciepła przez pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy wynosi od 10% do 15%, zaś suma tych trzech wartości wynosi 100%.

Korzystnie, kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy charakteryzuje się tym, że ciśnienie pary w przegrzewaczu pary wynosi od 28 MPa do 35 MPa, zaś ciśnienie pary w głównym przegrzewaczu międzystopniowym wynosi od 5 MPa do 14 MPa; zaś ciśnienie pary w pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym wynosi od 2 MPa do 5 MPa.

Korzystnie, kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy charakteryzuje się tym, że palenisko posiada membranowe ściany chłodzone wodą, przy czym dolna ściana chłodzona wodą wyposażona jest w rury spiralne, zaś górna ściana chłodzona wodą wyposażona jest w rury pionowe; woda zasilająca wprowadzana jest do przedniego przepływowego ogrzewacza wody i tylnego przepływowego ogrzewacza wody, a następnie kolejno do spiralnej wężownicy rurowej znajdującej się przy dolnej części paleniska, pośredniej komory mieszającej, pionowej osłony rurowej znajdującej się przy górnej części paleniska, oddzielnicy, niskotemperaturowego przegrzewacza pary i wysokotemperaturowego przegrzewacza pary, aż wreszcie para wprowadzana jest do wysokociśnieniowego cylindra turbiny parowej w celu wykonania pracy.

Korzystnie, kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy charakteryzuje się tym, że temperatura pary w przegrzewaczu pary korzystnie regulowana jest przez stosunek węgla do wody i kontrolowana przez dwustopniowe natryskiwanie wody, temperatura pary w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym regulowana jest równocześnie przez obracanie palnika, stosunek pochłaniania ciepła w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym regulowany jest z wykorzystaniem przepustnicy gazów spalinowych, zaś przy wylotowej rurze połączeniowej niskotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego umieszczone jest urządzenie do natryskiwania niewielkich ilości wody.

Dostarczono również proces zachodzący w kotle wieżowym według wynalazku charakteryzujący się tym, że obejmuje następujące etapy: woda zasilająca wprowadzana jest do komory wlotowej przepływowego podgrzewacza wody, a następnie do przedniego przepływowego podgrzewacza wody i tylnego przepływowego podgrzewacza wody, które rozmieszczone są równoległe względem siebie, woda zasilająca podgrzewana jest w przepływowym podgrzewaczu wody, po czym wprowadzana jest do komory wylotowej przepływowego podgrzewacza wody; woda pochodząca z komory wylotowej przepływowego podgrzewacza wody wprowadzana jest do komory wlotowej chłodzonej wodą ściany od strony dolnej części paleniska, przepływa do przedniej ściany chłodzonej wodą i tylnej ściany chłodzonej wodą, a następnie, po podgrzaniu w ścianie chłodzonej wodą, wprowadzana jest do komory wylotowej chłodzonej wodą ściany; komora wylotowa chłodzonej wodą ściany połączona jest z oddzielnicy para-woda; para pochodząca z wylotu oddzielnicy wprowadzana jest kolejno do niskotemperaturowego przegrzewacza pary i wysokotemperaturowego przegrzewacza pary, aż wreszcie wprowadzana jest do turbiny parowej w celu wykonania pracy.

W niniejszym wynalazku część powierzchni grzewczych umieszczona jest w kanale spalinowym w pobliżu paleniska, co ma na celu pochłanianie części ciepła wypromieniowanego przez palenisko, dzięki czemu wystarczająca temperatura uzyskiwana jest z wykorzystaniem mniejszej powierzchni. Ogrzewane przez promieniowanie powierzchnie przegrzewaczy międzystopniowych mogą również zapewnić zwiększenie temperatury przy wylotach przegrzewaczy międzystopniowych w przypadku zmniejszonego obciążenia.

Ponieważ ciepło promieniowania zmniejsza się gwałtownie po przejściu przez powierzchnie grzewcze, główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy nie są w niniejszym wynalazku rozmieszczone szeregowo, lecz równoległe, dzięki czemu uzyskano pewność, że główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy o temperaturze wylotowej przekraczającej 600°C mogą pochłaniać część ciepła promieniowania, jak również możliwe jest uzyskanie dużej różnicy temperatur podczas wymiany ciepła.

Z porównania ze sobą schematu pomocniczego przegrzewania międzystopniowego ze schematem konwencjonalnego głównego przegrzewania międzystopniowego wynika, że różnica między nimi polega na wprowadzeniu linii pary o temperaturze wynoszącej co najmniej 600°C. Jeżeli gazy spalinowe pochodzące z kotła posiadają stałą temperaturę, zapewnienie pochłaniania ciepła wymaga zastosowania dodatkowej wysokotemperaturowej powierzchni grzewczej, a więc powstaje pytanie, jak należy ją umieścić. W przypadku szeregowego rozmieszczenia dwóch powierzchni grzewczych o temperaturze wylotowej sięgającej 600°C, temperatura gazów spalinowych jest następnie niewystarczająca do ogrzania trzeciej powierzchni grzewczej do temperatury wynoszącej 600°C, ponieważ przekazywanie ciepła następuje przy pewnej różnicy temperatur. W niniejszym wynalazku wykorzystywane jest zatem rozmieszczenie równoległe, dzięki któremu dwie grzewcze powierzchnie mogą wspólnie wykorzystywać wysoką temperaturę gazów spalinowych. Propozycja rozmieszczenia przegrzewaczy międzystopniowych we wcześniejszym miejscu ma na celu zwiększenie skuteczności przekazywania ciepła i uzyskanie wysokiej czułości przez obracanie palnika stanowiące sposób regu-

lacji temperatury. Przegrzewacze międzystopniowe nie mogą jednak zostać po prostu umieszczone we wcześniejszym miejscu, ponieważ wiąże się to z zagrożeniami. Ze względów bezpieczeństwa, w przypadku wykorzystywania obecnie znanych materiałów stosowanych w warunkach ultra-nadkrytycznych, temperatura pary w przegrzewaczach międzystopniowych odbierających ciepło promieniowania nie może być zbyt wysoka, ponieważ w przeciwnym przypadku temperatura metalowej ściany jest tak wysoka, że nie jest możliwe wybranie żadnego materiału. W przypadku umieszczenia we wcześniejszym miejscu niskotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego problem związany z zapewnieniem bezpieczeństwa nie istnieje. Ponieważ ciśnienie występujące w przegrzewaczach pary jest znacznie większe niż ciśnienie występujące w przegrzewaczach międzystopniowych, zaś para posiada lepsze właściwości związane z przekazywaniem ciepła, temperatura metalowych ścian rurowych przegrzewaczy międzystopniowych jest znacznie wyższa niż w przypadku przegrzewaczy pary, nawet w przypadku tej samej temperatury pary, która uzależniona jest od właściwości pary. Przegrzewacze międzystopniowe nie mogą zostać zatem po prostu umieszczone we wcześniejszym miejscu. Co się tyczy stosowanych obecnie dużych wartości parametrów schematu pomocniczego przegrzewania międzystopniowego, sposób rozmieszczenia powierzchni grzewczych powinien zostać dokładnie obliczony, co ma na celu uzyskanie wymaganej temperatury przy zapewnieniu bezpieczeństwa i niezawodności.

Funkcja regulowania temperatury w przegrzewaczach międzystopniowych realizowana jest przez obracanie palnika, regulowanie współczynnika nadmiaru powietrza i korzystanie z przepustnicy gazów spalinowych. Obracanie palnika umożliwia unoszenie i opuszczanie jądra płomienia w palenisku, co powoduje zwiększanie i zmniejszanie temperatury wylotowej przegrzewaczy międzystopniowych oraz zmienianie charakterystyki promieniowania. Ponieważ główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy rozmieszczone są równolegle względem siebie i znajdują się w obszarach o takiej samej temperaturze gazów spalinowych, tendencje zmian są takie same w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym. Zwiększenie współczynnika nadmiaru powietrza ułatwia zwiększenie prędkości przepływu gazów spalinowych przez powierzchnie grzewcze i zwiększenie przekazywania ciepła w przegrzewaczu międzystopniowym. Dzięki wykorzystywaniu przegrody pośredniej w postaci zawieszanej rurowej ściany membranowej górny kanał spalinowy podzielony jest na przedni kanał spalinowy i tylny kanał spalinowy, w których umieszczone są odpowiednio sekcja niskotemperaturowa głównego przegrzewacza międzystopniowego i sekcja niskotemperaturowa pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego. Zawieszona rurowa ściana membranowa stanowiąca część niskotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego rozciąga się od komory wlotowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary do komory wylotowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary lub pośredniej komory mieszającej. Przegroda pośrednia rozciąga się do wlotu gazów wydmuchowych, przy którym znajdują się dwie przepustnice gazów spalinowych przeznaczone do regulowania przepływu gazów przez przedni i tylny kanał spalinowy, co dokonywane jest przez zmienianie stopnia otwarcia przepustnic i ma na celu regulowanie wzrostu temperatury pary w głównym i pomocniczym niskotemperaturowym przegrzewaczu międzystopniowym, które znajdują się w dwóch kanałach spalinowych. Wzrost temperatury w sekcji niskotemperaturowej pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego zmniejsza się wraz ze zwiększaniem się wzrostu temperatury w sekcji niskotemperaturowej głównego przegrzewacza międzystopniowego i odwrotnie. Dzięki obracaniu palnika, zmienianiu współczynnika nadmiaru powietrza i wykorzystywaniu przepustnic gazów spalinowych, w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym możliwe jest uzyskanie temperatury znamionowej w przypadku niskiego obciążenia lub zmiany paliwa.

Główny przegrzewacz międzystopniowy korzystnie umieszczony jest w pobliżu ściany przedniej, zaś pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy umieszczony jest w pobliżu ściany tylnej. Natężenie przepływu przez kanał spalinowy ściany tylnej jest większe niż w przypadku kanału spalinowego ściany przedniej, ponieważ ten pierwszy jest bardziej zbliżony do poziomego kanału spalinowego. Charakterystyka przekazywania ciepła w pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym jest gorsza niż w przypadku głównego przegrzewacza międzystopniowego, co związane jest z ciśnieniem pary. Pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy umieszczony jest zatem w pobliżu ściany tylnej, co zapewnia lepsze pochłanianie ciepła i uzyskanie zrównoważonego pochłaniania ciepła przez główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy.

Udziały pochłaniania ciepła przegrzewacza pary w zespole pomocniczego przegrzewania międzystopniowego, głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza

międzystopniowego są następujące: zdolność pochłaniania ciepła przez przegrzewacz pary, główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy wynoszą odpowiednio od 65% do 75%, od 15% do 25% i od 10% do 15%, zaś suma tych trzech wartości wynosi 100%, przy czym korzystnie udziały te wynoszą 71 : 17 : 12 plus minus 1, gdzie suma tych trzech wartości wynosi 100. Ciśnienie pary w przegrzewaczu pary, głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym wynosi odpowiednio od 30 MPa do 35 MPa, od 5 MPa do 13 MPa i od 2 MPa do 5 MPa. Główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy wykonane są z tego samego materiału, tj. ze stali nierdzewnej o wysokiej czystości klasy takiej jak SA-213TP347HFG, SA-213TP310HcbN, SA-213S304H, SA-335pg1, 15CrMoG, 12Cr1MoVG, SA213T12, SA213T23, SA-335T91 lub SA210C.

Na fig. 1 przedstawiono widok z boku kotła.

Opis oznaczeń na załączonych rysunkach: przednią ścianę chłodzoną wodą oznaczono jako 1, tylną ścianę chłodzoną wodą oznaczono jako 2, pośrednią komorę mieszającą oznaczono jako 3, komorę wlotową ściany chłodzonej wodą oznaczono jako 4, sklepienie paleniska oznaczono jako 5, palenisko oznaczono jako 6, palnik oznaczono jako 7, poziomy kanał spalinowy drugiego kanału spalinowego oznaczono jako 8, pionowy kanał spalinowy drugiego kanału spalinowego oznaczono jako 9, przepływowy ogrzewacz wody oznaczono jako 10, główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy oznaczono jako 11, pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy oznaczono jako 12, sekcję ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego oznaczono jako 13, sekcję chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego oznaczono jako 14, sekcję rury osłonowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary oznaczono jako 15, powierzchnię grzewczą pionowej sekcji niskotemperaturowego przegrzewacza pary oznaczono jako 16, przegrodę dolną (bez uźbrowania) oznaczono jako 17, przegrodę z uźbrowaniem oznaczono jako 18, oddzielnik oznaczono jako 19, komorę wlotową niskotemperaturowego przegrzewacza pary oznaczono jako 20, przepustnicę gazów spalinowych oznaczono jako 21, zawieszoną rurę wlotową niskotemperaturowego przegrzewacza pary oznaczono jako 22, górną zawieszoną rurę oznaczono jako 23, komorę wylotową niskotemperaturowego przegrzewacza pary oznaczono jako 24, powierzchnię grzewczą pionowej sekcji oznaczono jako 25, komorę wlotową przepływowego podgrzewacza wody oznaczono jako 26, komorę wylotową przepływowego podgrzewacza wody oznaczono jako 27, komorę wylotową ściany chłodzonej wodą oznaczono jako 28, sekcję ogrzewania pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego oznaczono jako 29, sekcję chłodzenia pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego oznaczono jako 30, wysokotemperaturowy przegrzewacz pary oznaczono jako 31, zaś pionowy kanał spalinowy paleniska oznaczono jako 32.

Wynalazek zostanie bardziej szczegółowo opisany w odniesieniu do rysunków i korzystnego wykonania wynalazku, jednak przedstawiony przykład nie stanowi ograniczenia wynalazku.

Tak jak to przedstawiono na fig. 1, kocioł zawiera palenisko (6), pierwszy kanał spalinowy, który ma postać pionowego kanału spalinowego paleniska (32) i podzielony jest na oddzielony kanał spalinowy i główny kanał spalinowy, przy czym oddzielony kanał spalinowy podzielony jest ponadto na przedni kanał spalinowy i tylny kanał spalinowy z wykorzystaniem przegrody z żebrami (18) posiadającej w dolnej części lekką rurę stanowiącą powierzchnię grzewczą pozbawioną żeber (17) oraz membranową ścianę chłodzoną wodą, która nie powoduje ograniczania przepływu gazów spalinowych przez żebra, oraz pomocniczy kanał spalinowy podzielony na poziomy kanał spalinowy (8) i pionowy kanał spalinowy (9). Kocioł może mieć na przykład postać kotła na pył węglowy.

Gazy spalinowe o wysokiej temperaturze pochodzące z wielu palników (7) znajdujących się w dolnej części paleniska (6) wprowadzane są do pierwszego kanału spalinowego (32) rozciągającego się w kierunku pionowym przez palenisko (6), a następnie do poziomego kanału spalinowego drugiego kanału spalinowego (8) i pionowego kanału spalinowego drugiego kanału spalinowego (9).

Osłonowa sekcja rurowa niskotemperaturowego przegrzewacza pary, sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego, sekcje ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego, główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy, oraz przepływowe ogrzewacze wody i zawieszona rura wlotowa niskotemperaturowego przegrzewacza pary rozmieszczone są kolejno wzdłuż kierunku przepływu gazów spalinowych w górnym pionowym kanale spalinowym paleniska, sekcja chłodzenia

głównego przegrzewacza międzystopniowego i sekcja chłodzenia pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego rozmieszczone są równolegle, sekcja ogrzewania głównego przegrzewacza międzystopniowego i sekcja ogrzewania pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego rozmieszczone są równolegle, zaś główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy rozmieszczone są równolegle.

Górna zawieszona rura (23) nie jest wykorzystywana w obiegu czynnika roboczego, lecz zapewnia zawieszenie zawieszanej rury wlotowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary (22).

Tak jak to przedstawiono na fig. 1, kocioł ma postać zasilanego węglem generatora energii elektrycznej z turbiną parową o mocy 1000 MW, w którym wykorzystywana jest zmiennociśnieniowa węzownica o parametrach ultra-nadkrytycznych umieszczona w opalonym węglem kotle przepływowym z pojedynczym paleniskiem, podwójnym przegrzewaniem międzystopniowym, okrężnym spalaniem stycznym, zrównoważoną wentylacją i suchym paleniskiem, przy czym kocioł ten jest wolnostojącym kotłem wieżowym o stalowej konstrukcji zawieszenia.

Tak jak to przedstawiono na fig. 1, proces wykorzystywany w głównym systemie parowym obejmuje następujące etapy: woda zasilająca wprowadzana jest do komory wlotowej przepływowego podgrzewacza wody (26), a następnie do przedniego przepływowego podgrzewacza wody i tylnego przepływowego podgrzewacza wody (10), które rozmieszczone są równolegle względem siebie, woda zasilająca podgrzewana jest w przepływowym podgrzewaczu wody, po czym wprowadzana jest do komory wylotowej przepływowego podgrzewacza wody (27); woda pochodząca z komory wylotowej przepływowego podgrzewacza wody wprowadzana jest do komory wlotowej chłodzonej wodą ściany (4) od strony dolnej części paleniska, przepływa do przedniej ściany chłodzonej wodą (1) i tylnej ściany chłodzonej wodą (2), a następnie, po podgrzaniu w ścianie chłodzonej wodą, wprowadzana jest do komory wylotowej chłodzonej wodą ściany (28); komora wylotowa chłodzonej wodą ściany połączona jest z oddzielaczem para-woda (19); para pochodząca z wylotu oddzielacza wprowadzana jest kolejno do niskotemperaturowego przegrzewacza pary (15) i wysokotemperaturowego przegrzewacza pary (31), aż wreszcie wprowadzana jest do turbiny parowej w celu wykonania pracy.

Z przodu, w kierunku szerokości kotła, rozmieszczonych jest pionowo sześć oddzielaczy para-woda, których wloty i wyloty połączone są odpowiednio ze ścianą chłodzoną wodą i niskotemperaturowym przegrzewaczem pary. Jeżeli obciążenie kotła jest o 30% BMCR mniejsze od minimalnego obciążenia DC podczas rozruchu jednostki, czynnik roboczy znajdujący się przy wylocie grzewczej powierzchni odparowującej przepływa przez rozdzielacz znajdujący się przed oddzielaczem i wprowadzany jest do oddzielacza w celu oddzielenia od siebie pary i wody, po czym para wprowadzana jest przez górne złącze rurowe do dwóch oddzielaczy i głównego przegrzewacza pary, zaś oddzielona woda wprowadzana jest do zbiornika wody (wyposażonego w układ kontrolujący poziom wody) za pośrednictwem rury połączeniowej, która znajduje się w dolnej części każdego z oddzielaczy. Zbiornik wody wyposażony jest w rurę odprowadzającą połączoną z elementem połączeniowym, za pośrednictwem którego woda odprowadzana jest do systemu recyrkulacyjnego, oraz inny przewód, który prowadzi do odgazowywacza atmosferycznego.

Palenisko posiada ściany membranowe, zaś ściany chłodzone wodą wykonane są w postaci układu rur spiralnych i rur pionowych. Wykorzystywane są w szczególności spiralne węzownice przebiegające od wlotu leja paleniska z suchym trzonem do końca wysokotemperaturowego przegrzewacza pary oraz pionowe węzownice znajdujące się nad końcem wysokotemperaturowego przegrzewacza pary.

Temperatura pary znajdującej się w przegrzewaczach pary regulowana jest przez regulowanie stosunku węgla do wody i dwustopniowe natryskiwanie wody. Temperatura pary w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym może być równocześnie regulowana przez obracanie palnika, i zmienianie stosunku pochłaniania ciepła w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym regulowanego z wykorzystaniem przepustnicy gazów spalinowych. Rura połączeniowa znajdująca się przy wylocie niskotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego wyposażona jest w urządzenie do natryskiwania niewielkich ilości wody.

Główne technologie wykorzystywane w wynalazku

1. Rozmieszczenie powierzchni grzewczych

W porównaniu do kotła z głównym przegrzewaniem międzystopniowym, kocioł z pomocniczym przegrzewaniem międzystopniowym posiada dodatkową grupę wysokotemperaturowych powierzchni

grzewczych, wysokotemperaturowy przegrzewacz pary, główny wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy, co zapewnia ogromne zwiększenie udziału pochłaniania ciepła przez przegrzewacz międzystopniowy. Powierzchnie grzewcze powinny być zatem w odpowiedni sposób zaprojektowane, biorąc pod uwagę zmiany pochłaniania ciepła w przegrzanej parze i pochłanianie ciepła przez parę poddaną przegrzewaniu międzystopniowemu, jak również wymagania dotyczące bezpieczeństwa związane ze zwiększoną temperaturą wylotową pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu.

Jeżeli główna powierzchnia grzewcza i pomocnicza powierzchnia grzewcza rozmieszczone są szeregowo, zgodnie ze zwykłym sposobem projektowania układu głównego przegrzewania międzystopniowego, przy głównej wysokotemperaturowej powierzchni grzewczej nie występuje wystarczająca temperatura przekazywania ciepła i ciśnienie, co powoduje konieczność wykorzystywania dużych obszarów przekazywania ciepła o małej sprawności. W procesie konstruowania powierzchni grzewczej wykorzystywanej do przegrzewania międzystopniowego możliwe jest zatem zastosowanie umieszczonych wcześniej przegrzewaczy międzystopniowych, co ma na celu zapewnienie pochłaniania części ciepła promieniowania, zaś główna wysokotemperaturowa powierzchnia grzewcza wykorzystywana do przegrzewania międzystopniowego i pomocnicza wysokotemperaturowa powierzchnia grzewcza wykorzystywana do przegrzewania międzystopniowego mogą być rozmieszczone równolegle, co zapewnia uzyskanie optymalnego kompromisu między przekazywaniem ciepła, czynnikami ekonomicznymi i bezpieczeństwem. Ponieważ niskotemperaturowe przegrzewacze pary umieszczone są przed sekcjami chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego, część ciepła promieniowania jest blokowana. Niskotemperaturowy przegrzewacz pary jest zatem zaprojektowany w postaci przegrzewacza pary z rurą osłonową, przy czym odległość między osłonami jest duża, tj. wynosi od około 700 mm do około 1300 mm, korzystnie od 900 mm do 1100 mm, dzięki czemu część ciepła promieniowania może przenikać przez rury osłonowe niskotemperaturowego przegrzewacza pary i docierać do sekcji chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego. Sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego zaprojektowane są w postaci rur osłonowych, których fragmenty znajdują się nad położeniem neutralnym między osłonami niskotemperaturowego przegrzewacza pary, co ma na celu uzyskanie pochłaniania ciepła promieniowania, przy czym występują tu wysokie temperatury przekraczające 1000°C, a nawet wynoszące od 1300°C do 1500°C, co umożliwia zapewnienie właściwej charakterystyki przekazywania ciepła. Sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego posiadają również powierzchnię grzewczą sekcji pionowej (25), która połączona jest z sekcjami ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego oraz umieszczona jest w palenisku, korzystnie w środkowym punkcie paleniska, a korzystniej po dwóch stronach przegrody (17) nie posiadającej ozebrowania. Odległość między osłonami niskotemperaturowego przegrzewacza pary zaprojektowanego w postaci rur osłonowych jest duża, co zapewnia przekazywanie ciepła promieniowania. Niskotemperaturowy przegrzewacz pary posiada również powierzchnię grzewczą pionowej sekcji (16), która może być wykorzystywana do podtrzymywania przepływowego ogrzewacza wody, przegrzewacza międzystopniowego i wysokotemperaturowego przegrzewacza pary nad osłonową sekcją rurową niskotemperaturowego przegrzewacza pary, które są zawieszane z wykorzystaniem punktów nośnych wspomnianych powierzchni grzewczych. Niskotemperaturowy przegrzewacz pary połączony jest dodatkowo z sekcją chłodzenia wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego za pośrednictwem komory znajdującej się poza paleniskiem, a mówiąc konkretniej, komora wylotowa niskotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego połączona jest rurami z komorą wlotową znajdującą się przy sekcji chłodzenia wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego.

2. Funkcja regulowania temperatury

Temperatura wylotowa przegrzanej pary lub temperatura wylotowa pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu może podczas działania jednostki osiągać wartości projektowe przy pełnym obciążeniu lub małym obciążeniu, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie wysokiej sprawności urządzenia. Sposób wyboru urządzenia regulującego temperaturę stał się bardzo istotny w przypadku jednostki o mniejszej temperaturze wylotowej pary, szczególnie w przypadku jednostki o parametrach

ultra-nadkrytycznych wykorzystującej pomocnicze przegrzewanie międzystopniowe, gdzie temperatura wylotowa pary przekracza 600°C.

Biorąc pod uwagę wydajność roboczą każdego stopnia systemu parowego, temperatura pary głównej jest wyższa niż temperatura pary pomocniczej, zaś temperatura pary pomocniczej jest wyższa niż temperatura pary trzeciego stopnia. Podczas wybierania schematu regulowania temperatury konieczne jest kontrolowanie każdego stopnia systemu parowego.

3. Schemat regulowania temperatury pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu

Zastosowane w tym przykładzie sposoby regulowania temperatury pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu: obracany palnik + przepustnica gazów spalinowych + schładzacz przegrzanej pary.

Cel regulowania temperatury: dzięki skutecznemu regulowaniu temperatury, temperatura wylotowa pary głównej poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu i pary pomocniczej poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu może osiągać wartości projektowane odpowiednio przy od 50% do 100% BMCR i od 65% do 100% BMCR.

W celu zapewnienia skutecznego regulowania temperatury pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu palnik zaprojektowany jest w taki sposób, by mógł być obracany w górę i w dół w celu regulowania wysokości centrum spalania, zmieniania temperatury gazów spalinowych przy wylocie paleniska i wpływania na zdolność pochłaniania ciepła przez wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy, a zatem regulowania temperatury pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu. Ponieważ główny wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy posiadają określone powierzchnie grzewcze przeznaczone do pochłaniania ciepła promieniowania, zmiana jądra płomienia może mieć ogromny wpływ na temperaturę pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu, dzięki czemu główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy osiągają temperaturę znamionową pary w dużym zakresie obciążeń. Ze względu na wybranie regulowania temperatury pary z wykorzystaniem przepustnicy gazów spalinowych, osiągnięcie równowagi temperatur wylotowych głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego może zostać osiągnięte przez regulowanie stosunku przepływu gazów spalinowych w przednim kanale spalinowym i tylnym kanale spalinowym dokonywane przez otwieranie przepustnicy oraz zmienianie stosunku rozprowadzania ciepła przez główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy. Rura przegrzewacza międzystopniowego wyposażona jest ponadto w natryskowy schładzacz przegrzanej pary, co ma na celu uniknięcie wystąpienia zbyt dużej temperatury i zapewnienie wydajnego kontrolowania odchyłek temperatury pary po lewej i prawej stronie.

Między niskotemperaturowym przegrzewaczem międzystopniowym a wysokotemperaturowym przegrzewaczem międzystopniowym umieszczone są cztery schładzacze przegrzanej pary typu natryskowego, zaś przy wlocie niskotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego umieszczone są dwa schładzacze przegrzanej pary typu natryskowego. Poza warunkami awaryjnymi, schładzacze przegrzanej pary typu natryskowego nie działają z normalną wydajnością i zapewniają całkowitą objętość natryskiwanej wody wynoszącą 3%. Pojemność rur i zaworów obliczona jest z uwzględnieniem 250% projektowej objętości natryskiwanej wody.

W rozważanym schemacie temperatura wlotowa i temperatura wylotowa głównej pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu i pomocniczej pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu są bardzo do siebie zbliżone, zaś udziały procentowe powierzchni grzewczej głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego są w zasadzie takie same jak udziały procentowe pochłaniania ciepła przez główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy. Równoległe rozmieszczenie głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego może zatem zapewnić zasadniczo takie same zmiany wydajności pochłaniania ciepła przez główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy związane ze zmianami obciążenia. Regulowanie jądra płomienia przez obracanie palnika może zasadniczo zapewnić osiągnięcie znamionowych wartości wylotowej temperatury pary w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym, zaś niewielka różnica pochłaniania ciepła może zostać zrównoważona przez regulowanie końcowej przepustnicy gazów spalinowych. Główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy posiadają ponadto pewne powierzchnie grzewcze, które są ogrzewane przez promieniowanie, co zapewnia uzyskanie w kotle właściwej temperatury pary poddanej przegrzewaniu międzystopniowemu przy małym obciążeniu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy, gdzie kocioł jest kotłem o parametrach nadkrytycznych, powierzchnia grzewcza kotła zawiera przegrzewacze pary, główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy, zaś przegrzewacze pary zawierają niskotemperaturowy przegrzewacz pary i wysokotemperaturowy przegrzewacz pary, **znamienny tym**, że:
zawiera przedni przepływowy podgrzewacz wody i tylny przepływowy podgrzewacz wody (10), które rozmieszczone są równolegle względem siebie; chłodzone wodą ściany (1) od strony dolnej części paleniska, przy czym wyloty chłodzonych wodą ścian połączone są z oddzielnym (19); turbinę parową;
patrząc w kierunku przepływu pary z obszaru o niskiej temperaturze do obszaru o wysokiej temperaturze, główny przegrzewacz międzystopniowy zawiera kolejno główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy (11) i główny wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy, po przepłynięciu przez które para wprowadzana jest do turbiny parowej w celu wykonania pracy, a para znajdująca się w głównym przegrzewaczu międzystopniowym jest wylotową parą turbiny parowej;
patrząc w kierunku przepływu pary z obszaru o niskiej temperaturze do obszaru o wysokiej temperaturze, pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy zawiera pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy (12) i pomocniczy wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy, po przepłynięciu przez które para wprowadzana jest do turbiny parowej w celu wykonania pracy, a para znajdująca się w głównym przegrzewaczu międzystopniowym staje się wylotową parą turbiny parowej dostarczaną po wykonaniu pracy w turbinie parowej, para znajdująca się w pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym staje się wylotową parą turbiny parowej;
główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy umieszczone są równolegle względem siebie w pionowym kanale spalinowym paleniska (32).
2. Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że:
główny wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy podzielony jest na sekcję chłodzenia (14) i sekcję ogrzewania (13), zaś pomocniczy wysokotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy podzielony jest na sekcję chłodzenia (30) i sekcję ogrzewania (29);
biorąc pod uwagę kierunek przepływu pary, niskotemperaturowy przegrzewacz pary zawiera zawieszoną rurę wlotową (22) niskotemperaturowego przegrzewacza pary, powierzchnię grzewczą (16) pionowej sekcji niskotemperaturowego przegrzewacza pary oraz osłonową sekcję rurową (15) niskotemperaturowego przegrzewacza pary;
sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (14) i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (30) rozmieszczone są z przodu pod wysokotemperaturowym przegrzewaczem pary, przy czym znajdują się one w obszarach o silnym promieniowaniu, co ma na celu zapewnienie pochłaniania części ciepła promieniowania, zaś sekcje ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (13) i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (29) rozmieszczone są nad wysokotemperaturowym przegrzewaczem pary (31);
osłonowa sekcja rurowa niskotemperaturowego przegrzewacza pary (15), sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (14) i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (30), wysokotemperaturowy przegrzewacz pary (31), sekcje ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (13) i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (29), główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy (11) i pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy (12), przepływowe podgrzewacze wody (10) oraz wisząca rura wlotowa niskotemperaturowego przegrzewacza pary (22) rozmieszczone są szeregowo wzdłuż kierunku przepływu gazów spalinowych w górnym pionowym kanale spalinowym paleniska (32), sekcja chłodzenia głównego przegrzewa-

cza międzystopniowego i sekcja chłodzenia pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego rozmieszczone są równolegle względem siebie, sekcja ogrzewania głównego przegrzewacza międzystopniowego i sekcja ogrzewania pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego rozmieszczone są równolegle względem siebie, zaś główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy (11) i pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy (12) rozmieszczone są równolegle względem siebie.

3. Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy według zastrzeżenia 2, **znamienny tym**, że:
odległość między osłonami jest duża przy osłonowej sekcji rurowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary (15), co zapewnia przekazywanie ciepła przez promieniowanie, przy czym powierzchnia grzewcza (16) pionowej sekcji niskotemperaturowego przegrzewacza pary może być zawieszona na przepływowych podgrzewaczach wody (10), przegrzewaczach międzystopniowych i wysokotemperaturowym przegrzewaczu pary nad osłonową sekcją rurową niskotemperaturowego przegrzewacza pary (15);
sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (14) i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (30) zaprojektowane są w postaci rur osłonowych, których części umieszczone są nad położeniem pośrednim znajdującym się między osłonami niskotemperaturowego przegrzewacza pary, co ma na celu zapewnienie pochłaniania promieniowania cieplnego;
sekcje chłodzenia głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (14) i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (30) posiadają również powierzchnie grzewcze (25) sekcji pionowych, przy czym sekcje chłodzenia i sekcje ogrzewania połączone są ze sobą z wykorzystaniem powierzchni grzewczych (25) sekcji pionowych, które umieszczone są w pionowym kanale spalinowym.
4. Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy według zastrzeżenia 3, **znamienny tym**, że:
po przepłynięciu gazów spalinowych przez sekcje ogrzewania głównego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (13) i pomocniczego wysokotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego (29), kanał spalinowy rozdzielany jest z wykorzystaniem przegrody kanału spalinowego na przedni kanał spalinowy i tylny kanał spalinowy,
przy czym w przednim kanale spalinowym umieszczony jest główny niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy (11) i przedni ogrzewacz przepływowy (10), w tylnym kanale spalinowym umieszczony jest pomocniczy niskotemperaturowy przegrzewacz międzystopniowy (12) i tylny ogrzewacz przepływowy (10) zaś przegroda kanału spalinowego rozciąga się do wlotu drugiego kanału spalinowego, w którym umieszczona jest przepustnica gazów spalinowych (21) przeznaczona do regulowania przepływu gazów spalinowych przez przedni kanał spalinowy i tylny kanał spalinowy;
przegroda kanału spalinowego ma postać ściany membranowej zawieszanej rury stanowiącej część niskotemperaturowego przegrzewacza pary, przy czym ściana membranowa zawieszanej rury rozciąga się od komory wlotowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary (20) do komory wylotowej niskotemperaturowego przegrzewacza pary (24) lub pośredniej komory mieszającej (3);
główny przegrzewacz międzystopniowy umieszczony jest w pobliżu ściany przedniej, zaś pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy umieszczony jest w pobliżu ściany tylnej.
5. Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy według zastrzeżenia 3, **znamienny tym**, że:
temperatura pary przy wylotach przegrzewacza pary, głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego osiąga od 600°C do 695°C;
współczynniki procentowe pochłaniania ciepła przegrzewaczy pary do głównego przegrzewacza międzystopniowego i pomocniczego przegrzewacza międzystopniowego w kotle wieżowym wyposażonym w pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy są następujące: zdolność pochłaniania ciepła przez przegrzewacz pary wynosi od 65% do 75%, zdolność pochłaniania ciepła przez główny przegrzewacz międzystopniowy wynosi od 15% do 25%, zdolność pochłaniania ciepła przez pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy wynosi od 10% do 15%, zaś suma tych trzech wartości wynosi 100%.

6. Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy według zastrzeżenia 4, **znamienny tym**, że:
ciśnienie pary w przegrzewaczu pary wynosi od 28 MPa do 35 MPa;
ciśnienie pary w głównym przegrzewaczu międzystopniowym wynosi od 5 MPa do 14 MPa;
zaś
ciśnienie pary w pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym wynosi od 2 MPa do 5 MPa.
7. Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy według zastrzeżenia 3, **znamienny tym**, że:
palenisko (6) posiada membranowe ściany chłodzone wodą, przy czym dolna ściana chłodzona wodą wyposażona jest w rury spiralne, zaś górna ściana chłodzona wodą wyposażona jest w rury pionowe;
woda zasilająca wprowadzana jest do przedniego przepływowego ogrzewacza wody i tylnego przepływowego ogrzewacza wody (10), a następnie kolejno do spiralnej węzownicy rurowej znajdującej się przy dolnej części paleniska (6), pośredniej komory mieszającej (3), pionowej osłony rurowej znajdującej się przy górnej części paleniska, oddzielnicy (19), niskotemperaturowego przegrzewacza pary i wysokotemperaturowego przegrzewacza pary, aż wreszcie para wprowadzana jest do wysokociśnieniowego cylindra turbiny parowej w celu wykonania pracy.
8. Kocioł wieżowy wyposażony w główny przegrzewacz międzystopniowy i pomocniczy przegrzewacz międzystopniowy według zastrzeżenia 3, **znamienny tym**, że:
temperatura pary w przegrzewaczu pary regulowana jest przez stosunek węgla do wody i kontrolowana przez dwustopniowe natryskiwanie wody, temperatura pary w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym regulowana jest równocześnie przez obracanie palnika (7), stosunek pochłaniania ciepła w głównym przegrzewaczu międzystopniowym i pomocniczym przegrzewaczu międzystopniowym regulowany jest z wykorzystaniem przepustnicy gazów spalinowych (21), zaś przy wylotowej rurze połączeniowej niskotemperaturowego przegrzewacza międzystopniowego umieszczone jest urządzenie do natryskiwania niewielkich ilości wody.
9. Proces zachodzący w kotle wieżowym określonym w dowolnym z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że obejmuje następujące etapy: woda zasilająca wprowadzana jest do komory wlotowej przepływowego podgrzewacza wody (26), a następnie do przedniego przepływowego podgrzewacza wody i tylnego przepływowego podgrzewacza wody (10), które rozmieszczone są równolegle względem siebie, woda zasilająca podgrzewana jest w przepływowym podgrzewaczu wody (10), po czym wprowadzana jest do komory wylotowej przepływowego podgrzewacza wody (27); woda pochodząca z komory wylotowej przepływowego podgrzewacza wody (27) wprowadzana jest do komory wlotowej chłodzonej wodą ściany (4) od strony dolnej części paleniska (6), przepływa do przedniej ściany chłodzonej wodą (1) i tylnej ściany chłodzonej wodą (2), a następnie, po podgrzaniu w ścianie chłodzonej wodą, wprowadzana jest do komory wylotowej chłodzonej wodą ściany (28); komora wylotowa chłodzonej wodą ściany połączona jest z oddzielnicy para-woda (19); para pochodząca z wylotu oddzielnicy (19) wprowadzana jest kolejno do niskotemperaturowego przegrzewacza pary (15) i wysokotemperaturowego przegrzewacza pary (31), aż wreszcie wprowadzana jest do turbiny parowej w celu wykonania pracy.

Rysunek

