

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **233803**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **424424**

(22) Data zgłoszenia: **13.06.2016**

(86) Data i numer zgłoszenia międzynarodowego:

13.06.2016, PCT/JP16/067503

(87) Data i numer publikacji zgłoszenia międzynarodowego:

02.02.2017, WO17/018082

(51) Int.Cl.

F28B 9/06 (2006.01)

F28B 11/00 (2006.01)

F28B 1/02 (2006.01)

F28F 27/00 (2006.01)

G21C 9/004 (2006.01)

G21C 15/18 (2006.01)

(54)

Układ chłodzenia i sposób działania układu chłodzenia

(30) Pierwszeństwo:

27.07.2015, JP, 2015-147623

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

07.05.2018 BUP 10/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

29.11.2019 WUP 11/19

(73) Uprawniony z patentu:

Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd, Ibaraki, JP

(72) Twórca(y) wynalazku:

NAOYUKI ISHIDA, Tokyo, JP

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Emil Marton

PL 233803 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem niniejszego wynalazku jest układ chłodzenia, w szczególności układ chłodzenia wykorzystujący skraplacz, który powoduje skraplanie się dającego się skraplać gazu na zewnętrznej powierzchni rury wymiany ciepła, przez umożliwienie przepływu czynnika chłodzącego do rury wymiany ciepła, a także sposób działania układu chłodzenia.

W ogólnym skraplaczu, liczba i długość rur wymiany ciepła są określone w zależności od wymaganej ilości odprowadzanego ciepła. Przy skraplaniu zmieszanego gazu zawierającego niedający się skraplać gaz, ponieważ współczynnik przenikania ciepła zmniejsza się w miarę wzrostu stężenia niedającego się skraplać gazu, konieczne jest zwiększenie liczby i długości rur wymiany ciepła w celu zapewnienia określonej ilości odprowadzonego ciepła. Ogólnie rzecz biorąc, skraplacz jest przeznaczony do określonego stężenia niedającego się skraplać gazu.

W wymienniku ciepła, ilość odprowadzanego ciepła może być regulowana przez natężenie przepływu czynnika chłodzącego.

W technologii opisanej w dokumencie JP-A-2014-34301, w celu odpowiedniego regulowania temperatury wielu typów obiektów kontroli temperatury, rura, przez którą przepływa czynnik chłodzący, jest odgałęziona przed wymiennikiem ciepła i przez zawór regulujący natężenie przepływu, umieszczony w jednej odgałęzionej rurze, regulowana jest ilość rozprowadzanego czynnika chłodzącego do każdego z wymienników ciepła.

W układzie chłodzenia, w przypadku, kiedy stężenie niedającego się skraplać gazu, który jest zawarty w obiekcie odprowadzania ciepła, ulega znacznej zmianie, ilość odprowadzanego ciepła również ulega znacznej zmianie. W skraplaczu zaprojektowanym dla określonego stężenia niedającego się skraplać gazu, w przypadku, kiedy stężenie niedającego się skraplać gazu znacznie się zmniejsza, ilość odprowadzanego ciepła wzrasta.

Ogólnie, ciepło odprowadzane przez skraplacz jest przekazywane do zewnętrznego wymiennika ciepła w celu odprowadzenia ciepła na zewnątrz. Kiedy ilość odprowadzanego ciepła wzrasta, temperatura czynnika chłodzącego wzrasta od wylotu skraplacza do wlotu wymiennika zewnętrznego. W tym przypadku, konieczne jest ustawienie układu chłodzenia jako kompatybilnego z wysoką temperaturą, a ponieważ wymaga się zwiększenia powierzchni wymiany ciepła zewnętrznego wymiennika ciepła, zwiększa się wielkość zewnętrznego wymiennika ciepła i zwiększa się koszt. Na przykład, konieczne jest ustawienie części uszczelniającej pompy cyrkulacyjnej i tym podobnych jako korespondujących z wysoką temperaturą, a koszt całego układu chłodzenia wzrasta.

Ponadto, w przypadku, kiedy wykorzystuje się skraplacz do schładzania obudowy bezpieczeństwa przy poważnych wypadkach w elektrowni jądrowej, korzystne jest skraplanie pary przy użyciu skraplacza bez użycia źródła zasilania. W przypadku obecności niedającego się skraplać gazu w parze, siła napędzająca jest generowana z powodu różnicy pomiędzy stężeniem gazu wewnątrz skraplacza, a stężeniem gazu poza skraplaczem i zachodzi naturalna cyrkulacja zmieszanego gazu. Kiedy siła napędzająca jest zwiększana, duża ilość zmieszanego gazu wpływa do skraplacza, a ilość odprowadzanego ciepła może być zabezpieczona.

Niniejszy wynalazek został wykonany w świetle powyższego opisu, przy czym celem niniejszego wynalazku jest uzyskanie układu chłodzącego zdolnego do ograniczenia zwiększenia kosztów poprzez utrzymywanie temperatury czynnika chłodzącego wpływającego do wymiennika ciepła na poziomie określonej temperatury lub niższej przez regulowanie ilości odprowadzanego ciepła w skraplaczu i sposobu działania układu chłodzenia.

Aby osiągnąć powyższy cel, niniejszy wynalazek jest skonfigurowany w poniższy sposób.

Układ chłodzenia zawierający:

wymiennik ciepła;

skraplacz, który skrapla dający się skraplać gaz zawierający niedający się skraplać gaz;

rurę po stronie wlotowej, która łączy ze sobą wylot czynnika chłodzącego wymiennika ciepła i wlot czynnika chłodzącego skraplacza;

rurę po stronie wylotowej, która łączy ze sobą wylot czynnika chłodzącego skraplacza i wlot czynnika chłodzącego wymiennika ciepła;

rurę obejściową, która odgałęzia się od odgałęziającej części rury po stronie wlotowej w pobliżu wlotu czynnika chłodzącego skraplacza od rury po stronie wlotowej;

mieszalnik, podłączony do rury po stronie wylotowej i rury obejściowej, mieszający czynnik chłodzący wypływający z wylotu czynnika chłodzącego skraplacza z czynnikiem chłodzącym doprowadzanym z rury obejściowej i doprowadzający zmieszany czynnik do wlotu czynnika chłodzącego wymiennika ciepła przez rurę po stronie wylotowej; i

mechanizm regulowania natężenia przepływu, regulujący natężenie napływu czynnika chłodzącego płynącego od rury po stronie wlotowej do wlotu czynnika chłodzącego skraplacza i natężenie napływu czynnika chłodzącego od rury po stronie wlotowej do rury obejściowej;

według wynalazku charakteryzuje się tym, że

w rurze po stronie wylotowej układu chłodzenia jest usytuowany termometr,

mechanizm regulowania natężenia przepływu zawiera zawór regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza, umieszczony pomiędzy wlotem czynnika chłodzącego skraplacza a częścią odgałęziającą, i zawór regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej, umieszczony w rurze obejściowej, a

układ chłodzenia zawiera ponadto jednostkę obliczeniową, połączoną z termometrem oraz połączoną zarówno z zaworem regulującym natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza jak i zaworem regulującym natężenie przepływu po stronie obejściowej, oraz mechanizmy napędzające stopnia otwarcia regulujące stopień otwarcia zaworu regulującego natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza i regulujące stopień otwarcia zaworu regulującego natężenie przepływu po stronie obejściowej.

Korzystnie, skraplacz jest umieszczony w obudowie bezpieczeństwa elektrowni jądrowej z reaktorem.

Korzystnie, układ chłodzenia zawiera ponadto stabilizator ciśnieniowy.

Korzystnie, stabilizatorem ciśnieniowym jest zbiornik na wodę.

Korzystnie, stabilizatorem ciśnieniowym jest zawór regulujący ciśnienie, umieszczony w rurze po stronie wylotowej.

Korzystnie, mechanizmy napędzające stopnia otwarcia obejmują:

pierwszy silnik napędzający, połączony pomiędzy zaworem regulującym natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza i jednostką obliczeniową; i

drugi silnik napędzający, połączony pomiędzy zaworem regulującym natężenie przepływu po stronie obejściowej i jednostką obliczeniową.

Korzystnie, skraplacz zawiera osłonę, której powierzchnia górna i powierzchnia dolna są otwarte, oraz wiele rur wymiany ciepła, które są umieszczone w górnej przestrzeni w osłonie i przez które wpływa i wypływa czynnik chłodzący, a w dolnej przestrzeni w osłonie jest uformowana przestrzeń dolnego komina, w której nie są rozmieszczone rury wymiany ciepła, i jest on umiejscowiony w obudowie bezpieczeństwa reaktora jądrowego, gdzie zmienia się stężenie azotu.

Sposób działania układu chłodzenia, w którym to układzie chłodzenia stosuje się:

wymiennik ciepła;

skraplacz, w którym skrapla się dający się skraplać gaz zawierający niedający się skraplać gaz;

rurę po stronie wlotowej, która łączy ze sobą wylot czynnika chłodzącego wymiennika ciepła i wlot czynnika chłodzącego skraplacza;

rurę po stronie wylotowej, która łączy ze sobą wylot czynnika chłodzącego skraplacza i wlot czynnika chłodzącego wymiennika ciepła;

rurę obejściową, która odgałęzia się od odgałęziającej części rury po stronie wlotowej w pobliżu wlotu czynnika chłodzącego skraplacza od rury po stronie wlotowej;

mieszalnik, podłączony do rury po stronie wylotowej i rury obejściowej, w którym miesza się czynnik chłodzący wypływający z wylotu czynnika chłodzącego skraplacza z czynnikiem chłodzącym doprowadzanym z rury obejściowej, i za pomocą którego doprowadza się zmieszany czynnik do wlotu czynnika chłodzącego wymiennika ciepła przez rurę po stronie wylotowej; i

mechanizm regulowania natężenia przepływu, za pomocą którego reguluje się natężenie napływu czynnika chłodzącego płynącego od rury po stronie wlotowej do wlotu czynnika chłodzącego skraplacza i natężenie napływu czynnika chłodzącego od rury po stronie wlotowej do rury obejściowej;

przy czym w mechanizmie regulowania natężenia przepływu stosuje się zawór regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza, umieszczony pomiędzy wlotem czynnika chłodzącego skraplacza a częścią odgałęziającą, i zawór regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej, umieszczony w rurze obejściowej;

a w rurze po stronie wylotowej układu chłodzenia stosuje się termometr, za pomocą którego mierzy się temperaturę czynnika chłodzącego;

według wynalazku charakteryzuje się tym, że w sposobie

mierzy się termometrem temperaturę czynnika chłodzącego w rurze po stronie wylotowej układu chłodzenia; i

steruje się układem chłodzenia w taki sposób, że w przypadku, gdy temperatura zmierzona przez termometr jest wyższa niż temperatura docelowa dokręca się zawór regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza i otwiera się zawór regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej, a w przypadku, gdy temperatura zmierzona przez termometr jest niższa niż temperatura docelowa otwiera się zawór regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza i dokręca się zawór regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej.

Według niniejszego wynalazku, może być wykonany układ chłodzący zdolny do ograniczenia zwiększenia kosztów poprzez utrzymywanie temperatury czynnika chłodzącego wpływającego do wymiennika ciepła na poziomie określonej temperatury lub niższej przez regulowanie ilości odprowadzanego ciepła w skraplaczu, skraplacz zdolny do zwiększania natężenia przepływu mieszanego gazu przez naturalną cyrkulację i sposób działania układu chłodzenia.

Przedmiot niniejszego wynalazku jest przedstawiony w swoich przykładach wykonania na rysunku, na którym Fig. 1 stanowi schemat koncepcyjny ilustrujący jeden przykład konfiguracji w przypadku zastosowania układu chłodzenia według pierwszego przykładu niniejszego wynalazku w elektrowni z reaktorem wodnym wrzącym, Fig. 2 stanowi wykres przedstawiający zmianę temperatury wody chłodzącej od wlotu rury wymiany ciepła skraplacza do wylotu mieszalnika, Fig. 3 stanowi schemat koncepcyjny ilustrujący jeden przykład konfiguracji w przypadku zastosowania układu chłodzenia według drugiego przykładu niniejszego wynalazku w elektrowni z reaktorem wodnym wrzącym, Fig. 4 stanowi wykres przedstawiający zmianę temperatury wody chłodzącej od wlotu rury wymiany ciepła skraplacza w drugim przykładzie niniejszego wynalazku do wylotu mieszalnika, Fig. 5 stanowi wykres przedstawiający zmianę entalpii wody chłodzącej od wlotu rury wymiany ciepła skraplacza w drugim przykładzie niniejszego wynalazku do wylotu mieszalnika, Fig. 6 stanowi schemat ilustrujący przykład modyfikacji drugiego przykładu niniejszego wynalazku, Fig. 7 stanowi schemat koncepcyjny ilustrujący jeden przykład konfiguracji w przypadku zastosowania układu chłodzenia według trzeciego przykładu niniejszego wynalazku w elektrowni z reaktorem wodnym wrzącym, a Fig. 8 stanowi schemat koncepcyjny ilustrujący przykład konfiguracji skraplacza zastosowanego w układzie chłodzenia według czwartego przykładu niniejszego wynalazku.

W niniejszym dokumencie, przykłady wykonania niniejszego wynalazku zostaną opisane w odniesieniu do załączonych rysunków.

Fig. 1 stanowi schemat koncepcyjny ilustrujący jeden przykład konfiguracji w przypadku zastosowania układu chłodzenia według pierwszego przykładu niniejszego wynalazku w elektrowni z reaktorem wodnym wrzącym.

Jak przedstawiono na Fig. 1, układ chłodzenia według pierwszego przykładu niniejszego wynalazku obejmuje skraplacz 1 umieszczony w obudowie bezpieczeństwa 50 reaktora i zewnętrzny wymiennik ciepła 8 do odprowadzania ciepła usuniętego w skraplaczu 1. Skraplacz 1 i zewnętrzny wymiennik ciepła 8 są połączone ze sobą rurą 2 po stronie wlotowej przenoszącą czynnik chłodzący (wodę chłodzącą) z wylotu czynnika chłodzącego wymiennika ciepła 8 do wlotu czynnika chłodzącego skraplacza 1, i rurą 3 po stronie wylotowej przenoszącą czynnik chłodzący płynący z wylotu czynnika chłodniczego skraplacza 1 do wlotu czynnika chłodzącego zewnętrznego wymiennika ciepła 8.

Pompa 7 wody chłodzącej do cyrkulowania czynnika chłodzącego przez rurę 2 po stronie wlotowej i rurę 3 po stronie wylotowej jest umieszczona w rurze 3 po stronie wylotowej. Ponadto, rura obejściowa 12 odgałęziona przed skraplaczem 1 jest zapewniona w rurze 2 po stronie wlotowej. Rura obejściowa 12 jest połączona z mieszalnikiem 4 znajdującym się w rurze 3 po stronie wylotowej. Zawór 5 regulujący natężenie przepływu (zawór regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza) do regulowania natężenia przepływu czynnika chłodzącego do skraplacza 1 jest umieszczony pomiędzy odgałęziającą częścią rury 2 po stronie wlotowej a wlotem czynnika chłodzącego skraplacza 1. W rurze obejściowej 12 zapewniony jest zawór 6 regulujący natężenie przepływu (zawór regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej) do regulowania natężenia przepływu czynnika chłodzącego w rurze obejściowej 12.

Ponadto, pompa 7 wody chłodzącej jest umieszczona pomiędzy mieszalnikiem 4 w rurze 3 po stronie wylotowej a zewnętrznym wymiennikiem ciepła 8, a termometr 21, który mierzy temperaturę

czynnika chłodzącego w rurze 3 po stronie wylotowej, jest umieszczony pomiędzy pompą 7 wody chłodzącej a zewnętrznym wymiennikiem ciepła 8.

W zewnętrznym wymienniku ciepła 8 woda morska, jako czynnik chłodzący, jest pobierana przez pompę 9 dostarczającą wodę chłodzącą, przy czym ciepło przekazane ze skraplacza 1 jest odprowadzane do wody morskiej, a ostatecznie usunięte ciepło jest odprowadzane do morza.

Obudowa bezpieczeństwa 50 reaktora wodnego wrzącego jest w trakcie normalnego działania wypełniona azotem. W przypadku, kiedy wystąpi taki wypadek, że utracona zostanie funkcja odprowadzania ciepła rozpadu generowanego przez rdzeń reaktora, para wytworzona przez ciepło rozpadu jest przekazywana do obudowy bezpieczeństwa 50. W przypadku, kiedy ilość ciepła rozpadu jest większa niż ilość odprowadzanego ciepła z obudowy bezpieczeństwa 50, ciśnienie w obudowie bezpieczeństwa 50 wzrasta. Aby zapobiec wzrostowi ciśnienia powyżej wartości ciśnienia projektowego i uszkodzeniu obudowy bezpieczeństwa 50, potrzebne są środki do skraplania wytworzonej pary lub odprowadzania pary z obudowy bezpieczeństwa 50.

Kiedy para wpływa do obudowy bezpieczeństwa 50, staje się wymieszany gazem z napełnionym azotem. Kiedy ciśnienie w obudowie bezpieczeństwa 50 wzrasta, ponieważ funkcja działa tak, że zawór zwrotny i zawór odcinający podciśnienie działają w celu odizolowania azotu, skraplacz 1 działa w stosunkowo szerokim zakresie stężenia azotu.

Aby zapobiec nadmiernemu ciśnieniu w obudowie bezpieczeństwa 50, rozsądnym jest zaprojektowanie skraplacza 1 dla warunków, w których właściwości wymiany ciepła są najbardziej zaburzone w środowisku o założonym najwyższym stężeniu azotu. Zasadniczo, długość rury wymiany ciepła skraplacza 1 jest określona tak, że temperatura czynnika chłodzącego (wody chłodzącej) na wylocie skraplacza 1 odpowiada specyfikacji temperatury wlotowej zewnętrznego wymiennika ciepła 8.

Stężenie azotu w zmieszanej gazie w obudowie bezpieczeństwa 50 zmienia się w zależności od dopływu i skraplania się pary wodnej i warunków izolacyjnych azotu. Kiedy stężenie azotu w zmieszanej gazie w obudowie bezpieczeństwa 50 się zmniejsza, efekt zatrzymywania wymiany ciepła przez niedający się skraplać gaz zostaje wyeliminowany, a współczynnik przenikania ciepła skraplania wzrasta. Kiedy współczynnik przenikania ciepła skraplania wzrasta, ilość ciepła odprowadzanego do wody chłodzącej skraplacza 1 wzrasta a temperatura wody chłodzącej na wylocie skraplacza 1 wzrasta.

W przypadku, kiedy temperatura wody chłodzącej na wylocie skraplacza 1 nadmiernie wzrasta, koniecznym jest dostosowanie zewnętrznego wymiennika ciepła 8 i całego układu chłodzenia do specyfikacji wysokotemperaturowej, co powoduje wzrost kosztów całego układu wody chłodzącej. Ponieważ wzrost kosztów ze względu na tę specyfikację wysokotemperaturową jest wywołany wzrostem ilości odprowadzanego ciepła ze skraplacza 1 w przypadku, kiedy stężenie azotu jest obniżone, temperatura wody chłodzącej nie powinna być nadmiernie zwiększana.

W pierwszym przykładzie wykonania rura 2 po stronie wlotowej skraplacza 1 odgałęzia się, aby utworzyć rurę obejściową 12, a mieszalnik 4 jest połączony z rurą 3 po stronie wylotowej. Zawór 5 regulujący natężenie przepływu jest umieszczony w rurze 2 po stronie wlotowej, a zawór 6 regulujący natężenie przepływu jest umieszczony w rurze obejściowej 12.

W konstrukcji tego układu chłodzenia, natężenie przepływu określa się za pomocą równania (1) wskazanego poniżej, tak aby było temperaturą specyfikacji zewnętrznego wymiennika ciepła 8 w odniesieniu do ilości odprowadzanego ciepła przy maksymalnym oczekiwanym stężeniu azotu.

$$Q_0 = m_0 c_p (T_{wyl} - T_{wlo}) \dots (1)$$

W równaniu (1) powyżej, Q_0 stanowi wymaganą ilość odprowadzanego ciepła (W), m_0 stanowi natężenie przepływu wody chłodzącej (kg/s) przy maksymalnym stężeniu azotu, c_p stanowi ciepło właściwe (J/kgK), T_{wyl} stanowi temperaturę wylotową wody chłodzącej (°C), a T_{wlo} stanowi temperaturę wlotową wody chłodzącej (°C). Temperatura wylotowa wody chłodzącej na wylocie skraplacza 1 jest ustalona tak, aby nie przekraczała temperatury specyfikacji zewnętrznego wymiennika ciepła 8.

Kiedy natężenie przepływu do skraplacza 1 jest zmniejszone, ilość odprowadzanego ciepła zmniejsza się, a temperatura wylotowa wody chłodzącej wzrasta. W przypadku, kiedy stężenie azotu zmniejsza się, a współczynnik przenikania ciepła skraplania wzrasta, aby zwiększyć ilość odprowadzanego ciepła, poprzez zmniejszenie natężenia przepływu wody chłodzącej wpływającej do skraplacza 1 przez zmniejszenie stopnia otwarcia zaworu 5 regulującego natężenie przepływu po stronie wlotowej można kontrolować ilość odprowadzanego ciepła w obudowie 1.

Na przykład w przypadku, kiedy wewnątrz obudowy bezpieczeństwa 50 jest wypełnione parą o ciśnieniu atmosferycznym (stężenie azotu 0%), w skraplaczu 1 mającym wystarczającą powierzchnię wymiany ciepła przy założeniu, że azot jest obecny, temperatura wody chłodzącej osiąga 100°C przed wyładowaniem ze skraplacza 1 i po osiągnięciu wartości 100°C nie występuje różnica temperatur, zaś odprowadzanie ciepła nie jest przeprowadzane, a efektywna powierzchnia wymiany ciepła jest zmniejszona.

Zakładając, że woda chłodząca nie wrze, ilość odprowadzanego ciepła jest wyrażona poniższym równaniem (2).

$$Q = m_{cp} (100 - T_{wlo}) \dots (2)$$

W równaniu (2) powyżej, Q stanowi ilość odprowadzanego ciepła (W), m stanowi natężenie przepływu wody chłodzącej (kg/s), c_p stanowi ciepło właściwe (J/kgK), a T_{wlo} stanowi temperaturę wlotową wody chłodzącej (°C).

Z powyższego równania (2) można stwierdzić, że jeśli temperatura wlotowa wody chłodzącej jest taka sama, ilość odprowadzanego ciepła może być sterowana przez natężenie przepływu wody chłodzącej. W przypadku, kiedy natężenie przepływu wody chłodzącej wpływającej do skraplacza 1 zmniejsza się, temperatura wody chłodzącej na wylocie skraplacza 1 wzrasta do temperatury wewnątrz obudowy bezpieczeństwa 50. Woda chłodząca w rurze 3 po stronie wylotowej, w której temperatura wzrosła, jest mieszana z wodą chłodzącą o niskiej temperaturze, która przeszła przez rurę obejściową 12 z mieszalnikiem 4 i jest obniżana do temperatury, w której woda chłodząca odpowiada specyfikacji zewnętrznego wymiennika ciepła 8.

Fig. 2 stanowi wykres przedstawiający zmianę temperatury wody chłodzącej od wlotu rury wymiany ciepła skraplacza 1 do wylotu mieszalnika 4, przy czym oś pionowa przedstawia temperaturę wody chłodzącej, a oś pozioma przedstawia położenie wody chłodzącej. Ponadto, na Fig. 2, linia ciągła wskazuje zmianę temperatury wody chłodzącej, kiedy stężenie azotu spada, a linia przerywana z naprzemiennie długimi i krótkimi kreskami wskazuje zmianę temperatury wody chłodzącej przy maksymalnym stężeniu azotu.

Jak wskazano przez linię przerywaną z naprzemiennie długimi i krótkimi kreskami na Fig. 2, skraplacz 1 jest zaprojektowany tak, aby był równy lub niższy niż graniczna temperatura zewnętrznego wymiennika ciepła 8, kiedy stężenie azotu osiągnie wartość maksymalną. Na Fig. 2, ponieważ współczynnik przenikania ciepła poprawia się, kiedy zmniejsza się stężenie azotu, wzrasta szybkość wzrostu temperatury wody chłodzącej. W przypadku pierwszego przykładu wykonania, kiedy temperatura wody chłodzącej osiąga 100°C, która jest temperaturą nasycenia wewnątrz obudowy bezpieczeństwa 50, ponieważ różnica temperatur zanika, wymiana ciepła nie jest dokonywana i temperatura wody chłodzącej jest stała na poziomie 100°C. Woda chłodząca, której temperatura wzrasta do 100°C, miesza się w mieszalniku 4 z wodą chłodzącą o niskiej temperaturze, doprowadzaną przez rurę obejściową 12, aby obniżyć temperaturę do temperatury granicznej lub niższej zewnętrznego wymiennika ciepła 8.

Jeżeli natężenie przepływu wody chłodzącej zmniejsza się w układzie bez rury obejściowej 12, nie ma środków do obniżania temperatury wody chłodzącej wpływającej do zewnętrznego wymiennika ciepła 8 i istnieje możliwość, że specyfikacja może nie być spełniona.

Woda chłodząca, w której obniżona temperatura jest równa lub niższa niż temperatura specyfikacji zewnętrznego wymiennika ciepła 8, wymienia ciepło z wodą morską w zewnętrznym wymienniku ciepła 8, jest chłodzona i jest ponownie doprowadzana do skraplacza 1. Woda morska, do której ciepło jest przekazywane z wody chłodzącej, jest zwracana do morza, a ciepło wewnątrz obudowy bezpieczeństwa 50 jest odprowadzane do morza.

W pierwszym przykładzie wykonania niniejszego wynalazku temperatura wody chłodzącej wpływającej do zewnętrznego wymiennika ciepła 8 jest mierzona za pomocą termometru 21. Stopień otwarcia zaworów 5 i 6 regulujących natężenie przepływu jest regulowany w zależności od temperatury wody chłodzącej mierzonej przez termometr 21 a ilość doprowadzanej wody chłodzącej do skraplacza 1 oraz natężenie przepływu wody chłodzącej doprowadzanej do mieszalnika 4 z rury obejściowej 12 są regulowane. Regulowanie otwarcia zaworów 5 i 6 regulujących natężenie przepływu może być wykonywane, na przykład, przez monitorowanie temperatury pomiaru termometru 21 w centrum sterowania i instruowanie operatora z centrum sterowania o regulowaniu otwarcia zaworów 5 i 6 regulujących natężenie przepływu. Możliwe jest wykonywanie regulowania otworów zaworów 5 i 6 regulujących natężenie przepływu poprzez zapewnienie mechanizmów napędzających stopnia otwarcia zaworów 5 i 6 regulujących

natężenie przepływu i konfigurowanie w taki sposób, że mechanizm napędzający stopień otwarcia jest obsługiwany na żądanie z centrum sterowania.

Według pierwszego przykładu, w przypadku, kiedy stężenie azotu w obudowie bezpieczeństwa 50 zmniejsza się a ilość odprowadzanego ciepła w skraplaczu 1 wzrasta, ilość odprowadzanego ciepła w skraplaczu 1 jest sterowana przez regulowanie ilością wody chłodzącej do skraplacza 1 przez zawór 5 regulujący natężenie przepływu. Woda chłodząca o niskiej temperaturze z rury obejściowej 12 jest doprowadzana do mieszalnika 4 w celu wymieszania przez mieszalnik 4 z wodą chłodzącą o wysokiej temperaturze odprowadzaną ze skraplacza 1, a temperatura wody chłodzącej jest obniżana do temperatury specyfikacji, lub niższej, zewnętrznego wymiennika ciepła 8.

Odpowiednio, może być uzyskany układ chłodzący, zdolny do ograniczenia zwiększenia kosztów poprzez utrzymywanie temperatury czynnika chłodzącego wpływającego do wymiennika ciepła 8 na poziomie określonej temperatury lub niższej przez regulowanie ilością odprowadzanego ciepła w skraplaczu 1, oraz sposób działania układu chłodzenia.

Fig. 3 stanowi schemat koncepcyjny ilustrujący jeden przykład konfiguracji w przypadku zastosowania układu chłodzenia według drugiego przykładu niniejszego wynalazku w elektrowni z reaktorem wodnym wrzącym.

Konfiguracja odmienna od pierwszego przykładu w drugim przykładzie polega na umieszczeniu stabilizatora ciśnieniowego 10 (zbiornika na wodę), który wywiera ciśnienie na cały układ chłodzenia do rury 2 po stronie wlotowej, a pozostała konfiguracja jest taka sama jak w pierwszym przykładzie.

Zakłada się, że obudowa bezpieczeństwa 50 jest poddawana ciśnieniu równemu ciśnieniu atmosferycznemu lub wyższemu, a temperatura w obudowie bezpieczeństwa 50 jest wyższa niż 100°C. W przypadku cyrkulowania wody chłodzącej pod ciśnieniem atmosferycznym, woda chłodząca, której temperatura osiągnęła 100°C, przez ogrzewanie parą powyżej 100°C, wrze.

Kiedy zaczyna się wrzenie, ponieważ ciepło utajone jest dodawane do równania (2), a ilość odprowadzanego ciepła wzrasta, koniecznym jest dalsze zmniejszenie natężenia przepływu. Chociaż możliwe jest sterowanie ilością odprowadzanego ciepła przez regulowanie natężeniem przepływu, jeżeli para wypływająca ze skraplacza 1 miesza się z wodą chłodzącą o niskiej temperaturze w mieszalniku 4, istnieje możliwość, że z powodu szybkiego skraplania się powstanie uderzenie wodne.

W drugim przykładzie wykonania, umieszczony jest stabilizator ciśnieniowy 10 do wywierania ciśnienia na cały układ chłodzenia, a ciśnienie w stabilizatorze ciśnieniowym 10 (ciśnienie gazu w stabilizatorze ciśnieniowym 10) jest ustawione wyżej niż ciśnienie projektowe obudowy bezpieczeństwa 50. Przez zastosowanie ciśnienia wody chłodzącej wyższego niż ciśnienie projektowe obudowy bezpieczeństwa 50 można zapobiec wrzeniu wody chłodzącej.

Fig. 4 stanowi wykres przedstawiający zmianę temperatury wody chłodzącej od wlotu rury wymiany ciepła skraplacza 1 do wylotu mieszalnika 4, przy czym oś pionowa przedstawia temperaturę wody chłodzącej, a oś pozioma przedstawia położenie wody chłodzącej. Ponadto, na Fig. 4, linia ciągła wskazuje zmianę temperatury w przypadku, kiedy woda chłodząca jest pod ciśnieniem, a linia przerywana wskazuje zmianę temperatury wody chłodzącej w przypadku, kiedy woda chłodząca nie jest pod ciśnieniem.

Kiedy stężenie azotu w obudowie bezpieczeństwa 50 znacznie się zmniejsza, a współczynnik przenikania ciepła wzrasta, temperatura wody chłodzącej wzrasta do temperatury w obudowie bezpieczeństwa 50 w przypadku, kiedy ciśnienie jest wywierane przez stabilizator ciśnienia 10, a w przypadku, kiedy ciśnienie nie jest wywierane, temperatura wody chłodzącej wzrasta do temperatury nasycenia wody chłodzącej. Następnie, temperatura wody chłodzącej jest obniżana poniżej temperatury granicznej zewnętrznego wymiennika ciepła 8 poprzez mieszanie za pomocą mieszalnika 4 z wodą chłodzącą o niskiej temperaturze płynącą z rury obejściowej 12. Jednak w przypadku, kiedy ciśnienie nie jest wywierane, spadek temperatury jest niewielki i istnieje możliwość, że temperatura przekroczy temperaturę graniczną zewnętrznego wymiennika ciepła 8.

Fig. 5 stanowi wykres przedstawiający zmianę entalpii wody chłodzącej od wlotu rury wymiany ciepła skraplacza 1 do wylotu mieszalnika 4. Ponadto, na Fig. 5, linia ciągła wskazuje zmianę temperatury w przypadku, kiedy woda chłodząca jest pod ciśnieniem, a linia przerywana wskazuje zmianę temperatury wody chłodzącej w przypadku, kiedy woda chłodząca nie jest pod ciśnieniem.

Na Fig. 5 w przypadku, kiedy ciśnienie nie jest wywierane, wrzenie wody chłodzącej następuje po tym, gdy temperatura wody chłodzącej osiągnie temperaturę nasycenia, a ponieważ wymiana ciepła odbywa się nawet wtedy, gdy temperatura wody chłodzącej się nie zmienia, entalpia nadal rośnie. Zatem, poprzez zmieszanie z wodą chłodzącą o niskiej temperaturze przez mieszalnik 4, nawet przy

zmniejszaniu entalpii w taki sam sposób, jak w przypadku, kiedy wywierane jest ciśnienie, końcowa entalpia staje się wyższa niż w przypadku, w którym wywierane jest ciśnienie, a temperatura wody chłodzącej wpływającej do zewnętrznego wymiennika ciepła 8 staje się wyższa i jest możliwe, że temperatura przekracza temperaturę graniczną zewnętrznego wymiennika ciepła 8 w zależności od warunków. Kiedy woda chłodząca wrze, nawet po zmieszaniu z wodą chłodzącą o niskiej temperaturze, ponieważ woda chłodząca o niskiej temperaturze jest ogrzewana przez ciepło utajone skraplania, zakres zmniejszenia temperatury staje się niewielki.

Fig. 6 stanowi schemat ilustrujący przykład modyfikacji drugiego przykładu przedstawionego na Fig. 3. Przykład przedstawiony na Fig. 3 jest przykładem przypadku, w którym zbiornik na wodę jest stosowany jako stabilizator ciśnieniowy 10. Jednak, jak przedstawiono na Fig. 6, zawór 11 regulujący ciśnienie może być umieszczony pomiędzy mieszalnikiem 4 a pompą 7 wody chłodzącej w rurze 3 po stronie wylotowej. Przez zmniejszenie stopnia otwarcia zaworu 11 regulującego ciśnienie, zwiększa się spadek ciśnienia na zaworze 11, a ciśnienie pomiędzy pompą 7 wody chłodzącej (pompą cyrkulacyjną) a przednią stroną zaworu 11 może zostać zwiększone przez spadek ciśnienia na zaworze 11. Wymagana jest jednak pompa o dużej wysokości podnoszenia, która kompensuje straty ciśnienia.

Ponadto, jeśli możliwe jest ustalenie stopnia otwarcia zaworu 11, w rurze 3 po stronie wylotowej pomiędzy mieszalnikiem 4 a pompą 7 wody chłodzącej może być usytuowany otwór zamiast zaworu.

Według drugiego przykładu można uzyskać ten sam efekt, jak w pierwszym przykładzie. Ponadto, na wodę chłodzącą jest wywierane ciśnienie większe niż ciśnienie w obudowie bezpieczeństwa 50, aby kontrolować wrzenie wody chłodzącej, uzyskując w ten sposób efekt, który nie powoduje uderzenia wodnego w mieszalniku 4.

Fig. 7 stanowi schemat koncepcyjny ilustrujący jeden przykład konfiguracji w przypadku zastosowania układu chłodzenia według trzeciego przykładu niniejszego wynalazku w elektrowni z reaktorem wodnym wrzącym.

Konfiguracja w trzecim przykładzie, odmienna niż w drugim przykładzie, jest taka, że trzeci przykład obejmuje jednostkę obliczeniową 23, do której jest wprowadzana temperatura zmierzona przez termometr 21, silnik 51 napędzający zawór, który reguluje stopień otwarcia zaworu 5 regulującego natężenie przepływu, oraz silnik 60 napędzający zawór, który reguluje otwieraniem zaworu 6 regulującego natężenie przepływu, a pozostała konfiguracja jest taka sama jak w drugim przykładzie.

Jednakże, w przykładzie przedstawionym na fig. 7, podobnie jak w drugim przykładzie, umieszczony jest stabilizator ciśnienia 10. Stabilizator ciśnienia 10 można jednak pominąć w trzecim przykładzie.

Trudno jest przewidzieć zmianę stężenia azotu w obudowie bezpieczeństwa 50, jeśli wystąpi nierównomierny rozkład stężenia, a jak opisano powyżej, dobrze jest przeprowadzić regulowanie natężenia przepływu wody chłodzącej w skraplaczu 1 i rurze obejściowej 12 w trakcie monitorowania temperatury wody chłodzącej, która wpływa do zewnętrznego wymiennika ciepła 8. Kiedy stężenie azotu w obudowie bezpieczeństwa 50 zmniejsza się, a ilość odprowadzanego ciepła skraplacza 1 wzrasta, temperatura wody chłodzącej w rurze 3 po stronie wylotowej wzrasta, a wartość wskazania termometru 21 staje się wyższa.

Temperatura zmierzona przez termometr 21 jest doprowadzana do jednostki obliczeniowej 23. W przypadku, kiedy temperatura zmierzona przez termometr 21 ma przekroczyć temperaturę specyfikacji (temperaturę docelową) zewnętrznego wymiennika ciepła 8, jednostka obliczeniowa 23 przesyła sygnał regulujący stopień otwarcia do pierwszego silnika napędzającego 51, który reguluje stopień otwarcia zaworu 5 regulującego natężenie przepływu rury 2 po stronie wlotowej za pośrednictwem kabla sygnałowego 22 i wysyła stopień otwarcia zaworu 6 regulującego natężenie przepływu rury obejściowej 12 do drugiego silnika napędzającego 60. Silnik napędzający 51 zmniejsza stopień otwarcia zaworu 5 regulującego natężenie przepływu zgodnie z sygnałem regulowania stopnia otwarcia otrzymanym z jednostki obliczeniowej 23, a silnik napędzający 60 ustawia stopień otwarcia zaworu 6 regulującego natężenie przepływu rury obejściowej 12 tak, aby zwiększył się zgodnie z sygnałem regulującym stopień otwarcia otrzymanym z jednostki obliczeniowej 23.

Przez zmniejszenie natężenia przepływu wody chłodzącej wpływającej do skraplacza 1, ponieważ ilość odprowadzanego ciepła skraplacza 1 zmniejsza się, natężenie przepływu wody chłodzącej o niskiej temperaturze przechodzącej przez rurę obejściową 12 podwyższa się, a temperatura wody chłodzącej mieszanej w mieszalniku 4 obniża się, przy czym temperatura wody chłodzącej może być regulowana tak, aby była równa lub niższa od temperatury specyfikacji zewnętrznego wymiennika ciepła 8.

Odwrotnie, kiedy stężenie azotu w obudowie bezpieczeństwa 50 wzrasta, a ilość odprowadzanego ciepła maleje, wartość instrukcyjna temperatury termometru 21 maleje (w przypadku, kiedy jest niższa niż temperatura specyfikacji (temperatura docelowa)). W tym przypadku, jednostka obliczeniowa 23 przesyła sygnał regulujący stopień otwarcia do silników napędzających 51 i 60 w celu ustawienia stopnia otwarcia zaworu 5 regulującego natężenie przepływu rury 2 po stronie wlotowej do zakresu, w którym temperatura wody chłodzącej dopływającej do zewnętrznego wymiennika ciepła 8 nie przekracza określonej temperatury i w celu ograniczenia stopnia otwarcia zaworu 6 regulującego natężenie przepływu rury obejściowej 12. Zwiększając natężenie przepływu wody chłodzącej wpływającej do skraplacza 1, ilość odprowadzanego ciepła wzrasta i można zabezpieczyć niezbędną ilość odprowadzanego ciepła.

Według trzeciego przykładu wykonania niniejszego wynalazku, przy pomocy układu kontrolnego składającego się z termometru 21, który mierzy temperaturę wody chłodzącej w rurze 3 po stronie wlotowej pomiędzy mieszalnikiem 4 a zewnętrznym wymiennikiem ciepła 8, jednostki obliczeniowej 23, przewodu sygnałowego 22, który przesyła sygnał do regulowania stopnia otwarcia zaworów 5 i 6 regulowania natężenia przepływu przez wartość pomiarową termometru 21, oraz silników napędzających 51 i 60, które napędzają zawory 5 i 6 regulujące natężenie przepływu, temperatura wody chłodzącej wpływającej do zewnętrznego wymiennika ciepła 8 może być automatycznie dostosowywana do temperatury specyfikacji zewnętrznego wymiennika ciepła 8 lub niższej, a ilość odprowadzanego ciepła wymagana w skraplaczu 1 może być zabezpieczona nawet przy zmianie stężenia azotu w obudowie bezpieczeństwa 50.

Odpowiednio, może być uzyskany układ chłodzenia zdolny do ograniczenia zwiększenia kosztów poprzez utrzymywanie temperatury czynnika chłodzącego wpływającego do wymiennika ciepła 8 na poziomie określonej temperatury lub niższej przez regulowanie ilości odprowadzanego ciepła w skraplaczu 1.

Fig. 8 stanowi schemat koncepcyjny ilustrujący konfigurację skraplacza 1 wykorzystującego układ chłodzenia według czwartego przykładu niniejszego wynalazku.

Na Fig. 8 skraplacz 1 zawiera wiele rur 32 wymiany ciepła (rur, do których czynnik chłodzący wpływa i z których wypływa), rozmieszczonych w kierunku poziomym i kierunku pionowym, oraz zapewniona jest osłona 31 otaczająca rury 32 wymiany ciepła, mająca górne i dolne otwory, przy czym w dolnej części osłony 31 znajduje się przestrzeń 43 (dolny komin), w której rura 32 wymiany ciepła nie jest umieszczona.

Kiedy para wpływa do obudowy bezpieczeństwa 50 przy poważnym wypadku, istnieje możliwość, że wilgotność wzrośnie i nie będzie można zastosować wyposażenia elektrycznego, takiego jak wentylator. Ponadto, ponieważ w celu zapobieżenia nadmiernemu ciśnieniu w obudowie bezpieczeństwa 50 przez skraplanie pary, w obudowie bezpieczeństwa 50 działa rozpylacz, przy czym korzystnym jest zaprojektowanie skraplacza bez oczekiwania działania sprzętu elektrycznego. W tym przypadku dopływ zmieszanego gazu do skraplacza 1 umieszczonego w obudowie bezpieczeństwa 50 wykorzystuje naturalną siłę cyrkulacyjną.

W czwartym przykładzie wykonania, górna i dolna strona osłony 31 są otwarte, aby formować otwór 41 powierzchni górnej i otwór 42 powierzchni dolnej. W dolnej części osłony 31 znajduje się przestrzeń 43 dolnego komina bez rury 32 wymiany ciepła, przez którą przepływa woda chłodząca. W przypadku azotu i pary, gęstość azotu jest wyższa, a gęstość zmieszanego gazu staje się wyższa, gdy stężenie azotu jest wyższe.

Kiedy zmieszany gaz wpływa do skraplacza 1, skrapla się tylko para, a gęstość zmieszanego gazu wewnątrz obudowy 31 jest większa niż gęstość wnętrza dla wewnętrznej i zewnętrznej strony obudowy 31. Wykorzystując tę różnicę gęstości jako siłę napędzającą, generowana jest naturalna cyrkulacja, w której zmieszany gaz wewnątrz obudowy 31 próbuje płynąć do dołu.

W tym czasie otwór 42 powierzchni dolnej jest zapewniony tak, że zmieszany gaz o wysokiej gęstości w osłonie 31 jest łagodnie odprowadzany z osłony 31, a dolna powierzchnia osłony 31 jest otwarta. Stosownie do odprowadzania zmieszanego gazu, otaczający zmieszany gaz przepływa z otworu 41 powierzchni górnej do skraplacza 1. W tym czasie, ponieważ powierzchnia górna osłony jest otwarta, otaczający zmieszany gaz przepływa łagodnie do skraplacza 1. Ponieważ siła napędzająca występująca z powodu różnicy gęstości jest niewielka, dzięki zastosowaniu osłony 31 mającej otwarte powierzchnię górną i powierzchnię dolną, możliwe jest zminimalizowanie spadku ciśnienia spowodowanego dopływem i odprowadzaniem zmieszanego gazu i umożliwienie wpływania większej ilości zmieszanego gazu do skraplacza 1.

Ponadto, jak przedstawiono w równaniu (3) (poniżej), siła napędzająca F jest wynikiem różnicy gęstości $\Delta\rho$, siły grawitacji g i wysokości h dolnego komina. Skraplanie się na rurze 32 wymiany ciepła również powoduje różnicę gęstości również w wiązce rur 32 wymiany ciepła. Jednak tutaj siła napędzająca jest klasycznie szacowana tylko przy pomocy dolnej wysokości komina.

$$F = \Delta\rho \cdot g \cdot h \dots (3)$$

W związku z tym, w celu zwiększenia siły napędzającej w największym możliwym stopniu, wysokość przestrzeni 43 dolnego komina może być ustawiona jako możliwie jak największa w stosunku do dopuszczalnego wymiaru miejsca instalacji. Kiedy siła napędzająca się zwiększa, więcej zmieszanego gazu wpływa do skraplacza 1. Ponieważ tylko para wodna skrapla się w przepływającym zmieszonym gazie, stężenie azotu wzrasta na dolnej stronie skraplacza 1. Oznacza to, że dolna rura wymiany ciepła w skraplaczu ma mniejszą zdolność przekazywania ciepła z powodu przekazywania ciepła, które ogranicza działanie azotu. Kiedy więcej zmieszanego gazu wpływa do skraplacza 1, ilość pary przechodzącej przez rurę wymiany ciepła zwiększa się na jednostkę czasu. W związku z tym, ponieważ wielkość skraplania nie zwiększa się znacząco, wzrost ilości azotu w kierunku w dół jest stłumiony. Dlatego też, ponieważ para wodna może być skraplana w dolnej rurze wymiany ciepła w stanie, w którym stężenie azotu jest niskie, można poprawić efekt odprowadzania ciepła.

Według czwartego przykładu niniejszego wynalazku, poprzez ustawienie otworu na powierzchni górnej i powierzchni dolnej osłony 31, umożliwiona jest spokojny przepływ zmieszanego gazu wytworzony przez różnicę gęstości w kierunku pionowym. Poprzez wykorzystanie przestrzeni 43 dolnego komina zwiększa się siła napędzająca naturalnej cyrkulacji i więcej zmieszanego gazu wpływa do skraplacza 1. Odpowiednio, wydajność odprowadzania ciepła skraplacza 1 może być poprawiona.

Przy zastosowaniu skraplacza 1 według czwartego przykładu niniejszego wynalazku od pierwszego do trzeciego przykładu wykonania niniejszego wynalazku, możliwe jest uzyskanie układu chłodzenia o ulepszonym efekcie chłodzenia.

Skraplacz 1 według czwartego przykładu niniejszego wynalazku ma również zastosowanie do układu chłodzącego według niniejszego wynalazku.

Ponadto, w opisanych powyżej przykładach niniejszego wynalazku, od pierwszego do trzeciego, przyjęta jest konfiguracja, w której zawór 5 regulujący natężenie przepływu jest umieszczony w rurze 2 po stronie wlotowej skraplacza 1, a zawór 6 regulujący natężenie przepływu jest umieszczony w rurze obejściowej 12. Jednak konfiguracja, w której zawór regulujący natężenie przepływu wykorzystuje tylko co najmniej jeden z zaworu 5 regulującego natężenie przepływu lub zaworu 6 regulującego natężenie przepływu może być ustanowiony jako inne przykłady niniejszego wynalazku.

Uwzględniając przykład umieszczenia zaworów 5 i 6 regulujących natężenie przepływu i przykład umieszczenia co najmniej jednego z zaworów 5 lub 6 regulujących natężenie przepływu, odnosi się to rodzajowo do natężenia przepływu wody chłodzącej do skraplacza 1 i mechanizmu regulowania natężenia przepływu obejściowego.

Ponadto, niniejszy wynalazek może być zastosowany nie tylko do chłodzenia wewnątrz obudowy ciśnieniowej reaktora jądrowego, ale także do układu chłodzenia do zastosowania w zbiornikach w innych jednostkach produkcyjnych i tym podobnych.

Lista odnośników referencyjnych

- 1: skraplacz
- 2: rura po stronie wlotowej
- 3: rura po stronie wylotowej
- 4: mieszalnik
- 5: zawór regulujący natężenie przepływu skraplacza
- 6: zawór regulujący natężenie przepływu obejściowego
- 7: pompa cyrkulacyjna wody chłodzącej
- 8: zewnętrzny wymiennik ciepła
- 9: pompa doprowadzająca wodę chłodzącą
- 10: stabilizator ciśnieniowy
- 11: zawór regulujący ciśnienie
- 12: rura obejściowa
- 21: termometr
- 22: przewód sygnałowy
- 23: jednostka obliczeniowa

- 31: osłona
- 32: rura wymiany ciepła
- 41: otwarta część powierzchni górnej
- 42: otwarta część powierzchni dolnej
- 43: przestrzeń dolnego komina
- 50: obudowa bezpieczeństwa reaktora
- 51, 60: silnik napędzający

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ chłodzenia zawierający:
 - wymiennik ciepła (8);
 - skraplacz (1), który skrapla dający się skraplać gaz zawierający niedający się skraplać gaz;
 - rurę (2) po stronie wlotowej, która łączy ze sobą wylot czynnika chłodzącego wymiennika ciepła (8) i wlot czynnika chłodzącego skraplacza (1);
 - rurę (3) po stronie wylotowej, która łączy ze sobą wylot czynnika chłodzącego skraplacza (1) i wlot czynnika chłodzącego wymiennika ciepła (8);
 - rurę obejściową (12), która odgałęzia się od odgałęziającej części rury (2) po stronie wlotowej w pobliżu wlotu czynnika chłodzącego skraplacza (1) od rury (2) po stronie wlotowej;
 - mieszalnik (4), podłączony do rury (3) po stronie wylotowej i rury obejściowej (12), mieszający czynnik chłodzący wypływający z wylotu czynnika chłodzącego skraplacza (1) z czynnikiem chłodzącym doprowadzanym z rury obejściowej (12) i doprowadzający zmieszany czynnik do wlotu czynnika chłodzącego wymiennika ciepła (8) przez rurę (3) po stronie wylotowej; i
 - mechanizm regulowania natężenia przepływu, regulujący natężenie napływu czynnika chłodzącego płynącego od rury (2) po stronie wlotowej do wlotu czynnika chłodzącego skraplacza (1) i natężenie napływu czynnika chłodzącego od rury (2) po stronie wlotowej do rury obejściowej (12);

znamienny tym, że

 - w rurze (3) po stronie wylotowej układu chłodzenia jest usytuowany termometr (21),
 - mechanizm regulowania natężenia przepływu zawiera zawór (5) regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza, umieszczony pomiędzy wlotem czynnika chłodzącego skraplacza (1) a częścią odgałęziającą, i zawór (6) regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej, umieszczony w rurze obejściowej (12), a
 - układ chłodzenia zawiera ponadto jednostkę obliczeniową (23), połączoną z termometrem (21) oraz połączoną zarówno z zaworem (5) regulującym natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza (1) jak i zaworem (6) regulującym natężenie przepływu po stronie obejściowej, oraz mechanizmy napędzające stopnia otwarcia regulujące stopień otwarcia zaworu (5) regulującego natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza (1) i regulujące stopień otwarcia zaworu (6) regulującego natężenie przepływu po stronie obejściowej.
2. Układ chłodzenia według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że skraplacz (1) jest umieszczony w obudowie bezpieczeństwa (50) elektrowni jądrowej z reaktorem.
3. Układ chłodzenia według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że zawiera ponadto stabilizator ciśnieniowy (10).
4. Układ chłodzenia według zastrzeżenia 3, **znamienny tym**, że stabilizatorem ciśnieniowym (10) jest zbiornik na wodę.
5. Układ chłodzenia według zastrzeżenia 3, **znamienny tym**, że stabilizatorem ciśnieniowym jest zawór (11) regulujący ciśnienie, umieszczony w rurze (3) po stronie wylotowej.
6. Układ chłodzenia według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że mechanizmy napędzające stopnia otwarcia obejmują:
 - pierwszy silnik napędzający (51), połączony pomiędzy zaworem (5) regulującym natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza i jednostką obliczeniową (23); i
 - drugi silnik napędzający (60), połączony pomiędzy zaworem (6) regulującym natężenie przepływu po stronie obejściowej i jednostką obliczeniową (23).

7. Układ chłodzenia według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że skraplacz (1) zawiera osłonę (31), której powierzchnia górna i powierzchnia dolna są otwarte, oraz wiele rur wymiany ciepła (32), które są umieszczone w górnej przestrzeni w osłonie (31) i przez które wpływa i wypływa czynnik chłodzący, a w dolnej przestrzeni w osłonie (31) jest uformowana przestrzeń (43) dolnego komina, w której nie są rozmieszczone rury wymiany ciepła (32), i jest on umiejscowiony w obudowie bezpieczeństwa (50) reaktora jądrowego, gdzie zmienia się stężenie azotu.
8. Sposób działania układu chłodzenia, w którym to układzie chłodzenia stosuje się:
- wymiennik ciepła (8);
 - skraplacz (1), w którym skrapla się dający się skraplać gaz zawierający niedający się skraplać gaz;
 - rurę (2) po stronie wlotowej, która łączy ze sobą wylot czynnika chłodzącego wymiennika ciepła (8) i wlot czynnika chłodzącego skraplacza (1);
 - rurę (3) po stronie wylotowej, która łączy ze sobą wylot czynnika chłodzącego skraplacza (1) i wlot czynnika chłodzącego wymiennika ciepła (8);
 - rurę obejściową (12), która odgałęzia się od odgałęziającej części rury (2) po stronie wlotowej w pobliżu wlotu czynnika chłodzącego skraplacza (1) od rury (2) po stronie wlotowej;
 - mieszalnik (4), podłączony do rury (3) po stronie wylotowej i rury obejściowej (12), w którym miesza się czynnik chłodzący wypływający z wylotu czynnika chłodzącego skraplacza (1) z czynnikiem chłodzącym doprowadzanym z rury obejściowej (12), i za pomocą którego doprowadza się zmieszany czynnik do wlotu czynnika chłodzącego wymiennika ciepła (8) przez rurę (3) po stronie wylotowej; i
 - mechanizm regulowania natężenia przepływu, za pomocą którego reguluje się natężenie napływu czynnika chłodzącego płynącego od rury (2) po stronie wlotowej do wlotu czynnika chłodzącego skraplacza (1) i natężenie napływu czynnika chłodzącego od rury (2) po stronie wlotowej do rury obejściowej (12);
 - przy czym w mechanizmie regulowania natężenia przepływu stosuje się zawór (5) regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza (1), umieszczony pomiędzy wlotem czynnika chłodzącego skraplacza (1) a częścią odgałęziającą, i zawór (6) regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej, umieszczony w rurze obejściowej (12);
 - a w rurze (3) po stronie wylotowej układu chłodzenia stosuje się termometr (21), za pomocą którego mierzy się temperaturę czynnika chłodzącego;
 - znamienny tym**, że w sposobie
 - mierzy się termometrem (21) temperaturę czynnika chłodzącego w rurze (3) po stronie wylotowej układu chłodzenia; i
 - steruje się układem chłodzenia w taki sposób, że w przypadku, gdy temperatura zmierzona przez termometr (21) jest wyższa niż temperatura docelowa dokręca się zawór (5) regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza (1) i otwiera się zawór (6) regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej, a w przypadku, gdy temperatura zmierzona przez termometr (21) jest niższa niż temperatura docelowa otwiera się zawór (5) regulujący natężenie przepływu po stronie wlotowej skraplacza (1), i dokręca się zawór (6) regulujący natężenie przepływu po stronie obejściowej.

Rysunki

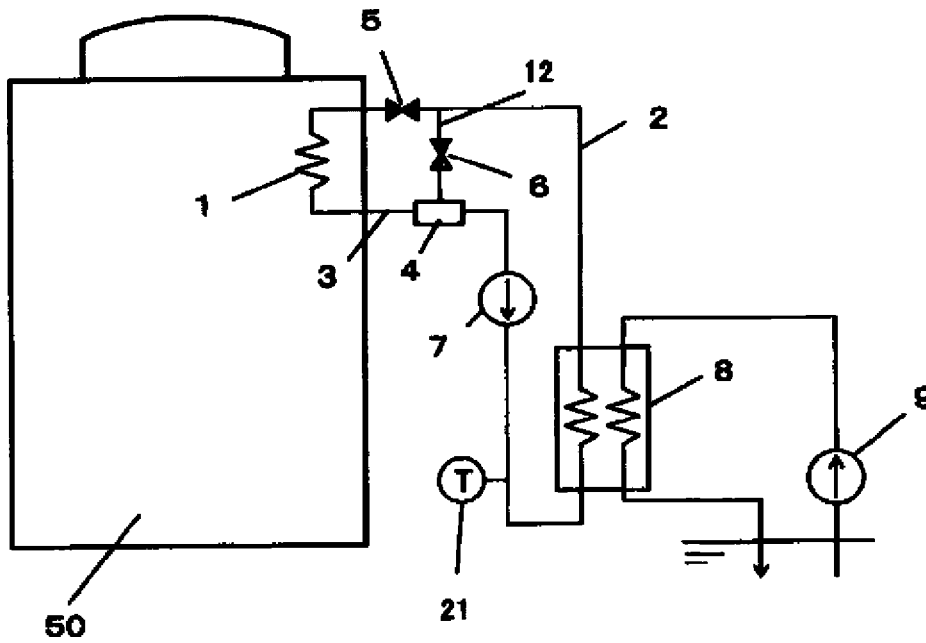


Fig. 1

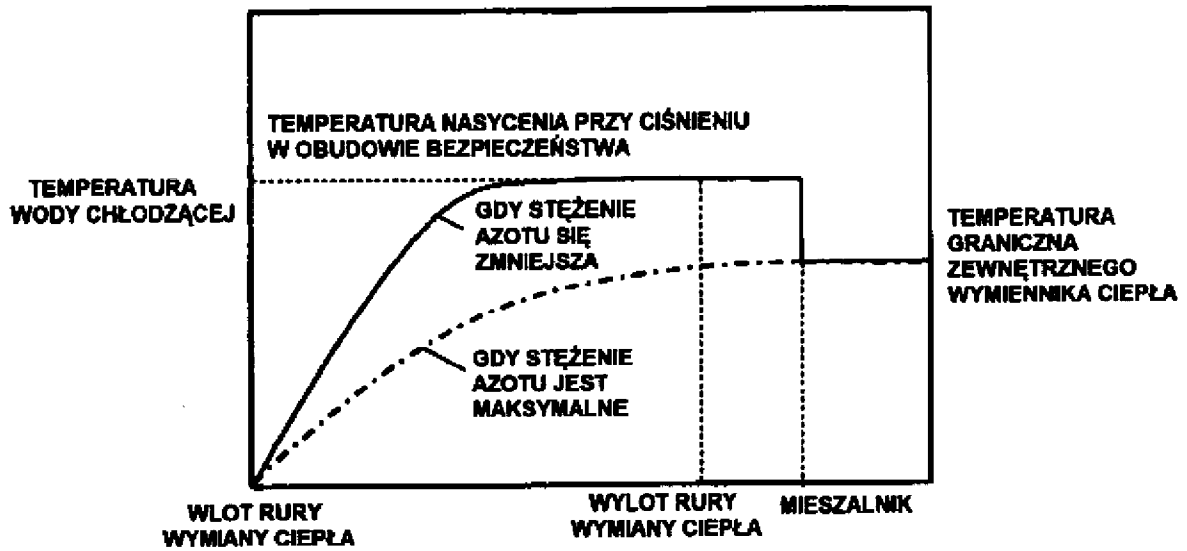


Fig. 2

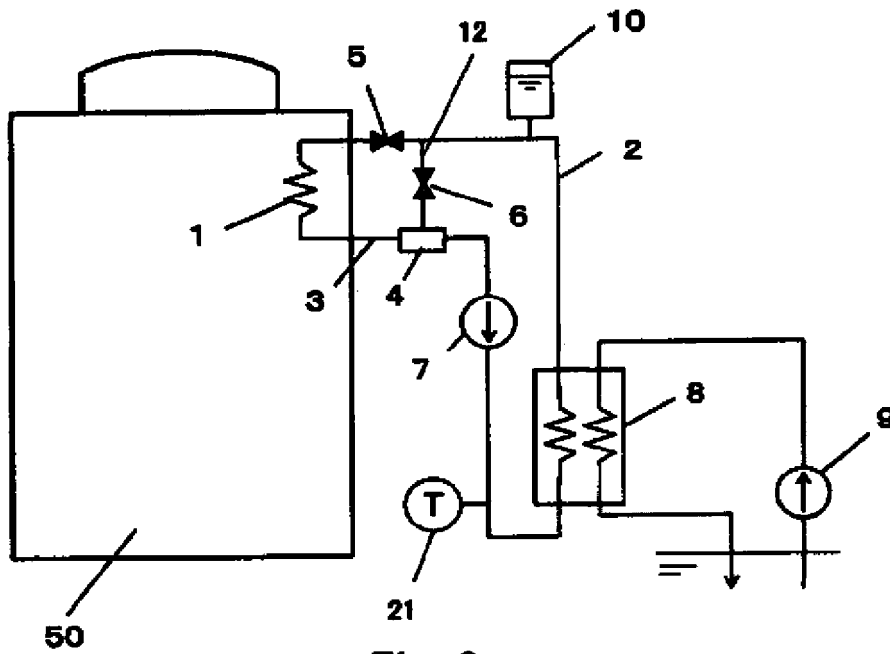


Fig. 3

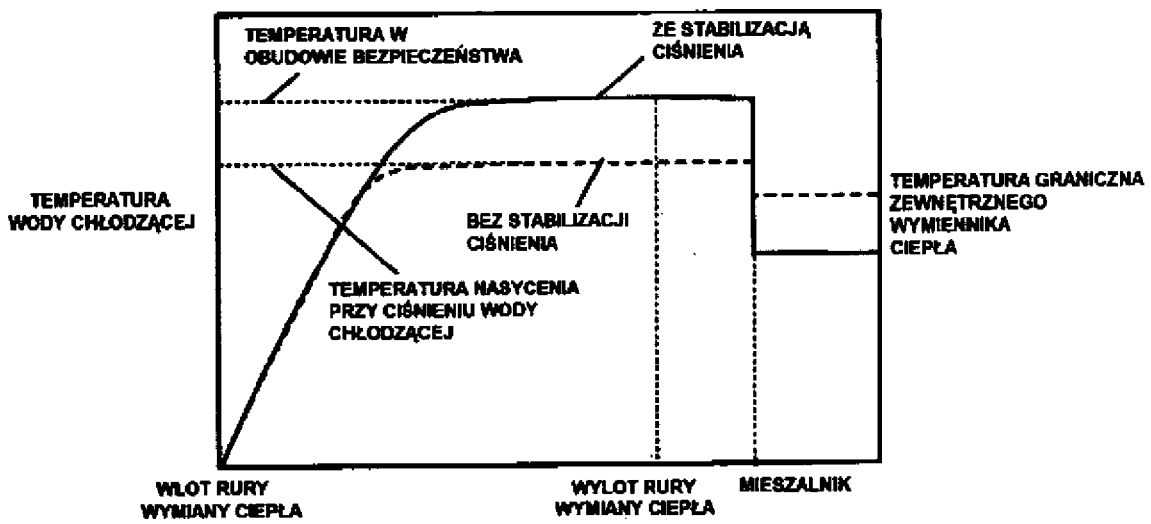


Fig. 4

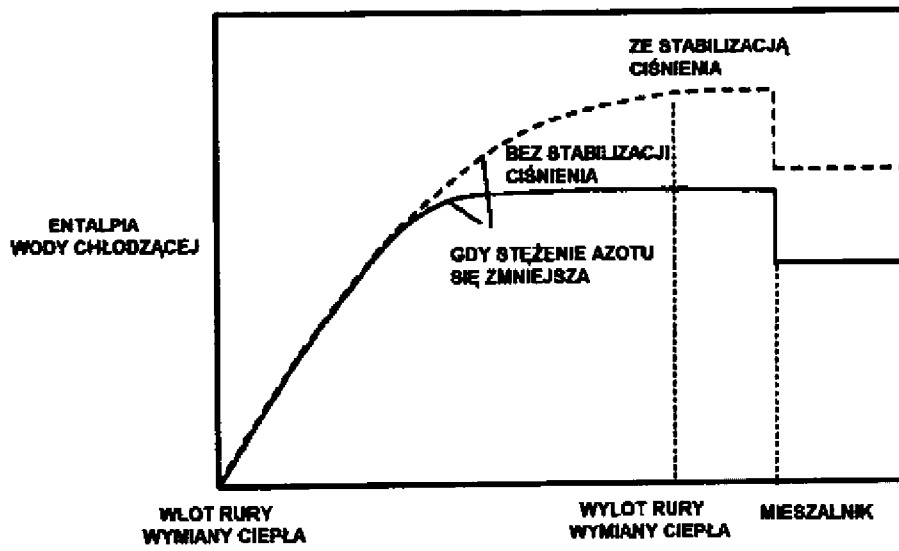


Fig. 5

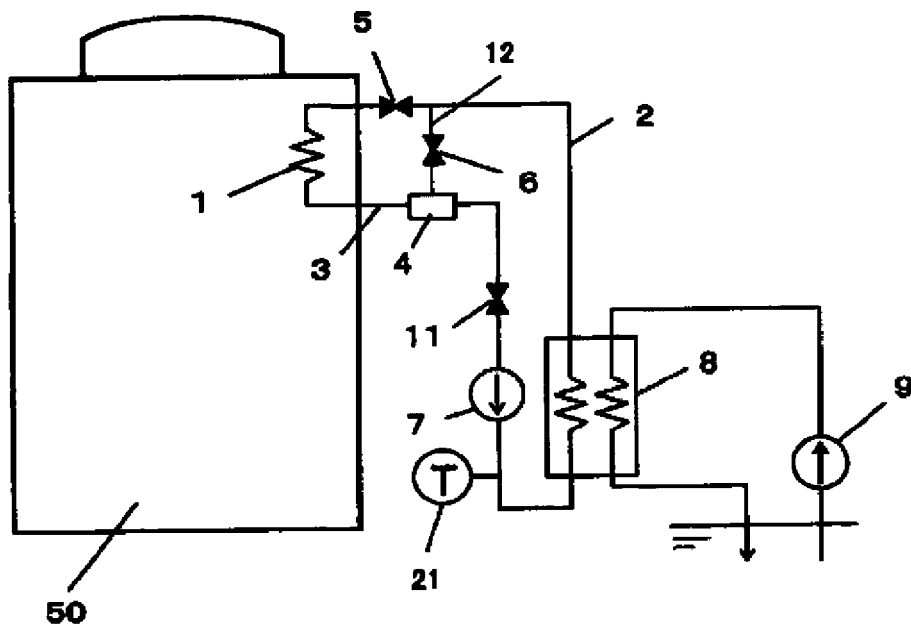


Fig.6

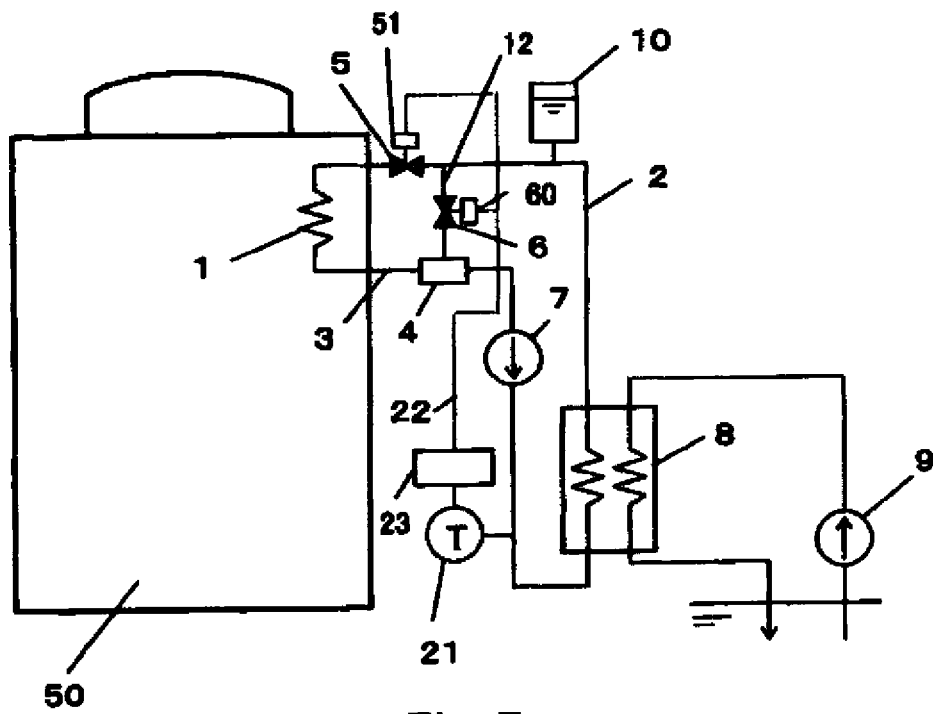


Fig. 7

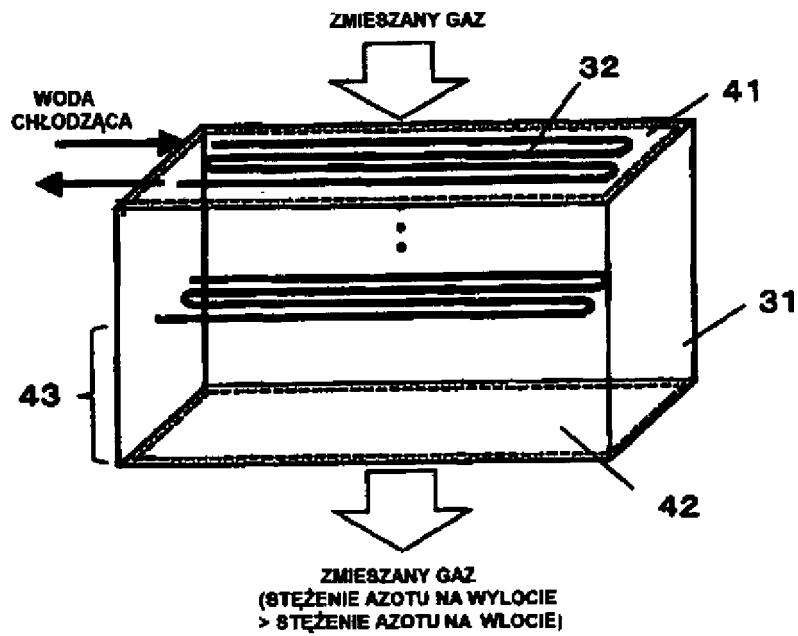


Fig. 8