



Zakład produkujący kotły
Vitomax w Mittenwalde

C Zespoły składowe kotłowni parowej

Do wytwarzania pary potrzebne są obok kotła parowego jeszcze różne dodatkowe zespoły niezbędne do ruchu kotła zawierające instalacje do przygotowania wody zasilającej lub też odzysku energii, pompy, palniki i armaturę.

W przeciwieństwie do kotłów wodnych, kotły parowe są ciągle uzupełniane „świeżą” wodą zasilającą. Aby substancje zawarte w wodzie, jak np. wapń, magnez, tlen i dwutlenek węgla w trakcie eksploatacji nie spowodowały zniszczenia kotła przez np. korozję wżerową lub osady kamienia kotłowego, należy podjąć odpowiednie zabiegi dla usunięcia z wody tych szkodliwych dla kotłów domieszek.

Do doprowadzenia energii do kotła są ponadto konieczne palniki, armatura i pompy. Wszystkie te zespoły tworzą razem kotłownię parową.

Główne elementy składowe kotłowni parowej opisano w tym rozdziale

21 C Zespoły składowe kotłowni parowej

24 Kotły parowe

- 26 C.1 Kotły parowe
- 32 C.1.1 Wyposażenie kotła
- 38 C.1.2 Instalacja wielokotłowa
- 41 C.1.3 Kocioł parowy w stanie gotowości
- 42 C.1.4 Kotły odzysknicowe

44 Podgrzewacz wody – Ekonomizer (ECO)

46 Przegrzewacz pary (ÜH)

48 Spalanie

- 49 C.4.1 Powietrze do spalania
- 49 C.4.2 Paliwa ciekłe
- 50 C.4.3 Paliwa gazowe
- 51 C.4.4 Palniki dwupaliwowe
- 52 C.4.5 Spalanie drewna

54 Przygotowanie wody

- 58 C.5.1 Chemiczne uzdatnianie wody (CWA)
- 59 C.5.2 Odwrócona osmoza
- 60 C.5.3 Obróbka termiczna wody (TWA)

64 Gospodarka kondensatem i obróbka kondensatu

- 65 C.6.1 Kondensat niskociśnieniowy
- 65 C.6.2 Kondensat wysokociśnieniowy
- 66 C.6.3 Obróbka kondensatu
- 67 C.6.4 Chłodnica próbek
- 69 C.6.5 Dozowanie chemikaliów korygujących

70 Pompy

- 71 C.7.1 Pompy wody zasilającej i ich regulacja
- 73 C.7.2 Pompy kondensatu

74 Aparaty termiczne (systemowe)

- 75 C.8.1 Schładzacz mieszający
- 75 C.8.2 Rozprężacz i chłodnica odsolin
- 75 C.8.3 Skraplacz oparów
- 76 C.8.4 Chłodnica wody zasilającej
- 76 C.8.5 Podgrzewacz wody zasilającej

78 Rurociągi**80 Instalacja odprowadzania spalin****82 Potrzeby własne kotłowni**

83 C.11.1 Zapotrzebowanie energii elektrycznej

83 C.11.2 Zapotrzebowanie energii cieplnej

84 Izolacje rurociągów, zbiorników itp.

85 C.12.1 Izolacja cieplna

85 C.12.2 Ochrona przed tworzeniem się skroplin

86 Szafy sterownicze

87 C.13.1 Główne funkcje

88 Normy i przepisy

88 C.14.1 Przepisy i standardy



Vitomax 200-HS; 3,8t/h,
13 bar w Belgii

Kotły parowe

Istnieją najróżniejsze rodzaje kotłów parowych. Poczynając od kociołków do zaparzania herbaty, poprzez kotły lokomotywowe, aż do stacjonarnych kotłowni parowych do wytwarzania pary technologicznej w przemyśle oraz kotłów parowych w elektrowniach.

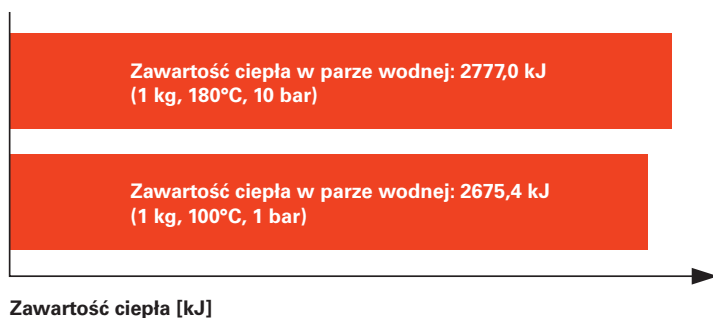
Viessmann buduje opisane dalej kotły parowe wyłącznie w zakresie niskich i wysokich ciśnień do 30 bar, wytwarzające parę nasyconą lub przegrzaną.



3 kotły Vitomax 200-HS typu M235

C.1 Kotły parowe

Rys. C.1-1 Zawartość ciepła w parze wodnej (entalpia)



C.1 Kotły parowe

Kocioł parowy jest naczyniem zamkniętym, służącym do wytwarzania pary pod ciśnieniem wyższym od ciśnienia atmosferycznego.

Wskutek „zamknięcia” pary rośnie jej ciśnienie i tym samym temperatura wrzenia. Rośnie w ten sposób także zawartość energii w powstającej parze (Rys. C.1-1).

Poszczególne typy kotłów można klasyfikować albo według typu konstrukcji, albo rodzaju paliwa.

Kotły parowe definiuje się ponadto przez podanie wydajności pary i dopuszczalnego ciśnienia roboczego. Wysokoprężne kotły parowe większej mocy budowane są w dwóch zasadniczych typach konstrukcyjnych:

- jako kotły opłomkowe, albo
- kotły płomienicowo-płomieniówkowe (zwane również walczakowymi).

W kotłach pierwszego typu woda znajduje się w rurach, opływanych przez spaliny. Ten typ kotła stosowany jest zazwyczaj jako szybka wytwornica pary do ok. 30 bar, lub jako kocioł wodnorurkowy do ok. 200 bar.

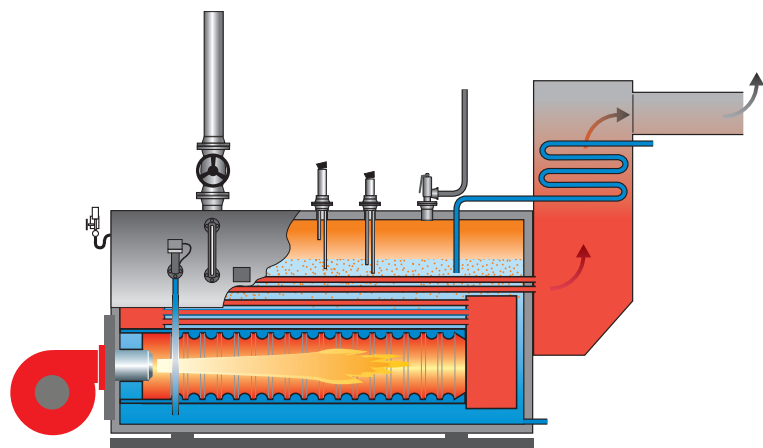
Tak dużych ciśnień kotły walczakowe nie są w stanie zapewnić. W kotłach tego typu spaliny przepływają przez rury (płomienice i płomieniówki) otoczone wodą (Rys. C.1-2).

Dopuszczalne nadciśnienie robocze tych kotłów wynosi – zależnie od ich wielkości – do ok. 30 bar i produkować mogą one np. 26 ton pary na godzinę.

Dla mocy wyższych od opisanych powyżej stosuje się zbudowane na podobnej zasadzie kotły dwupłomienicowe o wydajności pary do ok. 60 t/h. Różnią się one w istocie tylko zastosowaniem dwóch płomienic, każda z osobnym zespołem płomieniówek, i oczywiście dwóch palników.

Kotły płomienicowo-płomieniówkowe mogą bezpiecznie i ekonomicznie spełniać większość wymagań stawianych wytwarzaniu pary w procesach przemysłowych, zwłaszcza odnośnie ciśnienia i wydajności pary.

Rys. C.1-2 Przekrój kotła parowego



Zasada działania kotła płomienicowo-płomieniówkowego

Rys. C.1-3 Vitomax 200-HS



Vitomax 200 HS, olejowy/gazowy wysokopiętny kocioł parowy o wydajności pary 0,5 do 4 t/h

Ten typ konstrukcyjny stosowany jest także zwykle do wytwarzania pary niskopiętnej (do 0,5 bar).

W Niemczech ponad 50% eksploatowanych wysokopiętnych kotłów parowych to kotły płomienicowo-płomieniówkowe w układzie trzyciągowym, tak jak wysokopiętny kocioł parowy Vitomax 200-HS (Rys. C.1-3 i rys. C.1-4).

Układ trzyciągowy pozwala uzyskać szczególnie ekonomiczne i niskoemisyjne, a tym samym przyjazne dla środowiska, spalanie.

Spaliny na końcu komory spalania przepływają przez chłodzoną wodą komorę nawrotu do płomieniówek drugiego ciągu spalin. W drugiej komorze nawrotu, przy przednich drzwiach kotła, spaliny zwracają do płomieniówek trzeciego ciągu. Płomieniówkowe ciągi spalin stanowią konwekcyjne powierzchnie wymiany ciepła.

Ponieważ spaliny opuszczają komorę spalania przez tylną komorę nawrotu i nie otaczają jądra płomienia, jak to występuje w kotłach z nawrotem płomienia (dwuciągowych), płomień może oddać więcej ciepła i zostaje bardziej schłodzony.

Rys. C.1-4 Vitomax 200-HS ze zintegrowanym ekonomizerem



Vitomax 200 HS olejowy/gazowy wysokopiętny kocioł parowy z ekonomizerem, wydajność pary: 5 do 26 t/h

Niższa temperatura i krótszy czas przebywania spalin w wysokotemperaturowej strefie reakcji zmniejsza ilość powstających tlenków azotu. Rozwiązanie konstrukcyjne kotła płomienicowo-płomieniówkowego cechuje się dużą pojemnością wodną, dużą objętością pary i wynikającymi stąd dobrymi zdolnościami akumulacji ciepła. Dzięki temu kocioł taki zapewnia stabilne zaopatrzenie w parę, nawet przy nagłych i krótkotrwałych wahanach obciążenia.

Duża powierzchnia parowania w połączeniu z wbudowanym odkraplaczem gwarantuje prawie suchą parę.

Dzięki układowi trzyciągowemu można uzyskać wysoką wydajność pary przy krótkich czasach rozgrzewania.

Przekazywanie ciepła rozkłada się na poszczególne ciągi następująco:

- pierwszy ciąg i komora nawrotu ok. 35%
- drugi i trzeci ciąg płomieniówkowy ok. 65%

Maksymalne wydajności kotłów parowych określa norma europejska EN 12953 i jest ona wiążąca dla producentów kotłów.

C.1 Kotły parowe

Rys. C.1-5 Vitomax 200-HS



Sanovel/Istambul

Jednoplomienicowe kotły walczkowe ze spalaniem gazu można budować z wydajnościami do 26 t/h, a ze spalaniem oleju do 19 t/h.

Maksymalnie dopuszczalne ciśnienia robocze wynoszą, zależnie od klasy wydajności, do 30 bar.

Konstrukcja kotła Vitomax 200-HS charakteryzuje się następującymi cechami:

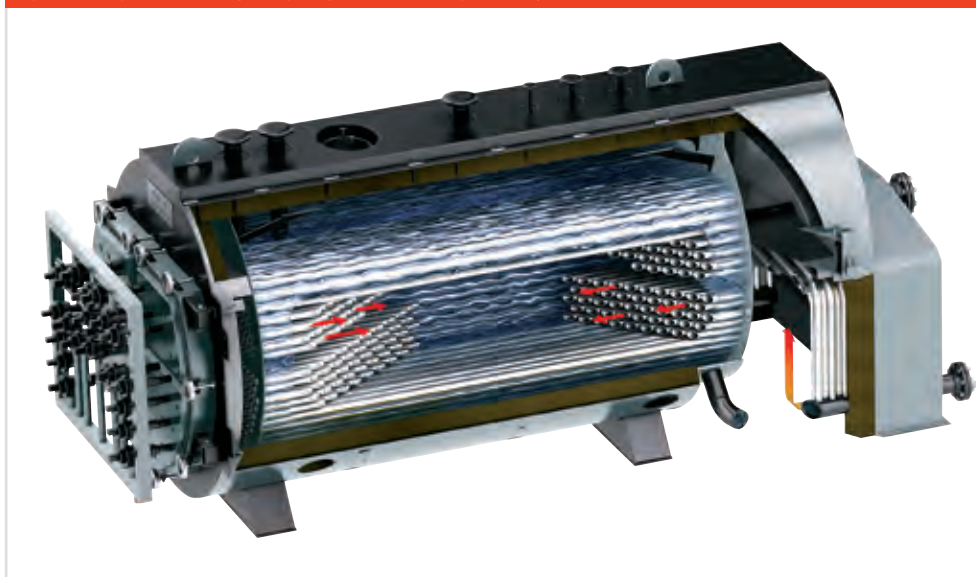
- duża przestrzeń parowania, duża powierzchnia parowania i zintegrowany odkraplacz podwyższają jakość pary
- Odstępy dylatacyjne zgodne z porozumieniem branżowym producentów kotłów. Odstępy między płomieniówkami, jak i między płomieniówkami a płomienicą wzgl. płaszczem kotła są znacznie większe od wymaganych. W ten sposób siły ścinające, działające na czołową ściankę sitową, a wynikające z nierównomiernych wydłużeń termicznych płomieniówek i płomienicy ulegają zmniejszeniu. Korzyść dla użytkownika: wieloletnia i bezproblemowa eksploatacja kotła. Zrywanie kotew narożnych jest w kotłach Vitomax zjawiskiem nieznanym.
- Chłodzona wodą praca palnika. Kotły Vitomax skonstruowane są w sposób umożliwiający montaż palnika bez wymurówki (wyjątek: rozpylacze wirujące)- Dzięki temu wokół głowicy

palnika zapewniona jest stała temperatura, co pozwala na uzyskanie niskich, stabilnych wartości emisji NO_x . Brak jest efektu promieniowania ciepłego wymurówki. Wymurówki wymagają też zachowania określonego programu suszenia, co wydłuża czas trwania pierwszego uruchomienia. Ponadto wymurówka stanowi element ulegający szybkiemu zużyciu.

- Chłodzona wodą tylna komora nawrotu. Kotły Vitomax skonstruowane z całkowicie otoczonym płaszczem wodnym tylnym nawrotem spalin. Dzięki temu energia spalin jest wykorzystywana wyłącznie do ogrzewania wody. Stosowane jeszcze częściowo w budowie kotłów wymurówki szamotowe rozgrzewają się do białości i przez swoje promieniowanie ciepłe działają negatywnie na płomień i prowadzą też do zwiększenia strat promieniowania. Poza tym wymurówka szamotowa jest elementem podlegającym zużyciu i wymaga częstych przeglądów i ew. wymiany.

- Wielowarstwowa izolacja cieplna grubości 120 mm zapewnia niskie straty promieniowania.
- Kotle Vitomax posiadają wystarczającą liczbę otworów inspekcyjnych i włazowych, umożliwiającą przy serwisowaniu i rewizjach dotarcie do wszystkich ważnych miejsc we wnętrzu kotła. Umożliwia to uzyskanie najdłuższych z możliwych odstępów czasu między kontrolami wewnętrznymi. Patrz punkt F.1.3.2.
- W przypadku stosowania kotew narożnych są one umieszczane zawsze parami. Występujące w nich naprężenia są wyraźnie niższe od dopuszczalnych wg porozumienia branżowego producentów kotłów parowych. Niskie naprężenie w elementach konstrukcyjnych oznacza wyższą trwałość eksploatacyjną.
- Kotle Vitomax są w pełni zgodne z obowiązującymi przepisami
- Geometria komory spalania spełnia wymagania standardu minimalnego wg wytycznej stowarzyszenia BDH. Dzięki temu nie występują krytyczne w eksploatacji kombinacje kocioł/palnik
- Łatwo otwieranie drzwi kotła i drzwiczki wyczystkowe na tylnej stronie kotła ułatwiają serwisowanie kotła, obniżając tym samym koszty eksploatacyjne.
- Gwarantowane i weryfikowalne dane techniczne.
- Viessmann współpracuje aktywnie przy pracach nad nowymi dyrektywami i normami, wytyczając w ten sposób nowe standardy, odpowiadające aktualnemu poziomowi techniki

Rys. C.1-5 Pyroflex – kocioł parowy ze spalaniem biomasy drzewnej



Wysokoprężny kocioł parowy ze spalaniem biomasy drzewnej

Wysokoprężny kocioł parowy MAWERA Pyroflex FSB na ciśnienia robocze od 6 do 25 bar można stosować w kombinacji z paleniskami z płaskim rusztem mechanicznym Pyroflex FSB (moc paleniska od 1 do 2 MW) oraz Pyroflex FSR (moc paleniska od 1 do 15,3 MW). Komory spalania palenisk Pyroflex FSB i FSR na paliwa drzewne (biomasa) opisane są w punkcie C.4.5.

Kocioł wykonany jest jako kocioł dwuciągowy z ekranem. Przejmowanie ciepła dzieli się następująco:

pierwszy ciąg ok. 80%
drugi ciąg ok. 20%.

Konstrukcja kotła parowego Pyroflex FSB/FSR wykazuje następujące cechy charakterystyczne:

- Konstrukcja modułowa – możliwość stosowania z paleniskami na biomasę: Pyroflex FSB i Pyroflex FSR
- Powierzchnie ogrzewalne kotła mogą być ustawione zarówno bezpośrednio nad paleniskiem, jak i kocioł może być wykonany w wersji wolnostojącej
- Zminimalizowane naprężenia termiczne dzięki rozwiązaniu konstrukcyjnemu ekranu
- Prosta geometria części ciśnieniowej
- Zminimalizowane koszty eksploatacyjne dzięki układowi dwuciągowemu (mniejsze opory przepływu od strony spalin)
- Nieznaczna strata promieniowana, dzięki wielowarstwowej izolacji cieplnej o grubości 120 mm
- Duża przestrzeń parowa, duża powierzchnia parowania i zintegrowany odkraplacz poprawiają jakość pary
- Wytrzymałe górne przykrycie kotła (w zakresie dostawy) – ułatwia prace serwisowe i montażowe oraz chroni izolację cieplną przed uszkodzeniami
- Alternatywnie w wykonaniu jako pomost obsługowy
- Dla wydłużenia cyklu nieprzerwanej pracy możliwość wyposażenia w system pneumatycznego czyszczenia płomieniówek

W niektórych krajach organy dopuszczające wymagają dla kotłów o mocy

- > 12 MW przy spalaniu oleju, lub
 - > 15,6 MW przy spalaniu gazu
- stosowania pomiarów temperatury płomienicy (patrz również Tab. D.2.2-1).

Takie punkty pomiarowe można bez problemu zainstalować we wszystkich kotłach Vitomax 200-HS. Obecnie w krajach UE odpowiednie przepisy krajowe wymagają systemów pomiaru temperatury z co najmniej 6 punktami pomiarowymi na płomienicy.

Pomiary te pozwalają wykryć niedopuszczalnie wysokie temperatury ścianek płomienicy (dopuszczalna temperatura ścianki zależna jest od materiału płomienicy) i powodują uruchomienie systemu bezpieczeństwa kotła (z wyłączeniem palnika).

Paliwo	Moc cieplna paleniska (MW)	
	stare	nowe
Gaz ziemny	13,65	18,20
Olej opałowy	10,50	14,00

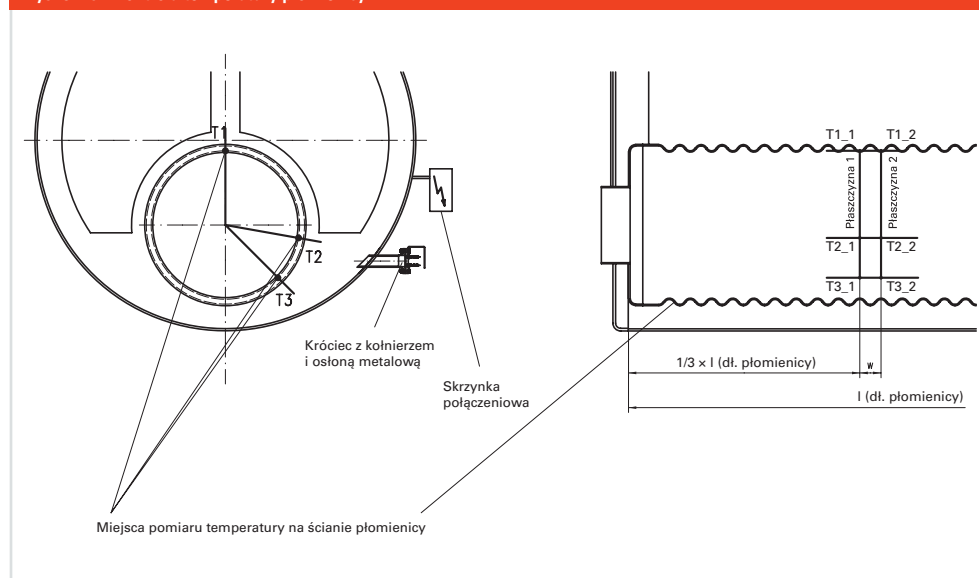
Oprócz normatywnych ograniczeń według normy DIN EN 12953-3, zasady techniczne dla kotłów parowych (TRD 306 punkt 11) narzucają ograniczenia konstrukcyjne, które w ostatecznym efekcie stanowią istotne kryterium w określaniu znamionowej wydajności pary (patrz wskazówki doboru kotła parowego w rozdziale D 2).

Jako środek zaradczy, pozwalający na zwiększenie wydajności pary, wymaga się w Niemczech zgodnie z normą DIN EN 12953-3i stosowania systemu kontrolowania temperatury płomienicy.

Wskazówka

Przy stosowaniu normy DIN EN 12953 lub zasad TRD + obowiązujące porozumienie branżowe można przy projektowaniu płomienicy (w zależności od grubości ścianki, gatunku materiału, średnicy wewnętrznej i rodzaju paliwa) zwiększyć moc paleniskową o $\frac{1}{3}$ w porównaniu ze „starymi” przepisami TRD 1894/1.

Rys. C.1-6 Kontrola temperatury płomienicy



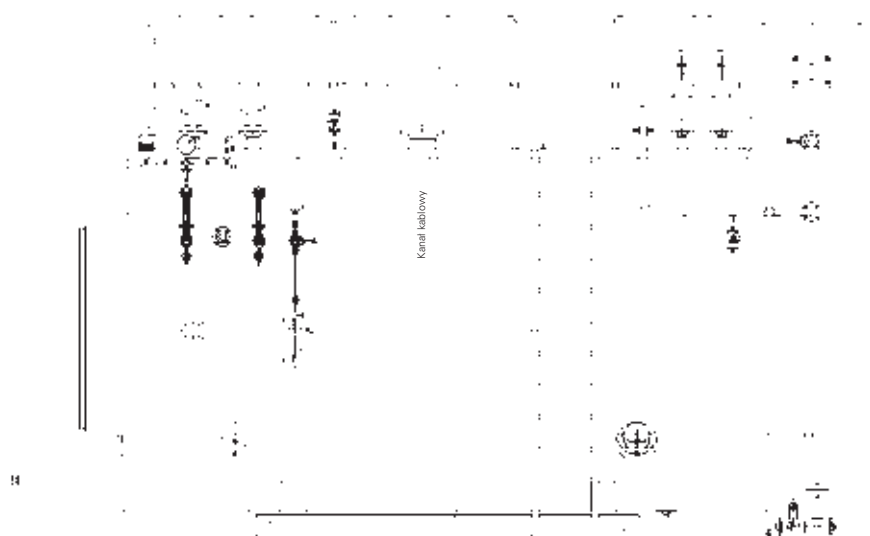
C.1 Kotły parowe

C.1.1 Wyposażenie kotła

Do kotła parowego należy armatura zabezpieczająca, regulacyjna, wskazująca i odcinająca, zespół pomp zasilających, palenisko (palnik) i szafa sterująca urządzeniami regulacji na kotle oraz zabezpieczających kocioł i palnik.

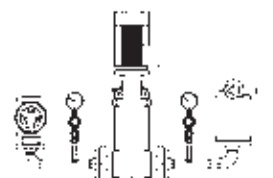
Rodzaj i zakres takiego wyposażenia kotła zależy od założonego przez użytkownika sposobu prowadzenia ruchu instalacji oraz stosowanych paliw.

Rys. C.1.1.1 Wyposażenie kotła

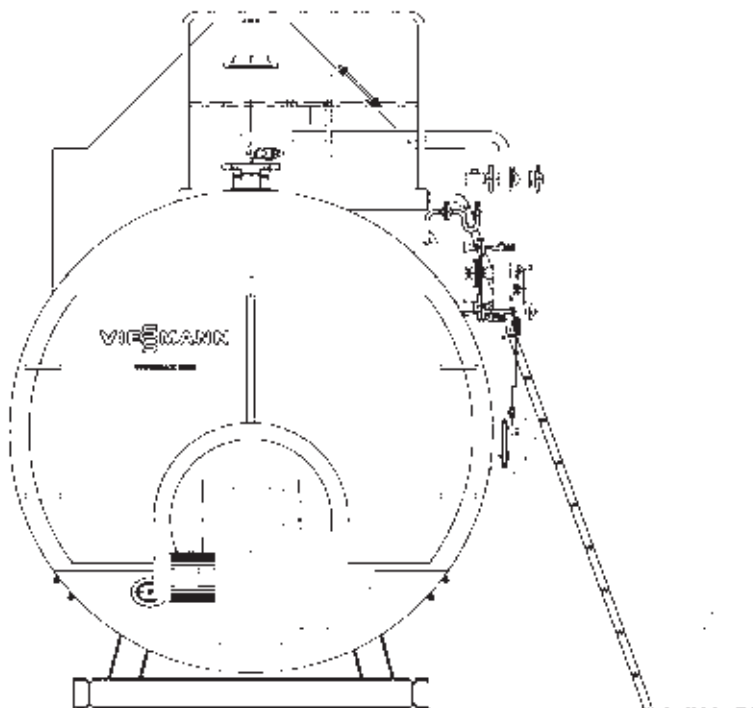


Pozycja 20 i 40: Liczba (1 lub 2)
zależnie od wymagań krajowych

Rys. C.1.1.2 Zespół pomp zasilających



Rys. C.1.1.3 Wyposażenie kotła



- 1 Pomost z barierką
- 2 Szafa sterownicza
- 3 Zintegrowany podgrzewacz wody (ekonomizer)
- 4 Przewód połączeniowy podgrzewacz wody- kocioł
- 5 Pompa zasilająca (moduł)
- 6 Palnik
- 10 Elektroda pomiaru poziomu (na przykład NRG126-1)
- 11 Elektroda pomiaru poziomu (na przykład NRG16-51)
- 12 Elektroda pomiaru poziomu (na przykład NRG16-50)
- 15 Elektroda pomiaru przewodności (na przykład LRGT 16-2)
- 20 Zawór bezpieczeństwa
- 21 Zawór odcinający odpowietrzenia
- 22 Zawór odcinający pary
- 23 Zawór odcinający wody zasilającej
- 24 Zawór zwrotny wody zasilającej
- 25 Zawór odcinający odmulania
- 26 Zawór odmulający
- 27 Zawór odcinający odsalania
- 28 Zawór regulacyjny odsalania
- 30 Zawór odcinający opróżnianie podgrzewacza wody (ekonomizera)
- 40 Wodowskaz
- 41 Manometr
- 42 Ogranicznik ciśnienia maksymalnego
- 43 Przetwornik pomiarowy ciśnienia
- 44 Przelotowy zawór odcinający z kolkami
- 45 Termometr wskaźkowy
- 46 Chłodnica próbek

C.1 Kotły parowe

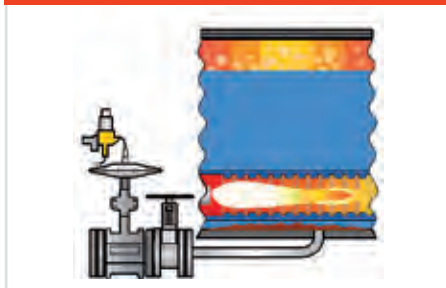
Rys. C.1.1-4 Zawór odmulający



Wyposażenie dobiera się w oparciu o przepisy techniczne TRD wzgl. normę EN 12953 stosując systemy wysokiej jakości, posiadające dopuszczenia wymagane normami. Podstawą dopuszczeń są odpowiednie normy EN wzgl. odpowiednie instrukcje robocze VdTÜV.

Taki dobór wyposażenia zapewnia wysoką dyspozycyjność i bezpieczeństwo instalacji. Szczególne znaczenie mają zawory odmulające i odsalające na kotle parowym. Są one niezbędne do zapewnienia trwale bezpiecznej eksploatacji kotła parowego. Podczas pracy kotła powstają bowiem osady mułu, które trzeba okresowo usuwać.

Rys. C.1.1-5 Odmulanie automatyczne



Odmulanie

Służy do tego specjalny zawór (Rys. C.1.1-4), którego krótkotrwałe, gwałtowne otwarcie i powstający wskutek tego efekt ssania usuwa stale zanieczyszczenia z dna kotła. Czas otwarcia zaworu wynosi 2-5 sekund i jest sterowany ręcznie, a w kotłowniach bez stałego dozoru automatycznie, przez sterowanie programowe odmulania. Konstrukcja zaworu odmulającego winna zapewniać szybkie i skuteczne zamykanie tej armatury. Optymalne działanie zaworu odmulającego uzyskuje się przez wbudowanie grzybka zaworu od dołu, aby siła zamykająca była sumą siły docisku sprężyny i ciśnienia w kotle, gwarantując pewne zamknięcie zaworu, mimo- uwarunkowanego sposobem pracy zaworu- występowania zanieczyszczeń.

W przypadku instalacji wielokotłowych w przewodach odpływowych odmulin należy zainstalować zawory zwrotne (EN 12953-6, ust. 4.6.3).

Odsalanie

Przy wytwarzaniu pary zawarte w wodzie sole pozostają w kotle i zwiększają stopień zasolenia wody kotłowej, zwłaszcza przy jej powierzchni. Dlatego elektrody sterujące odsalania umieszcza się w górnej części kotła parowego, na wysokości dolnego poziomu wody. Zbyt wysokie stężenie soli powoduje wytrącanie się osadów krystalicznych, wywołując pogorszenie przekazywania ciepła, sprzyjając korozji i spienianiu się wody, przy czym piana może być porywana przez strumień pary, co ma szkodliwy wpływ na przyłączone odbiorniki pary. Jakość pary ulega w ten sposób pogorszeniu, a powstające korki wodne zagrażają armaturze. Piana także zakłóca działanie regulatora poziomu wody, który służy do utrzymania poziomu wody w kotle.

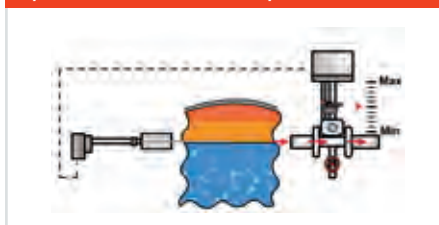
Dlatego normy wymagają stosowania układu monitorowania jakości wody kotłowej, który wyłącza kocioł przy przekroczeniu maksymalnie dopuszczalnych wartości. Istotne wymogi, dotyczące jakości wody i jej pomiarów opisano w instrukcji VdTÜV „Urządzenia do monitoringu wody 100”, zwane w skrócie „WÜ 100” i stanowią one podstawę do dopuszczania odpowiednich systemów pomiarowych. Szczególną uwagę zwraca się przy tym na jakość pomiaru, automatyczną kompensację temperatury i wskazanie wartości rzeczywistej skompensowanej temperatury. Działaniem prewencyjnym, zapobiegającym wyłączeniu kotła wskutek zbyt wysokiej przewodności elektrycznej wody jest stosowanie zaworów odsalających. Zawór odsalający jest sterowany przez regulator odsalania z sygnalizacją wartości granicznej i upuszcza dodatkowo część wody kotłowej. Układ regulacji poziomu natychmiast wyrównuje ubytek wody uzdatnioną wodą zasilającą, zmniejszając w ten sposób przewodność wody kotłowej. Również zawór odsalający jest armaturą skonstruowaną specjalnie w tym celu. Jego stopniowana dysza umożliwia upust wody przy pełnej różnicy ciśnień (ciśnienie w kotle/ciśnienie w układzie odzysku ciepła) cicho i bezpiecznie.

Zamontowana w kotle elektroda sterująca odsalania mierzy w sposób ciągły przewodność elektryczną wody i przy przekroczeniu ustawionej wartości zadanej powoduje większe lub mniejsze otwarcie zaworu odsalającego (Rys. C.1.1-6 i C.1.1-7).

Rys. C.1.1-6 Zawór odsalający



Rys. C.1.1-7 Odsalanie automatyczne



Dla łatwiejszego przedstawienia narysowano obie armatury położone na przeciwko. W rzeczywistości są one umieszczone na ścianie kotła, obok siebie.

C.1 Kotły parowe

Wskazówka

Jako ograniczniki poziomu wody należy stosować urządzenia „konstrukcji specjalnej”. „Konstrukcja specjalna” urządzenia polega na tym, że wykonuje ono samoczynne i regularne testy sprawności swojej części elektrycznej, jak i mechanicznej. Jeśli przy takim teście zostaje wykryte zakłócenie, urządzenie winno wyłączyć spalanie i doprowadzić instalację kotłową do stanu bezpiecznego.

Ograniczniki muszą odpowiadać wymaganiom normy EN 12953-9, a dodatkowo, zgodnie z EN 12953-6, ust. 4.3.2, należy dla każdej funkcji ograniczenia przeprowadzić analizę zagrożeń i zastosować odpowiednie stopnie bezpieczeństwa funkcjonalnego. Uwaga: typowe wymagania dla poziomu integralności bezpieczeństwa (SIL) systemów bezpieczeństwa kotła są nie niższe od 2.

Funkcje elektrod pomiarowych poziomu

Opisano na przykładzie wyposażenia kotła do ruchu bez stałego nadzoru BosB 72h.

Patrz również punkt F.1.1.

Każdy kocioł parowy posiada dwa króćce o średnicy DN 100, z zamontowaną po stronie kotła ochroną przeciwpianową wg EN 12953-9, w których montuje się po 2 elektrody pomiarowe. Możliwe kombinacje elektrod to WB+WR lub WB+HW. Nie wolno montować obu elektrod WB w jednym, wspólnym króćcu.

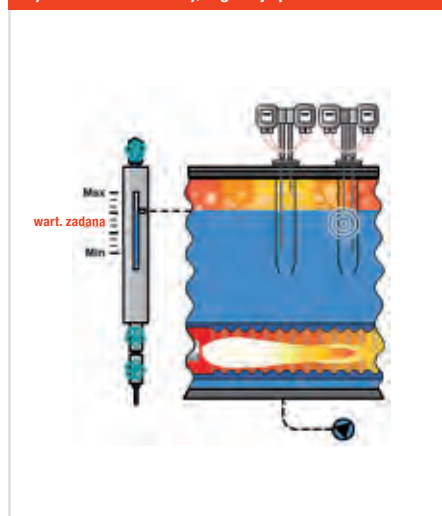
WB – Ogranicznik braku wody

WR – Regulacja poziomu wody

HW – Ogranicznik najwyższego poziomu wody

Przy ruchu kotła bez stałego nadzoru norma EN 12953 wymaga automatycznej regulacji poziomu wody. Norma nie podaje żadnych wymagań odnośnie jakości tej regulacji, co oznacza, że można stosować zarówno regulację ciągłą, jak i cykliczną. Do regulacji cyklicznej stosuje się często wielokrotne elektrody przewodnościowe z prętami o różnej długości, umożliwiającymi sterowanie załączaniem i wyłączaniem pompy zasilającej i realizację dodatkowych alarmów. W instalacjach o wydajności > 2 t/h preferuje się ciągłą regulację. Przy tej metodzie do pomiaru stanu wody służy pracująca ciągle sonda pojemnościowa. Regulator wartości zadanej aktywuje następnie zawór regulacyjny zasilania lub pompę wody zasilającej o zmiennej wydajności, zapewniając ciągłe doprowadzanie niezbędnej ilości wody zasilającej.

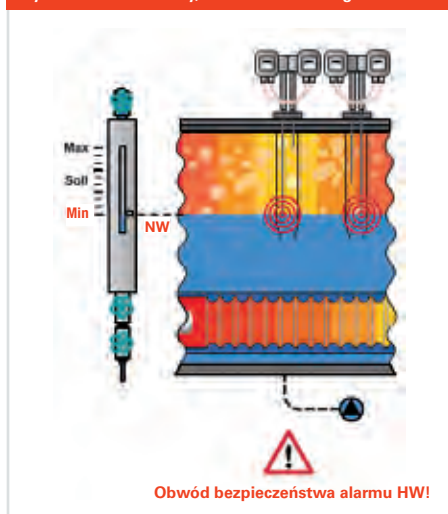
Rys. C.1.1-8 Elektrody, regulacja poziomu



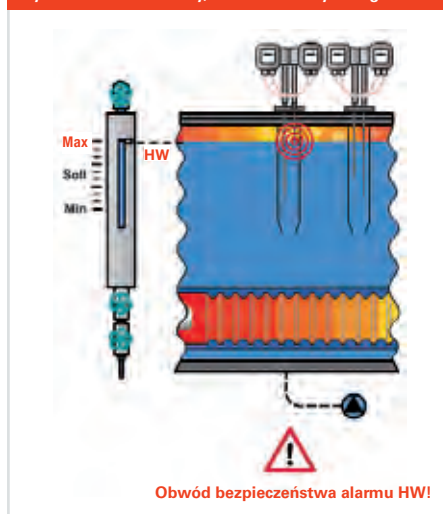
Norma EN 12953 wymaga nadto dwóch działających wzajemnie niezależnie urządzeń, uniemożliwiających spadek poziomu lustra wody poniżej stanu minimalnego (elektrodowy ogranicznik min. poziomu wody NW). Elektrody te muszą być zainstalowane w dwóch różnych króćcach w odpowiednich rurach ochronnych. Dla ruchu BosB 72h zasady techniczne TRD 604 wymagają dodatkowo zainstalowania na kotle działającego samoczynnie urządzenia (elektrodowy ogranicznik maks. poziomu wody HW), zapobiegającego niezawodnie przekroczeniu najwyższego stanu wody.

Do kontroli stanów wody w ruchu BosB 72h są więc w sumie konieczne cztery elektrody.

Rys. C.1.1-9 Elektrody, alarm stanu niskiego



Rys. C.1.1-10 Elektrody, alarm stanu wysokiego



Zabezpieczenia kotła: patrz rozdział D1

Elektrodowy ogranicznik niskiego i wysokiego stanu wody zabezpieczają kocioł podczas ruchu przed przekroczeniem wysokiego lub obniżeniem poniżej niskiego stanu wody. Ograniczniki działają na obwód bezpieczeństwa, wyłączając i blokując palnik kotła. W przypadku elektrody wysokiego poziomu wyłączenie palnika jest konieczne tylko wtedy, gdy możliwe jest zagrożenie dla dalej położonych powierzchni grzewalnych. W normalnych przypadkach sygnał elektrody wysokiego poziomu powoduje jedynie wyłączenie doprowadzania wody zasilającej, do czasu wynurzenia się tej elektrody.



C.1 Kotły parowe

C.1.2 Instalacja wielokotłowa

Instalacje wielokotłowe stosuje się albo w celu zapewnienie bezpieczeństwa zaopatrzenia w parę, np. do celów sterylizacji w szpitalach, lub też w przypadku zróżnicowanego zapotrzebowania na parę w różnych okresach czasu (dzień/noc lub lato/zima) (Rys. C.1.2-1).

Innym powodem stosowania instalacji wielokotłowej jest połączenie pracy kotła parowego ze spalaniem drewna (biomasy) z kotłami parowymi, w których spala się olej lub gaz. Kocioł na biomasę pracuje wtedy z reguły jako kocioł obciążenia podstawowego. Do pokrycia zapotrzebowania szczytowego lub jako rezerwa awaryjna pozostają wtedy kotły parowe, ze spalaniem oleju lub gazu. Wbudowana węzownica grzewcza utrzymuje wtedy opalane olejem lub gazem kotły rezerwowe w stanie gorącym wzgl. pod parą. Potrzebna do ich podgrzewania energia jest dostarczana z biomasowego kotła parowego.

Kwestię, ile i jakiej wielkości kotłów należy zainstalować w instalacji wielokotłowej należy rozpatrywać z punktu widzenia wymaganego bezpieczeństwa zaopatrzenia w parę przy uwzględnieniu najniższych kosztów eksploatacyjnych.

Przy instalacji jednokotłowej należy pamiętać, że zakres regulacji wydajności kotła zależy wyłącznie od zakresu regulacji spalania. Nowoczesne palniki gazowe większej mocy można obciążyć do ok. 1/8 maksymalnej mocy kotła. Jeśli zapotrzebowanie pary zmniejsza się poniżej tego zakresu obciążenia, kocioł przechodzi na pracę przerywaną.

Instalacje wielokotłowe pracują z reguły w systemie kaskadowym. System kaskadowy pozwala na ekonomiczne prowadzenie ruchu kotłowni, odpowiednio do zapotrzebowania pary i z uwzględnieniem także aspektu bezpieczeństwa zaopatrzenia w parę. Ekonomiczność eksploatacji wynika tu z redukcji liczby startów palnika i stałej pracy kotłów w obszarze średniego obciążenia, z niskimi stratami kominowymi i tym samym wysoką sprawnością.

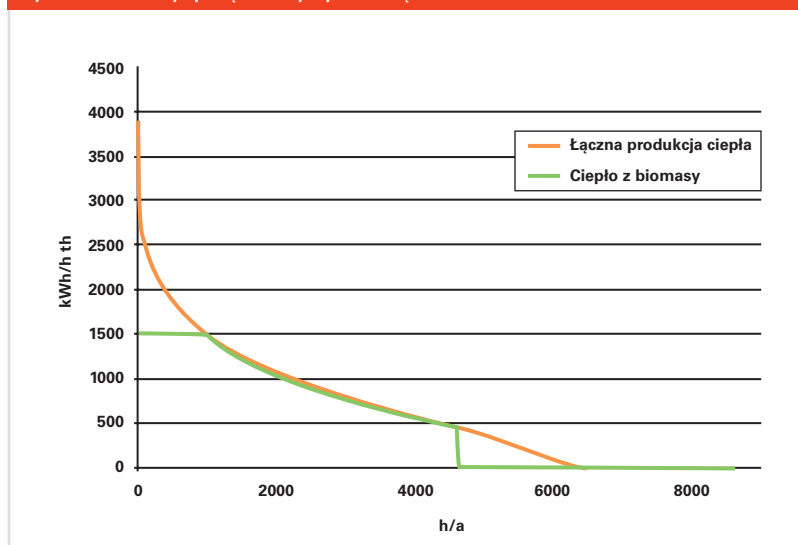
Rys. C.1.2-1 Kotłownia parowa w szpitalu



Szpital AMH w Chorzowie, Polska,
3 wysokopiętne kotły parowe –
Vitomax 200 HS o wydajności
2,4 t/h (8 bar); dostarczają parę do
ogrzewania, pralni i sterylizacji parą.

Każdy z kotłów posiada zasadniczo własne sterowanie, dzięki któremu może też pracować samodzielnie. Do sterowania stosuje się zazwyczaj sterowniki programowalne (PLC). Sterowanie kaskady, zbudowane również na sterowniku PLC ma funkcję nadrzędną wobec sterowań poszczególnych kotłów, wyznacza kocioł wiodący i kolejność pracy pozostałych kotłów. Kotły, które są wyłączone z ruchu, na przykład dla przeprowadzenia rewizji lub ze względu na dłużej trwający okres mniejszego zapotrzebowania pary, zostały odstawione i zakonserwowane, zostają również wyłączone ze sterowania kaskady.

Rys. C.1.2-2 Roczny uporządkowany wykres obciążeń



Roczny, uporządkowany wykres obciążeń przedstawia praktyczny przykład zastosowania kotła parowego, spalającego drewno (biomasę) (moc 1 500 KW) w połączeniu z kotłem parowym ze spalaniem oleju lub gazu.

C.1 Kotły parowe

Rys. C.1.2-3 Zawór sterowany silnikiem odcinający parę



Uruchamiany silnikiem
zawór odcinający parę

Rys. C.1.2-4 Panel dotykowy sterownika PLC



Panel dotykowy sterownika PLC
na szafie sterowniczej „Vitocontrol”

Rys. C.1.2-5 Szafa sterownicza „Vitocontrol”



Szafa sterownicza „Vitocontrol”
z panelem dotykowym
sterownika PLC

Funkcja kotła wiodącego jest przełączana automatycznie w określonej kolejności i po upływie określonego czasu, zgodnie z programem PLC. Załączenie kotła nadążnego może przykładowo nastąpić wtedy, gdy aktualnie pracujący kocioł przez określony czas pracuje z mocą, przykładowo ponad 80%. Zostaje wtedy uruchomione palnik kotła nadążnego i po osiągnięciu ciśnienia systemowego siłownik otwiera zawór odcinający parę (Rys. C.1.2-3) i oba kotły zasilają teraz kolektor pary.

Wyłączenie jednego z kotłów może z kolei nastąpić, przykładowo, gdy jego moc spadnie np. poniżej 35%. Kocioł nadążny wyłącza się wtedy, a siłownik zamyka zawór odcinający parę.

Kotły pozostające w rezerwie utrzymywane są pod ciśnieniem, regulowanym na drugą wartość zadaną, niższą od wymaganego ciśnienia systemowego w instalacji parowej.

Taki układ zapewnia szybką dyspozycyjność kotła w razie zwiększenia zapotrzebowania, a jednocześnie korpus ciśnieniowy kotła nie jest narażany na powtarzające się obciążenia i korozję postojową.

Konkretne nastawy sterowania kaskadowego ustala się indywidualnie dla każdej instalacji i programuje w sterownikach PLC (Rys. C.1.2-4 i Rys. C.1.2-5).

C.1.3 Kocioł parowy w stanie gotowości

W instalacjach wielokotłowych, w których na przykład jeden z kotłów parowych, jako kocioł obciążenia szczytowego załączany jest do ruchu raz dziennie, celowym jest stałe utrzymywanie tego kotła pod ciśnieniem. To samo dotyczy sobotnio-niedzielných przerw w produkcji. Tu również należy kotły parowe utrzymywać pod ciśnieniem, wybierając najlepiej niższy poziom ciśnienia.

Zapewnia się w ten sposób możliwość szybkiego wznowienia dostawy pary na produkcję, a instalację kotłową, łącznie z systemem ciepłego uzdatniania wody, chroni się przed wnikaniem tlenu atmosferycznego.

C.1.3.1 Sposoby utrzymywania ciśnienia

A Utrzymywanie ciśnienia przez spalanie

W sterowniku PLC programuje się drugą wartość zadaną ciśnienia z nieznacznym nadciśnieniem (na przykład 4 bar). Palnik doprowadza kocioł do tej wartości ciśnienia i po jej zasygnalizowaniu przez przetwornik pomiarowy ciśnienia wyłącza się. Utrzymywaniem ciśnienia należy objąć również układ termicznego uzdatniania wody, tzn. w zbiorniku odgazowywacza tego układu należy też utrzymać nadciśnienie, aby zapobiec wnikaniu tlenu atmosferycznego

B Utrzymywanie ciśnienia przez węzownice grzewcze

W instalacjach wielokotłowych można niepracujące kotły utrzymywać pod ciśnieniem, ogrzewając je przez węzownice, wbudowaną w przestrzeń wodną kotła. Dopływ pary grzewczej do węzownicy jest przy tym regulowany tak, aby utrzymać wymagane parametry. Warunkiem jest utrzymywanie w ruchu co najmniej jednego kotła parowego, niezbędnego do zasilania węzownic grzewczych (Rys. C.1.3.1-1).

Z regulacji dopływu pary do węzownicy grzewczej można zrezygnować w przypadku istnienia stałych parametrów, według których można zaprojektować wielkość węzownicy.

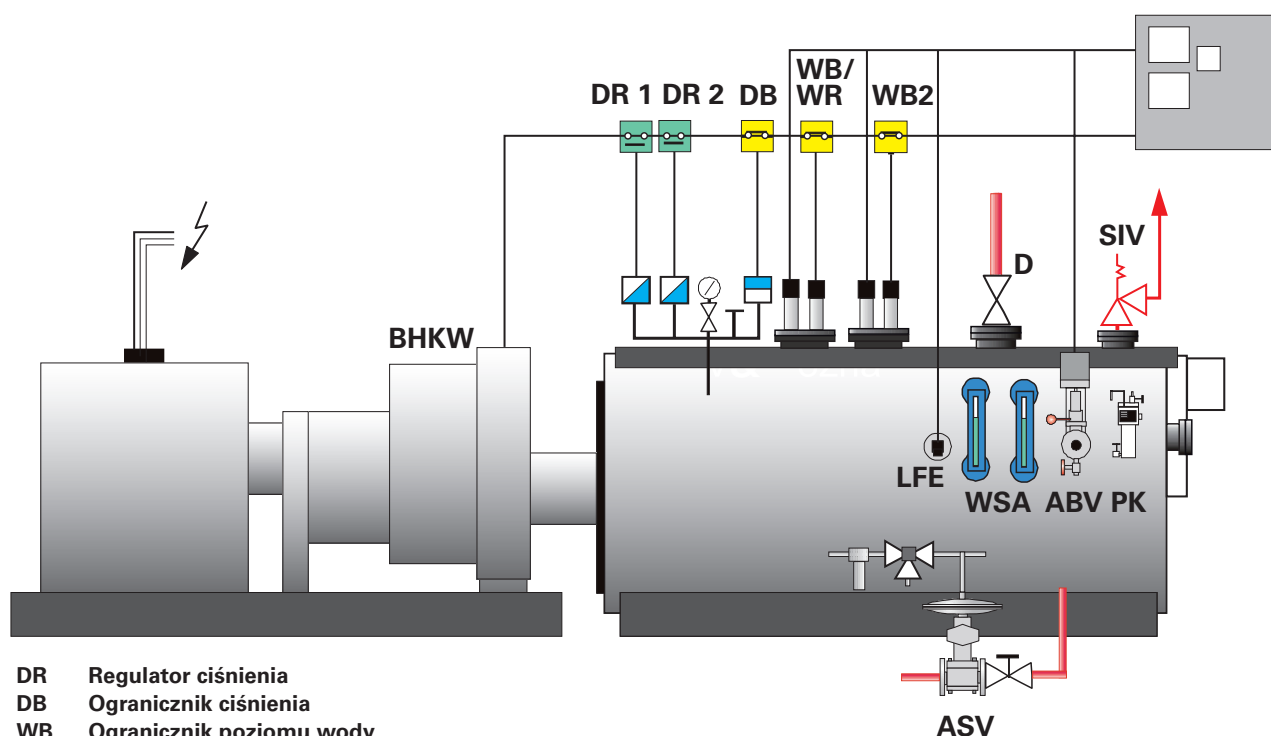
Aby zachować możliwość przełączania funkcji kotła wiodącego na każdy z kotłów instalacji, zaleca się każdy z nich wyposażać w węzownicę grzewczą.

Rys. C.1.3.1-1 Utrzymywanie ciśnienia przy pomocy węzownicy grzewczej



C.1 Kotły parowe

Rys. C.1.4-1 Kocioł odzysknicowy



- | | |
|-----|-------------------------------------|
| DR | Regulator ciśnienia |
| DB | Ogranicznik ciśnienia |
| WB | Ogranicznik poziomu wody |
| D | Króciec pary |
| SIV | Zawór bezpieczeństwa |
| LFE | Elektroda przewodnościowa odsalania |
| WSA | Wodowskaz |
| ABV | Zawór regulacyjny odsalania |
| PK | Chłodnica próbek |
| ASV | Zawór odmulający |
| WR | Regulacja poziomu wody |

C.1.4 Kotły odzysknicowe

Kotły odzysknicowe wykorzystują ciepło spalin z procesów spalania lub gorącego powietrza z procesów przemysłowych do wytwarzania wody gorącej albo pary nasyconej lub przegrzanej.

Działanie i budowa

Kotły odzysknicowe Viessmann budowane są na zasadzie kotła płomienicowo-płomieniówkowego. Gorący gaz przepływa jest przez płomieniówkę, w których przekazuje ciepło wodzie, znajdującej się w korpusie kotła.

Natomiast w wymiennikach ciepła opłomkowych przez pęczki rurowe płynie woda, a spaliny omywają rury, przepływając przez wymiennik. Wymienniki ciepła opłomkowe stosuje się głównie do przejmowania ciepła „chłodniejszych” spalin do podgrzewu wody.

Na stronie wlotowej i wylotowej kotła odzysknicowego znajdują się zaopatrzone w otwory wyczystkowe komory zbiorcze spalin, do których przyłączone są przewody spalin.

Dla ograniczenia strat promieniowania kotły odzysknicowe osłonięte są wielowarstwową izolacją cieplną, grubości 120 mm z płaszczem z lakierowanej blachy.

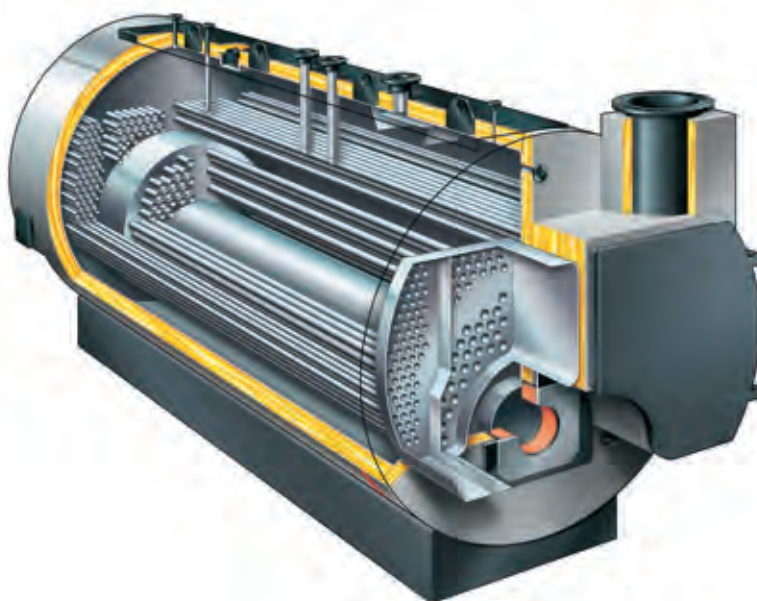
Kotły odzysknicowe, tak jak wszystkie kotły Vitomax, postawione są na ramie, rozkładającej ciężar kotła na dużą powierzchnię podłoża.

Rys. C.1.4-2 Kocioł odzysknicowy, jednociągowy



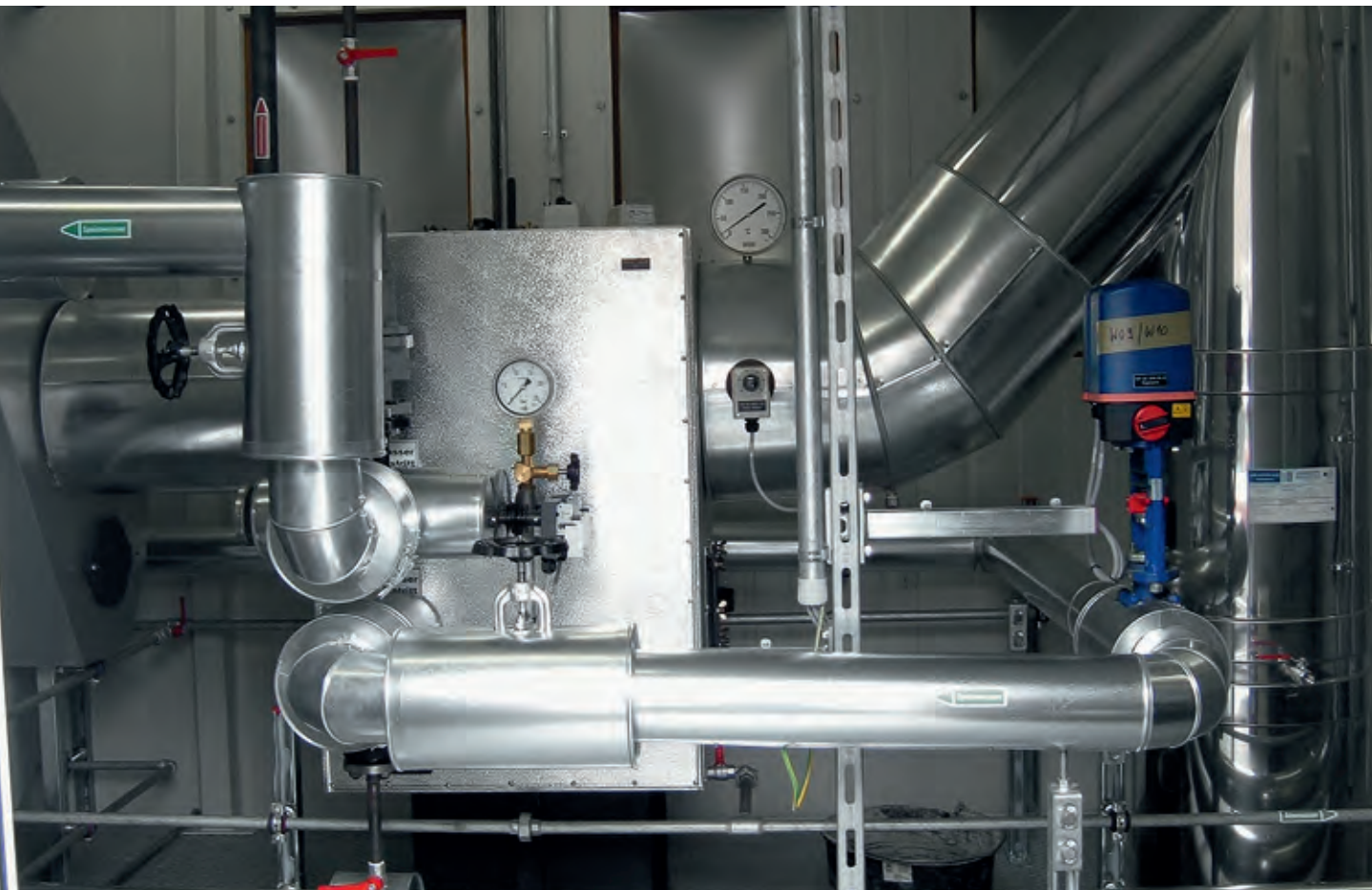
Kotły odzysknicowe Viessmann budowane są w dwóch różnych typach konstrukcyjnych: kotły odzysknicowe bez dodatkowego palnika – do wytwarzania wody gorącej lub pary nasyconej wykorzystuje się w nich wyłącznie spaliny lub gorące powietrze z procesów technologicznych.

Rys. C.1.4-3 Walczakowy kocioł parowy Vitomax 200-HS z dodatkowymi ciągami odzysknicowymi



Kotły wodne lub parowe z wykorzystaniem ciepła odpadowego – są to konwencjonalnie kotły z dodatkowym wykorzystaniem ciepła odpadowego ze źródeł zewnętrznych.

O wyborze takiego czy innego wariantu kotła rozstrzygają specyficzne dla każdego projektu warunki stosowania.



Podgrzewacz wody – Ekonomizer (ECO)

Podgrzewacz wody jest wymiennikiem ciepła spaliny/woda, wbudowanym w kocioł parowy lub ustawionym, jako osobne urządzenie za kotłem. W kotłach parowych podgrzewacze wody są stosowane do wstępnego podgrzania wody zasilającej. Poprawiają one bilans energetyczny i tym samym sprawność kotłowni.

Temperatura spalin na wylocie kotła jest o ok. 60–80 K wyższa od temperatury pary nasyconej. Przy takiej, stosunkowo wysokiej temperaturze spalin sprawność kotła przy pełnym obciążeniu wynosi 88 do 91 %. Strata kominowa może więc osiągnąć wartość nawet 12 %.

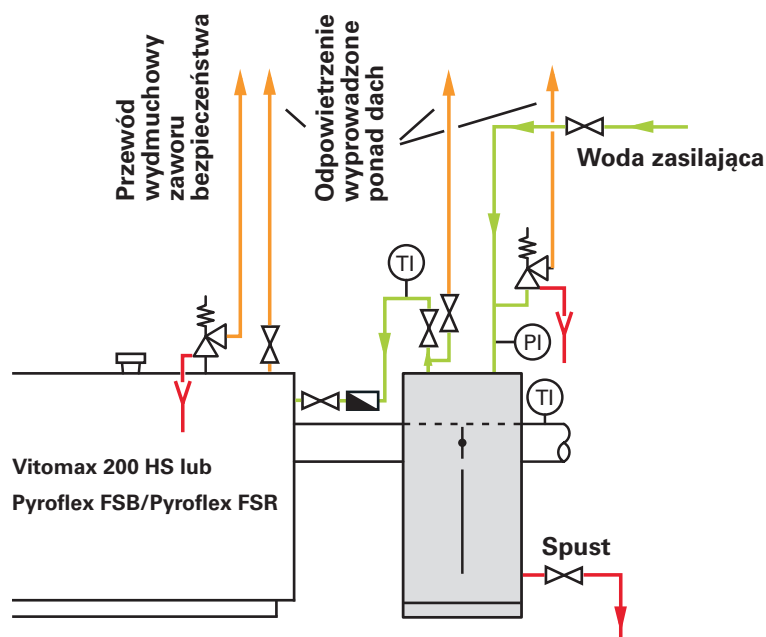
Niemieckie rozporządzenie o ograniczeniu emisji (BImSchV) wymaga utrzymania straty kominowej maks. na poziomie 9%. Aby utrzymać się poniżej tej wartości w kotłach parowych stosuje się często podgrzewacze wody zasilającej (ekonomizery – ECO).

Jest to najbardziej ekonomiczny sposób podniesienia sprawności.

Podgrzewacz wody wpina się z zasady za trzecim ciągiem kotłów płomienicowo-płomieniówkowych, względnie za drugim ciągiem kotłów dwuciągowych (opalone drewnem/biomasą kotły Pyroflex FSB/Pyroflex FSR) lub kotłów z nawrotem płomienia. W podgrzewaczu wody, przy przeciwnieprądowym przepływie spalin i wody kotłowej, następuje dalsze schłodzenie spalin (Rys. C.2-1).

Doboru pod względem termodynamicznym dokonuje się na podstawie zadanych parametrów: strumienia masowego i temperatury spalin, strumienia masowego i temperatury wody zasilającej oraz wymaganej temperatury spalin za podgrzewaczem wody.

Rys. C.2-1 Schemat kotła parowego Viessmann (Mawera)



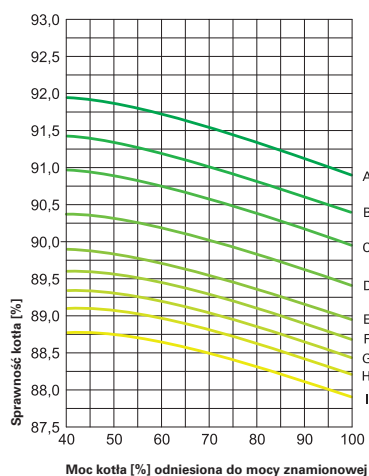
Schemat przyłączenia podgrzewacza wody z możliwością odcięcia, wraz z armaturą i obejściami

Zależnie od wielkości powierzchni wymiany ciepła spaliny zostają schłodzone nawet do ok. 130°C. W programie dostaw przewidziano dla kotłów parowych Vitomax dwie wielkości podgrzewaczy wody, do schładzania spalin do 180°C lub 130°C (standard). Dla kotłów Pyroflex FSB/Pyroflex FSR są dostępne seryjne podgrzewacze wody schładzające spaliny do ok. 130–180 °C, zależnie od wielkości ciśnienia.

Woda zasilająca zostaje podgrzana w podgrzewaczach od 102°C (temperatura na wlocie) do ok. 135°C (w temperaturze spalin 130°C). Na życzenie klienta projektowane i oferowane są podgrzewacze wody także na inne parametry.

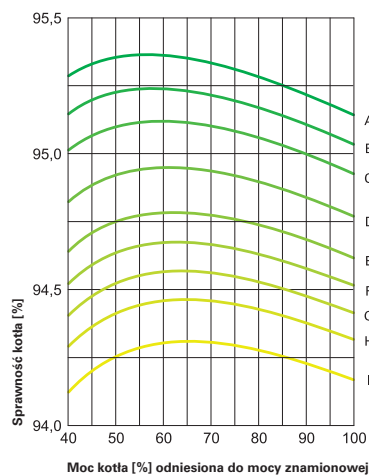
Dzięki ekonomizerom osiąga się sprawność paleniskową 95%, odniesioną do ciśnienia roboczego 12 bar (Rys. C.2-2 i rys. C.2-3).

Rys. C.2-2 bez ekonomizera



- A Ciśnienie robocze 5 bar
- B Ciśnienie robocze 7 bar
- C Ciśnienie robocze 9 bar
- D Ciśnienie robocze 12 bar
- E Ciśnienie robocze 15 bar
- F Ciśnienie robocze 17 bar
- G Ciśnienie robocze 19 bar
- H Ciśnienie robocze 21 bar
- I Ciśnienie robocze 24 bar

Rys. C.2-3 z ekonomizerem ECO 200



- A Ciśnienie robocze 5 bar
- B Ciśnienie robocze 7 bar
- C Ciśnienie robocze 9 bar
- D Ciśnienie robocze 12 bar
- E Ciśnienie robocze 15 bar
- F Ciśnienie robocze 17 bar
- G Ciśnienie robocze 19 bar
- H Ciśnienie robocze 21 bar
- I Ciśnienie robocze 24 bar

Sprawność kotła łącznie ze stratami promieniowania w zależności od ciśnienia roboczego (zawartość tlenu w spalinach 3%, temperatura wody zasilającej 102°C).



Przegrzewacz pary (ÜH)

W wielu zastosowaniach przemysłowych stawia się specyficzne wymagania wobec parametrów pary.

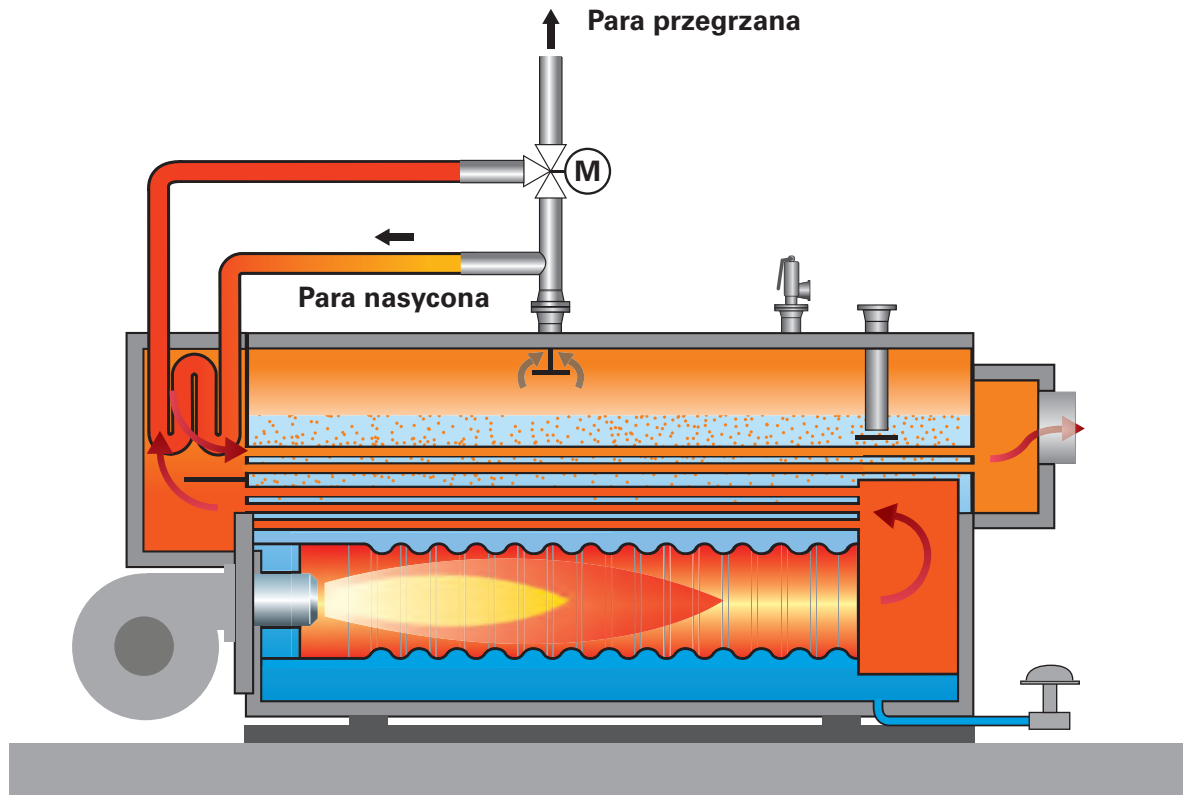


Rys. C.3-1 Vitomax 200-HS
Vitomax 200-HS z przegrzewaczem,
22 t/h, 10 bar, podczas budowy,
(zainstalowany został na Litwie).

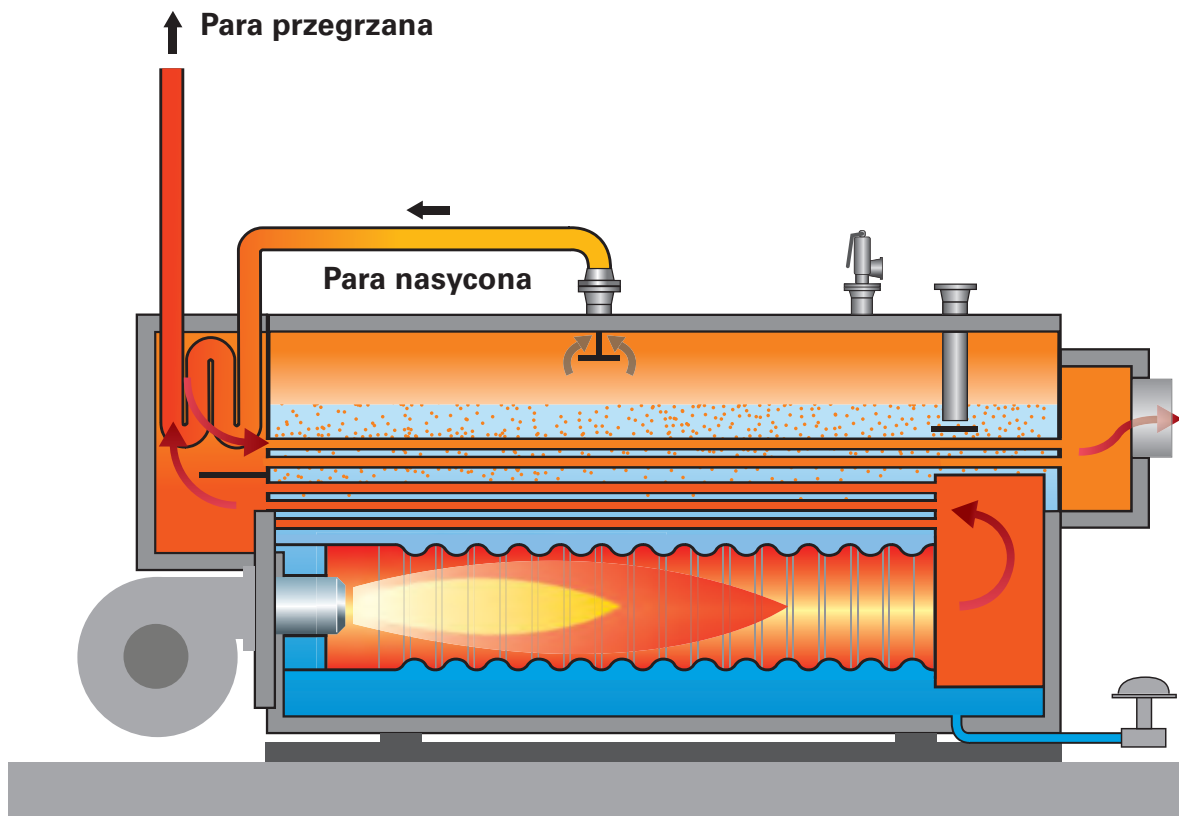
W niektórych procesach technologicznych potrzebna jest para o temperaturze wyższej, niż temperatura odpowiadająca ciśnieniu nasycenia pary. Konieczne jest więc przegrzanie pary. W tym celu Viessmann skonstruował specjalne przegrzewacze pary, które wpina się między drugi i trzeci ciąg spalin kotła Vitomax 200-HS.

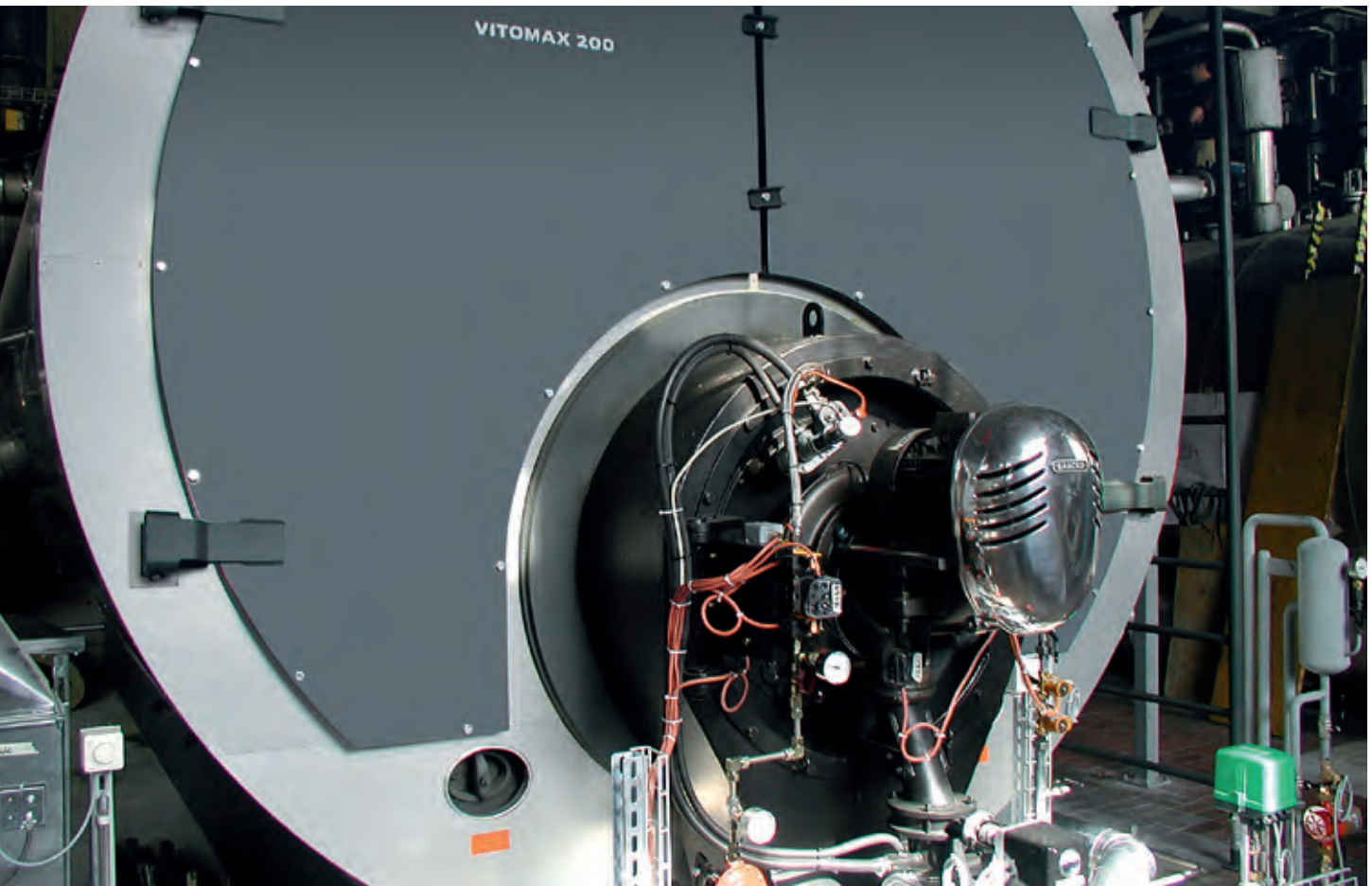
Przy takim rozwiązaniu przegrzewacz może produkować parę o temperaturze wyższej do max. ok 60 K od temperatury pary nasyconej.

Rys. C.3-3 Kocioł parowy z przegrzewaczem regulowanym



Rys. C.3-4 Kocioł parowy z przegrzewaczem nieregulowanym





Spalanie

Zadaniem palnika jest przekształcenie energii zawartej w paliwie w ciepło użyteczne.

W kotłach płomienicowo-płomieniówkowych spala się zazwyczaj ciekłe i/lub gazowe paliwa. Coraz częściej stosuje się także kotły parowe opalane drewnem (biomasą), z kotłem obciążenia szczytowego, spalającym gaz lub olej.

C.4.1 Powietrze do spalania

Gaz lub olej spala się tylko w obecności tlenu (powietrza). Dlatego każdy palnik wyposażony jest w wentylator powietrza do spalania.

Zależnie od usytuowania tej dmuchawy rozróżnia się palniki monoblokowe i duoblokowe.

- monoblok: wentylator zabudowany na palniku
- duoblok: wentylator zamontowany osobno.

Zadaniem wentylatora palnika jest dostarczanie powietrza w ilości wymaganej stechiometrycznie, plus niezbędny nadmiar ok. 10% oraz nadatek na pokonanie występujących w instalacji oporów przepływu.

Są to między innymi opory przepływu kotła, palnika, ekonomizera, tłumika szumów przepływu spalin i przewodów łączących te elementy instalacji.

Dla zapewnienia niskoemisyjnego spalania, i długiej żywotności kotła i palnika temperatura zasysanego powietrza do spalania winna mieścić się w zakresie wartości od 5°C do 40°C. Ponadto, powietrze nie powinno zawierać składników wywołujących korozję, jak związki chloru i halogenki.

C.4.2 Paliwa ciekłe

Oleje opałowe dzieli się na następujące kategorie:

- HEL: olej opałowy ekstra lekki
 $H_i = 42,7 \text{ MJ/kg}$
- olej S¹⁾: olej opałowy ciężki
 $H_i = 40,2 \text{ MJ/kg}$

W poszczególnych krajach występują różnice w składzie olejów. Zależnie od rodzaju oleju stosuje się różne warianty palników. Rozróżnia się palniki z rozpylaczami ciśnieniowymi, rozpylaczami ciśnieniowymi parowymi i rozpylaczami wirującymi.

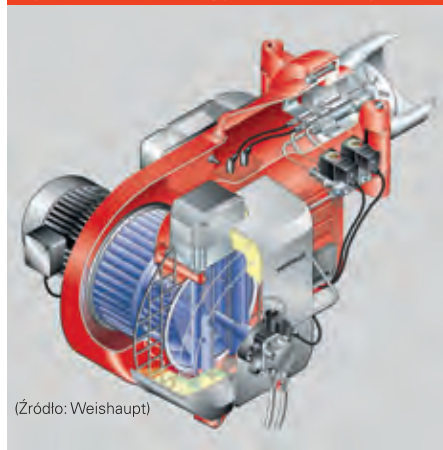
Palniki olejowe ciśnieniowe

W tym rozwiązaniu olej tłoczony przez pompę pod wysokim ciśnieniem jest rozpylany przez dyszę. Palniki takie stosuje się przeważnie do rozpylania lekkiego oleju opałowego (Rys. C.4.2-1 i rys. C.4.2-2).

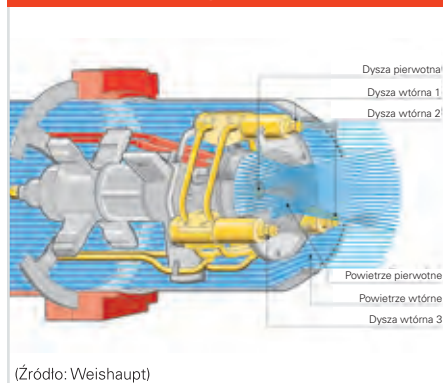
Wskazówka

Norma DIN 51603 cz.1 i cz. 3 opisuje wymagania minimalne dla wymienionych wyżej olejów opałowych. Poza tym, zwłaszcza w krajach pozaeuropejskich, stosuje się do spalania oleje, które nie dają się zaliczyć do żadnej z powyższych kategorii

Rys. C.4.2-1 Palnik z rozpylaniem ciśnieniowym



Rys. C.4.2-2 Przekrój palnika z rozpylaniem ciśnieniowym



¹⁾ Przy opalaniu olejem ciężkim S/ma-
zutom kotłów parowych z podgrze-
waczem wody należy uwzględnić
uwagę ze strony 76 C8.5.

C.4 Spalanie

Wskazówka

Wymiarowanie przewodów paliwa: patrz: D.8.5.6

Palniki olejowe rozpylane parą

Olej jest rozpylany w głowicy palnika przy pomocy pary. Metodę tę stosuje się zazwyczaj w kotłach z zakresu mocy większych od opisywanych tu kotłów walczkowych.

Palniki olejowe z rozpylaniem rotacyjnym

Olej jest doprowadzany na dno szybko wirującego kubka. Obrót kubka i stożkowy kształt ścianek kubka powodują wędrowanie oleju w kierunku komory spalania. Na krawędzi kubka olej zostaje rozpylony pod wpływem siły odśrodkowej i strumienia powietrza rozpylającego.

Rozpylacze wirujące stosuje się głównie przy spalaniu oleju ciężkiego (Rys. C.4.2-3). Nadają się jednak także do spalania olejów lekkich, odpadów oleistych, jak mieszanin olejów i tłuszczów lub pozostałości po odfuszczeniu, tłuszczy zwierzęcych lub roślinnych oraz oleju rzepakowego (RME).

C.4.3 Paliwa gazowe

Stosowana jest rodzina gazów ziemnych. Gazy płynne i gazy miejskie nie będą tu rozpatrywane, z uwagi na ich małe znaczenie.

Gaz ziemny jest gazem naturalnym, składającym się głównie z metanu (CH_4). Zależnie od miejsca wydobycia, jego skład jest różny. Zazwyczaj gaz ziemny zawiera, między innymi gazy obojętne (składniki niepalne) oraz cięższe węglowodory.

Gaz ziemny jest cięższy od gazu miejskiego, ale lżejszy od powietrza.

Gaz ziemny E: $H_i = 36 \text{ MJ/kg}$

Gaz ziemny LL: $H_i = 32 \text{ MJ/kg}$

Stosowane są również metody domieszania biogazu i gazu z oczyszczalni. Często możliwe jest również spalanie obu tych ostatnich gazów, bez dodawania gazu ziemnego.

Przy domieszkach należy pamiętać o zmieniającej się przy tym wartości opałowej, co wymaga regulacji palnika, względnie zastosowanie palnika specjalnego.

Przy projektowaniu instalacji należy uwzględnić zawartość siarki w stosowanym gazie, gdyż ewentualnie może być konieczne użycie armatury gazowej ze specjalnych materiałów, jak stal szlachetna.

Rys. C.4.2-3 Palnik z rozpylaniem rotacyjnym



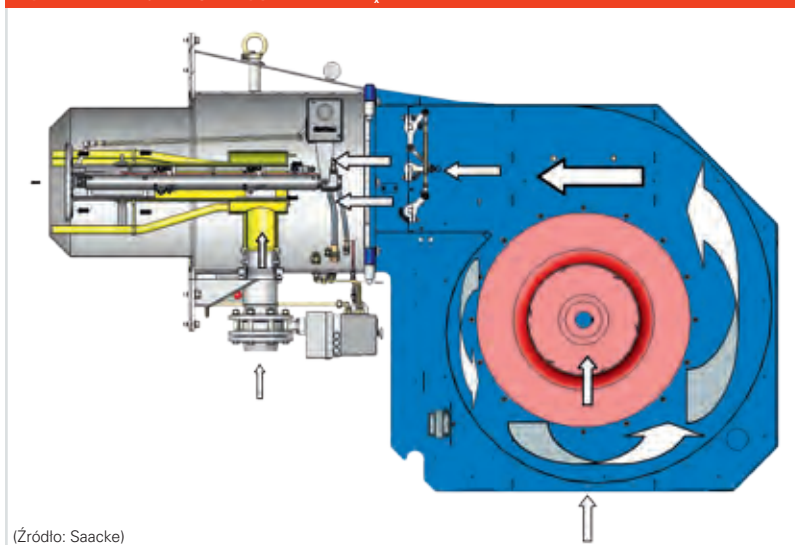
(Źródło: Saacke)

C.4.4 Palniki dwupaliwowe

Są to zazwyczaj palniki, które mogą spalać zarówno gaz jak i olej (Rys. C.4.4-1).

Przestawianie na inny rodzaj paliwa dokonuje się ręcznie lub automatycznie, na przykład według wyznaczonych przez dostawcę gazu godzin zakazu poboru gazu, w których kocioł musi zostać czasowo przełączony na spalanie oleju. Wariant ten stosuje się głównie w większych instalacjach dla zapewnienia ciągłości ruchu.

Rys. C.4.4-1 Olejowo / gazowy palnik Low- NO_x



(Źródło: Saacke)

Rys. C.4.4-2 Vitomax 200-HS z palnikiem dwupaliwowym



C.4 Spalanie

Rys. C.4.5-1 Widok wnętrza komory spalania MAWERA Pyroflex z płaskim rusztem skokowym



Rys. C.4.5-2 Rodzaje paliw (paliwa drzewne)



C.4.5 Spalanie drewna

Oprócz przedsiębiorstw przemysłu drzewnego, coraz więcej zakładów przemysłowych, także spoza branży drzewnej, decyduje się na spalanie drewna (biomasy). Paliwo to podlega mniejszym wahanom cenowym niż paliwa kopalne. Pozyskiwane jest z regionów nie narażonych na kryzysy, a dzięki odnawialności i zerowej emisji CO_2 przyczynia się do zachowania zrównoważonego rozwoju przyszłych pokoleń.

Jako paleniska na drewno (komora spalania z płaskim rusztem skokowym) dla kotłów parowych stosuje się paleniska MAWERA Pyroflex FSB i FSR.

Palenisko Pyroflex FSR różni się od Pyroflex FSB objętością komory spalania i powierzchnią rusztu, gdyż Pyroflex FSB jest paleniskiem bardziej kompaktowym.

Z uwagi na bezwładność cieplną takich palenisk, w przypadku odbiorców pary szybko zmniejszających pobór pary, konieczne jest upuszczanie nadmiaru pary poprzez specjalny zawór.

Budowa i działanie

Płaski ruszt skokowy Pyroflex, oprócz spalania czystej biomasy nadaje się także szczególnie do spalania paliw specjalnych o większej zawartości popiołów lub paliw z wysoką zawartością zanieczyszczeń, jak piasek, kawałki metalu, itp.

Istotne zalety paleniska z płaskim rusztem skokowym to z jednej strony możliwość stosowania najróżniejszych paliw pochodzenia biologicznego, a z drugiej strony niskie zapalenie spalin, wynikające ze stosowania statycznego złoża żaru.

Niskoemisyjna technologia redukcji NO_x

Komora spalania jest standardowo dostarczana w niskoemisyjnej technologii redukcji NO_x – dla paliw z wysoką zawartością azotu. Niskoemisyjna komora spalania, w celu zmniejszenia emisji NO_x jest komorą dwustopniową, z ciągłym doprowadzaniem powietrza do spalania. Efekt ten wzmacniany jest dodatkowo przez zastosowanie recyrkulacji spalin. Geometria komory spalania ze strefą redukcji (strefa pierwotna) i strefą utleniania (strefa wtórna) została opracowana w wyniku badań podstawowych, przeprowadzonych w instalacji doświadczalnej firmy Viessmann.

Odbiór i transport paliwa

Do odbioru paliwa z silosów lub bunkrów stosuje się różnego rodzaju wygarniacze: zgarniakowe, ślimakowe czy tzw. ruchomą podłogę. Do transportu paliwa można w zależności od warunków miejscowych i rozdrobnienia paliwa stosować przenośniki korytowe łańcuchowe, przenośniki skokowe lub rurowe przenośniki ślimakowe.

Odpylanie spalin

Do odpylania spalin, zależnie od rodzaju paliwa, stosuje się odpylacze multicyklonowe obniżające zapylenie spalin do poziomu < 60 do $< 150 \text{ mg/Nm}^3$ (przy zawartości tlenu w spalinach 11 lub 13%). W celu uzyskania zawartości pyłu w spalinach oczyszczonych na poziomie 10 do 50 mg/Nm^3 , zależnie od rodzaju zastosowanego paliwa, stosuje się filtry workowe, filtry z siatki metalowej lub elektrofiltry.

Mawera Logic

Instalacja jest sterowana i regulowana przez sterownik mikroprocesorowy Mawera z panelem dotykowym. Dostępny jest ponadto modem do zdalnego monitorowania, system sterowania procesu (MaVis) oraz zdalna sygnalizacja zakłóceń Telenot.

Plaski ruszt Pyroflex

Konstrukcja płaskiego rusztu skokowego Pyroflex wyróżnia się następującymi cechami:

- minimalne straty promieniowania, dzięki całkowitemu zaizolowaniu całej instalacji kotłowej
- statyczne złoże żaru powoduje znacznie zmniejszone emisje substancji szkodliwych
- regulacja temperatury płomienia przez zintegrowaną, adaptacyjną regulację zawartości tlenu w spalinach
- najnowocześniejsze sterowanie mikroprocesorowe z automatycznym rozpoznawaniem wilgotności paliwa reguluje instalację bezstopniowo w zakresie obciążeń 25–100% przy zachowaniu wymaganych wartości granicznych emisji

Rys. C.4.5-3 Przekrój paleniska z płaskim rusztem skokowym Pyroflex



- kontrolowane wypalanie przez podział rusztu na 2 lub 3 strefy z różną prędkością przesuwu
- wysoka odporność na zużycie, dzięki obszernej powierzchni rusztu oraz chłodzeniu rusztu wodą w przypadku stosowania hydraulicznego podajnika paliwa
- nieznaczny przesyp paliwa przez ruszt, dzięki zachodzącym na siebie, dociskany sprężyscie rusztowinom; ciągle, automatyczne usuwanie żużla

1. Dysze nadmuchowe powietrza wtórnego
2. Komora spalania Low-NO_x
3. Płaski ruszt skokowy
4. Zasilanie paliwem przez hydrauliczny podajnik lub przenośnik ślimakowy
5. Doprowadzenie pierwotnego powietrza do spalania
6. Automatyczne odpowietnianie komory spalania
7. Recykulacja spalin „nad ruszt”



Przygotowanie wody

Najczystszą wodą, występującą w przyrodzie, jest deszczówka

Jednakże nawet deszczówka zawiera wchłonięte z atmosfery gazowe (rozpuszczone) substancje, głównie tlen, azot i dwutlenek węgla, a w związku z zanieczyszczeniem atmosfery – także związki siarki („kwaśne deszcze”). Podczas wsiąkania wody w grunt dochodzą do tego dalsze substancje, jak przykładowo żelazo i wapń. Jakość wody zależy więc od tego, jaką drogę przebiegła ona w gruncie.

Celem przygotowania wody jest doprowadzenie jej do stanu gwarantującego niezakłócony ruch kotła parowego. Oznacza to konieczność usunięcia szkodliwych składników wody lub ich związania przez dodanie odpowiednich chemikaliów.

Jako wody surowej (wody nieprzygotowanej do stosowania w kotłach) można użyć zarówno wody pochodzącej z wód powierzchniowych, studni lub już oczyszczonej wody pitnej. Wody powierzchniowe i studzienne mogą zawierać składniki, jak zawiesiny, substancje zmętniające, zanieczyszczenia organiczne, związki żelaza i manganu, które trzeba usuwać w kolejnych stopniach przygotowania wody. Przy stosowaniu wody pitnej takie wstępne przygotowanie jest zbędne.

Objaśnienia ogólne

System woda-para podlega wymaganiom jakościowym, dotyczącym dopuszczalnych składników. Odpowiednio do wielkości ciśnienia wytwarzanej pary należy dotrzymać wartości granicznych, podanych w „Wytycznych dla jakości wody” w rozdziale G1 (A3).

Dotrzymanie tych wartości wymaga przygotowania wody zasilającej. Stosowane w tym celu technologie są z reguły kombinacją chemicznych i termicznych metod uzdatniania wody. W instalacji zmiękczenia wody wiąże się i usuwa zawarte w wodzie surowej jony, wywołujące twardość (patrz też rozdział C.5.1 – Chemiczne uzdatnianie wody). Ponadto w wodzie rozpuszczone są gazy, które uwalniałyby się podczas podgrzewania wody w kotle, powodując nieuniknioną korozję zarówno samego kotła, jak i zasilanej przez niego instalacji parowej.

Dlatego woda uzupełniająca z instalacji zmiękczenia, wraz z powracającym z odbiorników pary kondensatem jest uzdatniana termicznie, czyli odgazowywana w instalacji odgazowującej (patrz również rozdział C.5.3 – Ciepłne uzdatnianie wody).

Aby mieć pewność dotrzymania wymaganej zawartości tlenu w wodzie zasilającej (maksymalnie 0,02 mg/l), dodaje się dodatkowo chemikalia wiążące pozostały jeszcze tlen. Stosowanie tylko chemikaliów do związania całego zawartego w wodzie tlenu byłoby w większości przypadków nieekonomiczne.

C.5 Przygotowanie wody

Wskazówka

Wymagania dla wody kotłowej i zasilającej zdefiniowane są w EN 12953 część 10, zasadach technicznych TRD 611 oraz w instrukcji projektowej Vies-smann „Jakość wody” (Rys. C.5-1 i Rys. C.5-2 oraz rozdział G1 A3).

Rys. C.5-1 Wymaganie dla zawierającej sole wody zasilającej

Dop. ciśnienie robocze	bar	0,5 ≤ PS ≤ 20	PS > 20
Wymagania ogólne		bezbarwna, klarowna, bez substancji rozpuszczonych	
Wartość pH przy 25°C		> 9	> 9
Przewodność przy 25°C	µS/cm	miarodajne są tylko wartości wskaźnikowe dla wody kotłowej	
Suma metali ziem alkalicznych (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)	mmol/l	< 0,01	< 0,01
Tlen (O ₂)	mg/l	0,05	< 0,02
Związany dwutlenek węgla (CO ₂)	mg/l	< 25	< 25
Żelazo całkowite (Fe)	mg/l	< 0,2	< 0,1
Miedź całkowita (Cu)	mg/l	< 0,05	< 0,01
Utlenialność (Mn VII → Mn II) jako KMnO ₄	mg/l	< 10	< 10
Oleje, tłuszcze	mg/l	< 1	< 1
Substancje organiczne	—	patrz „Uwaga”	

Uwaga
Substancje organiczne stanowią na ogół mieszaninę różnych związków. Skład takich mieszanin i właściwości poszczególnych składników takiej mieszaniny w warunkach ruchu kotła są trudno przewidywalne. Substancje organiczne mogą rozkładać się na dwutlenek węgla i inne kwaśne produkty, zwiększające

przewodność elektryczną wody i powodujące korozję i powstawanie osadów. Mogą również wywoływać spienianie i powstawanie powłok, co jest zjawiskiem niepożądanym. Dlatego wartość TOC (Całkowity Węgiel Organiczny) należy utrzymywać na możliwie niskim poziomie (<10 mg/l).

Wskazówka

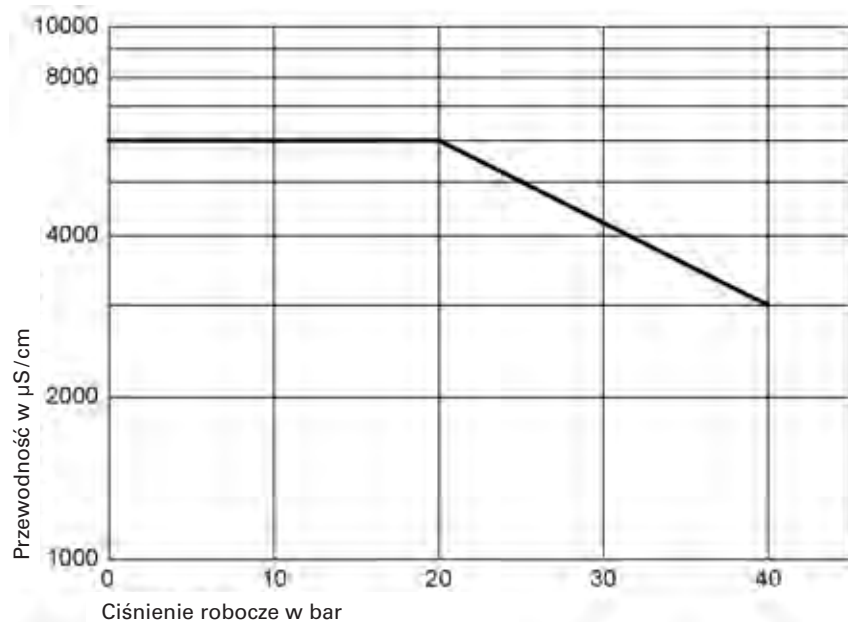
Przepisy TRD i norma EN 12953 wymagają eksploatacji kotłów parowych na „odpowiednio przygotowanej i kontrolowanej wodzie zasilającej i kotłowej.

Rys. C.5-2 Wymagania dla wody kotłowej

		Eksploatacja na wodzie zasolonej Przewodność wody zasilającej > 30 µS/cm		Eksploatacja na wodzie o niskiej zawartości soli Przewodność wody zasilającej ≤30 µS/cm
Dop. ciśnienie robocze	bar	0,5 ≤ PS ≤ 20	PS > 20	PS > 0,5
Wymagania ogólne		bezbarwna, klarowna, bez substancji rozpuszczonych		
Wartość pH przy 25°C		10,5 do 12	10,5 do 11,8	10 do 11 ¹⁾²
Kwasowość (KS8,2)	mmol/l	1 do 12 ³	1 do 10 ³	0,1 do 1,0 ¹⁾
Przewodność przy 25°C	µS/cm	< 6 000 ³	patrz Rys. C.5-3 ³	< 1 500
Fosforany (PO ₄)	mg/l	10 do 20	10 do 20	6 do 15
Krzemionka (SiO ₄) ⁴	mg/l	zależnie od ciśnienia, patrz Rys. C5.-4		

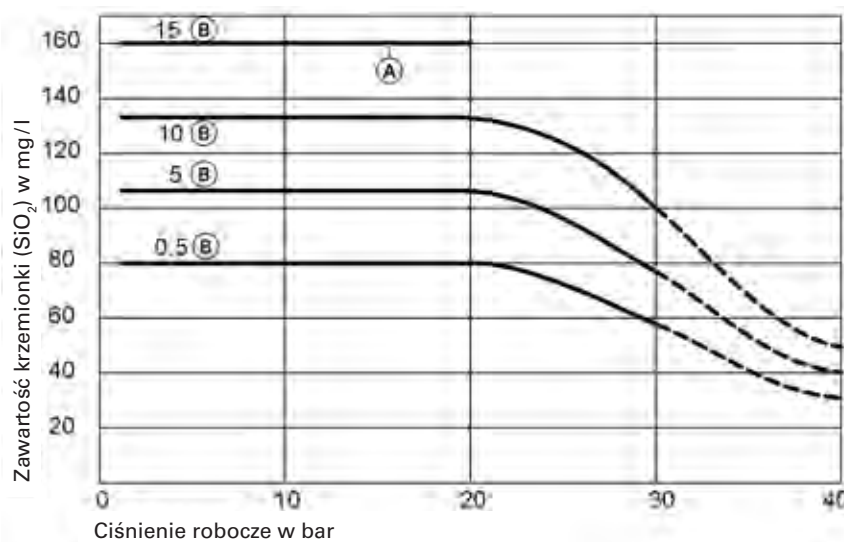
Wskazówki do rys. C.5-2:
Patrz instrukcja projektowania „Jakość wody”
Dodatek A3.

Rys. C.5-3 Maks. przewodność wody kotłowej



Maksymalnie dopuszczalna przewodność wody kotłowej w zależności od ciśnienia

Rys. C.5-4 Maks. zawartość krzemionki



- (A) Ten poziom alkaliczności jest niedopuszczalny > 20 bar
 (B) KS 8,2 –Wartość w mmol/l

Maksymalnie dopuszczalna zawartość krzemionki (SiO_2) w wodzie kotłowej, w zależności od ciśnienia.

C.5 Przygotowanie wody

C.5.1 Chemiczne uzdatnianie wody (CWA)

Zmiękczenie jonitowe

W wodzie znajdują się rozpuszczone sole wapna i magnezu. Twardość nadają wodzie jony wapniowe i magnezowe. Podczas ruchu kotła ich związki uległyby wytrąceniu jako „kamień kotłowy”, tworząc twarde osady na powierzchniach wymiany ciepła.

Osad ten utrudniałby przekazywanie ciepła spalin wodzie. Początkowo powodowałoby to tylko zwiększenie temperatury spalin i tym samym pogorszenie sprawności. Przy dalszym wzroście grubości osadu może dojść do zniszczenia powierzchni grzewczych wskutek braku chłodzenia.

Dlatego normy wymagają stosowania do kotłów pozbawionej twardości wody zasilającej.

Proces powstawania kamienia kotłowego CaCO_3 pod wpływem ciepła:



Do usuwania twardości stosuje się urządzenia z żywicami jonitowymi. Jonity (wymieniacze jonów) to żywice sztuczne w formie kulek, zawierające aktywne grupy jonów.

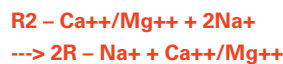
Jonity do zmiękczenia wody posiadają aktywną grupę jonów sodu. Przy przepływie wody twardej przez złożo jonitu następuje wymiana zawartych w wodzie jonów wapnia i magnezu na jony sodu z jonitu. W ten sposób woda zostaje pozbawiona szkodliwej dla kotła twardości.

Po wyczerpaniu się jonitu, tzn. wymianie wszystkich jonów sodu na jony wapnia i magnezu, regeneruje się złożo przepuszczając przez nie roztwór chlorku sodu (soli kamiennej). Obecne w nadmiarze jony sodu wypierają z jonitu jony wapnia i magnezu. Złożo jonitowe jest wtedy znowu gotowe do użycia. Proces ten daje się powtarzać w nieskończoność.

Ładowanie złoża:



Regeneracja złoża:



R = wymieniacze jonów

Różni się trzy rodzaje sterowania instalacją zmiękczenia:

- czasowe: pracuje wg zaprogramowanych czasów,
- ilościowe: pracuje, produkując zaprogramowane ilości wody,
- jakościowe: kontroluje stale jakość wody zasilającej.

Instalacje zmiękczenia budowane są jako pojedyncze i podwójne. Instalacje pojedyncze pracują nieciągłe, tzn. w fazie regeneracji złoża (przez kilka godzin) nie dostarczają wody zmiękczonej. Dla zapewnienia ciągłej pracy stosuje się dlatego instalacje podwójne.

W programie dostaw firmy Viessmann znajdują się takie podwójne agregaty zmiękczenia o różnej wydajności. Instalacja tworzy gotowy do użycia moduł, składający się z dwóch kolumn jonitowych, zbiornika roztworu regenerującego i sterownika, zmontowany kompletny system. (rys. C.5.1-1).

Ilość wody miękkiej, produkowanej między dwoma regeneracjami, ustawia się przy uruchomieniu na sterowniku, odpowiednio do wielkości agregatu zmiękczonego i twardości wody surowej.

Agregat zmiękczący pracuje automatycznie i wymaga tylko dopelniania solą kamienną. Ponieważ agregat posiada dwie kolumny jonitowe, jedna z nich jest zawsze gotowa do pracy. Druga jest w tym czasie regenerowana wzgl. może stanowić rezerwę.



Rys. C.5.1-1 CWA
Podwójny agregat zmiękczący firmy Viessmann

Dekarbonizacja:

Jeśli jony wapnia i magnezu ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) występują obok wodorowęglanu (HCO_3), określanego także jako wartość m lub alkaliczność, część jonów wapniowców ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), odpowiadającą udziałowi wodorowęglanów można usunąć przy pomocy słabo kwaśnego wymiennicza kationów. Uwalniający się przy tym dwutlenek węgla zostanie usunięty w odgazowywaczu. W ten sposób całkowita zawartość soli zostanie zmniejszona o wielkość twardości węglanowej (HCO_3).

Celem uzdatnienia jako wody zasilającej należy następnie usunąć pozostałą jeszcze twardość (twardość trwała) przez wymienniczą neutralną (silnie kwaśne jonity z jonami sodu).

C.5.2 Odwrócona osmoza.

W ostatnich latach do demineralizacji wody stosuje się coraz szerzej osmozę odwróconą. Jest to metoda fizyczna, odbywająca się bez chemikaliów, a przez to przyjazna środowisku. Uzysk wody zdemineralizowanej (permeatu) wynosi ok. 75% użytej wody (rys. C.5.2-1).

Osmoza odwrócona polega na przetłoczeniu wody surowej pod wysokim ciśnieniem przez półprzepuszczalną membranę. Pory tej membrany przepuszczają cząsteczki wody (dyfuzja), lecz zatrzymują po stronie wejściowej rozpuszczone sole, które zostają usunięte z instalacji.

Pamiętać należy, że użyta tu woda surowa nie może zawierać żadnych zanieczyszczeń stałych, a twardość należy uprzednio ustabilizować (przez dokładną filtrację i dozowanie chemikaliów). Zanieczyszczenia stałe zatkąłyby pory membrany, zmniejszając szybko wydajność instalacji.

Instalacje osmozy odwróconej powinny pracować możliwie w ruchu ciągłym, dlatego należy do nich zazwyczaj zbiornik buforowy permeatu.

Rys. C.5.2-1 Instalacja odwróconej osmozy



C.5 Przygotowanie wody

Rys. C.5.3.1-1 Obróbka termiczna



Instalacja termicznego odgazowania pełnego

Rys. C.5.3.1-1 Obróbka termiczna



Instalacja termicznego odgazowania pełnego

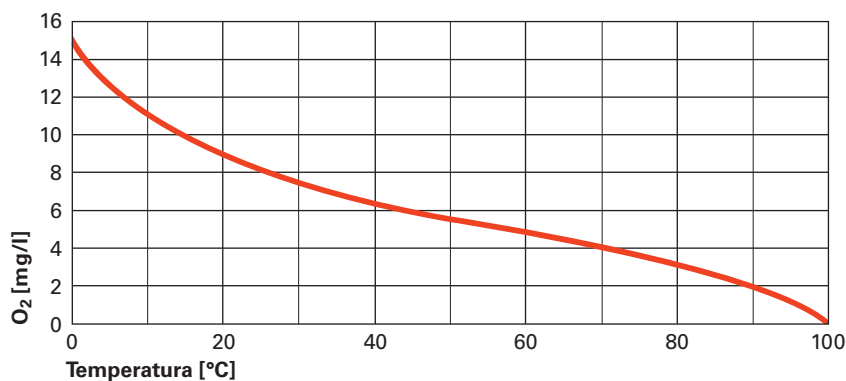
C.5.3 Obróbka termiczna wody

Woda nie jest w stanie rozpuścić w sobie każdej ilości gazów. Zdolność absorpcji gazów można obliczyć według prawa Henry'ego (angielskiego chemika, 1775-1836) w zależności od prężności par gazu i temperatury wody. Tak więc woda o temperaturze 25°C zawiera ok. 8 mg O_2 /kg.

Przy podgrzewaniu wody, zmniejsza się rozpuszczalność gazów w wodzie (patrz rys. C.5.3.1-3 i C.5.3.1-4). W przypadku skrajnym, gdy woda wyparowuje (sytuacja w kotle parowym), wydzielane są wszystkie rozpuszczone gazy. Gazy te często tworzą wtedy w inne związki. Wolny tlen może np. reagować chemicznie z metalowymi elementami kotła. W kotłach parowych reakcje takie prowadzą do korozji wżerowej. Zwłaszcza w rejonie doprowadzania wody zasilającej może szybko dojść do punktowych ubytków.

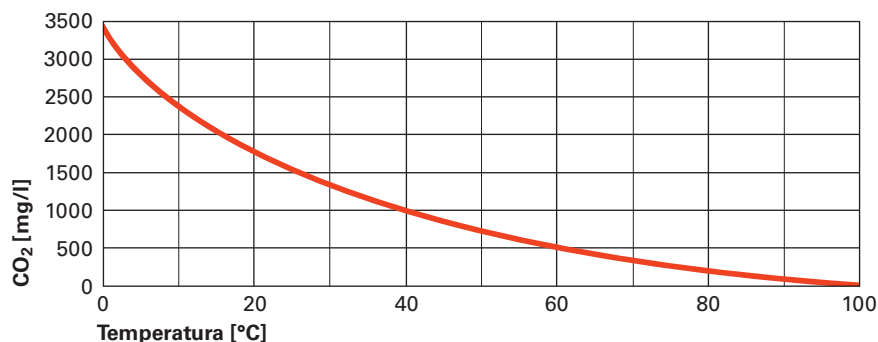
Dlatego bardzo ważnym jest pozbowanie wody zasilającej rozpuszczonych gazów. Sprawdzonym sposobem jest tu odgazowanie termiczne wody zasilającej.

Rys. C.5.3.1-3 Rozpuszczalność tlenu w wodzie



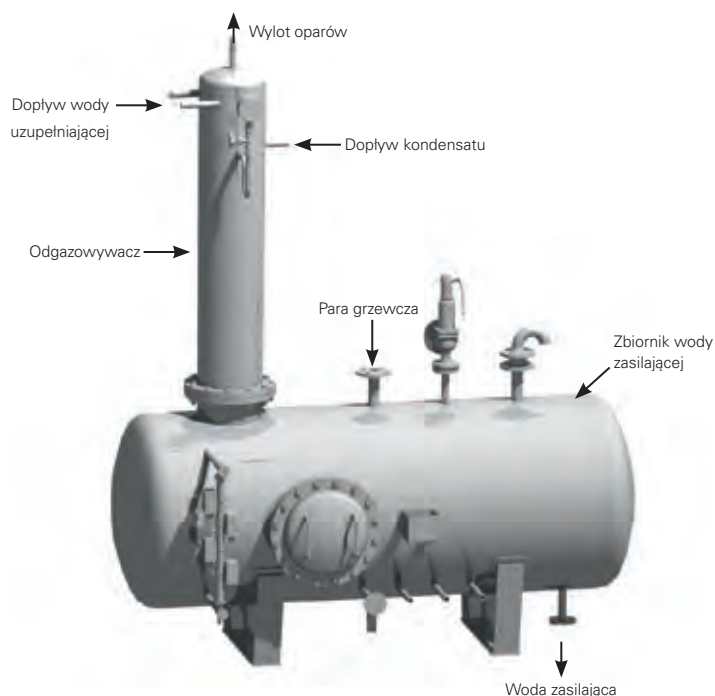
Rozpuszczalność tlenu w czystej wodzie pod ciśnieniem 1 bar, w zależności od temperatury

Abb. C.5.3.1-4 Rozpuszczalność dwutlenku węgla



Rozpuszczalność dwutlenku węgla w czystej wodzie pod ciśnieniem 1 bar, w zależności od temperatury

Rys. C.5.3.1-1 Instalacja odgazowania pełnego



Źródło: Powerline

C.5.3.1 Odgazowanie pełne

Termiczne odgazowanie pełne jest najbardziej efektywną metodą usunięcia gazów, rozpuszczonych w wodzie zasilającej. W odgazowywaczu (Rys. C.5.3.1-1) woda pozbawiana jest prawie wszystkich gazów przez podgrzanie wody zasilającej do temperatury bliskiej wrzenia. Równocześnie z odgazowaniem doprowadzana jest para, utrzymująca temperaturę wody 105°C, co zapobiega ponownej absorpcji gazów.

Pamiętać należy, że oprócz wody uzupełniającej strumień wody zasilającej kocioł, doprowadzany jest także kondensat, który również trzeba poddać odgazowaniu.

Odgazowanie pełne sprawdziło się jako najlepsze rozwiązanie w większości zastosowań. Terminem odgazowanie pełne określa się odgazowanie, przebiegające pod niewielkim nadciśnieniem (ok. 0,1 do 0,3 bar (odgazowanie niskociśnieniowe)).

Pojęcie „niskociśnieniowe” opisuje więc proces, przebiegający pod ciśnieniem nieznacznie przekraczającym ciśnienie otoczenia. W ten sposób wyklucza się możliwość kontaktu wody zasilającej z powietrzem atmosferycznym i ponownej absorpcji gazów.

Instalacja odgazowania pełnego składa się z odgazowywacza i zbiornika wody zasilającej. Odgazowywacz ustawiony jest w formie kolumny, bezpośrednio na zbiorniku wody zasilającej (Rys. C.5.3.2-2).

Zależnie od wymagań stawianych wodzie zasilającej, można użyć różnych rodzajów odgazowywaczy termicznych.

Zalecenia dla jakości wody kotłowej podano na rys. C.5-1 i C.5-2 (rozdział C 5). Dotrzymanie podanych tam wartości granicznych jest warunkiem niezawodnej i ekonomicznej eksploatacji kotła.

W kotłach płomienicowo-płomieniówkowych zaleca się stosować wodę zasilającą o zawartości tlenu 0,02 – 0,05 mg/l, zależnie od ciśnienia w kotle.

C.5.3.2 Odgazowanie częściowe

Odgazowaniem częściowym nazywa się proces prowadzony w warunkach ciśnienia atmosferycznego. Odgazowywacze częściowe połączone są stale z atmosferą przez przewód odpowietrzający. Odgazowywacz częściowy jest najprostszą formą termicznego uzdatniania wody zasilającej.

Odgazowywacz częściowy (Rys. C.5.3.2-1) posiada wbudowane przegrody rozprowadzające i ociekowe dla doprowadzanej wody zasilającej i kondensatu. Para do podgrzewania wody doprowadzana jest rurą barbotażo-

wą, umieszczoną centralnie w dolnej części zbiornika. Doprowadzenie pary sterowane jest w najprostszym przypadku przez mechaniczny regulator temperatury, ustawiony na ponad 90°C. Zasilanie wodą uzupełniającą sterowane jest przez elektryczny regulator poziomu.

Odgazowywacze częściowe stosowane są w pierwszym rzędzie w instalacjach kotłowych o małej mocy i niskich ciśnieniach. Ceną ich stosowania jest nieco wyższe zapotrzebowanie środków chemicznych do wiązania resztek tlenu (patrz rozdział C 5.1– Chemiczne uzdatnianie wody).

Rys. C.5.3.2-1 Odgazowywacz częściowy



Rys. C.5.3.2-2 Odgazowywacz częściowy



Najbardziej rozpowszechnionym typem konstrukcyjnym odgazowywaczy jest **odgazowywacz ociekowy**.

W odgazowywaczu ociekowym doprowadzony kondensat i dodawana woda uzupełniająca rozprowadzane są na tzw. tacach i ściekając z nich (stąd określenie „odgazowywacz ociekowy”) mieszają się stopniowo z parą grzewczą. Nagrzewanie się wody i wydzielanie gazów przebiega również stopniowo.

Szczególnie efektywna okazała się wersja takiego odgazowywacza ociekowego z dodatkowym stopniem wernikowym (odgazowywacz dwustopniowy). Celem eliminacji korozji odgazowywacze buduje się dzisiaj w całości ze stali szlachetnej.

Zbiornik wody zasilającej służy do magazynowania potrzebnego zapasu wody zasilającej. Połączony jest z odgazowywaczem przez tzw. króciec szyjkowy.

Para do podgrzewu zbiornika wody zasilającej wprowadzana jest i rozprowadzana w wodzie przez rurę barbotażową. Zapewnia to utrzymanie temperatury 102°C. Rura barbotażowa umieszczona jest centralnie w dolnej części zbiornika. Przy odgazowywaczu jedno-stopniowym rura barbotażowa dobierana jest dla całego zapotrzebowania pary grzewczej.

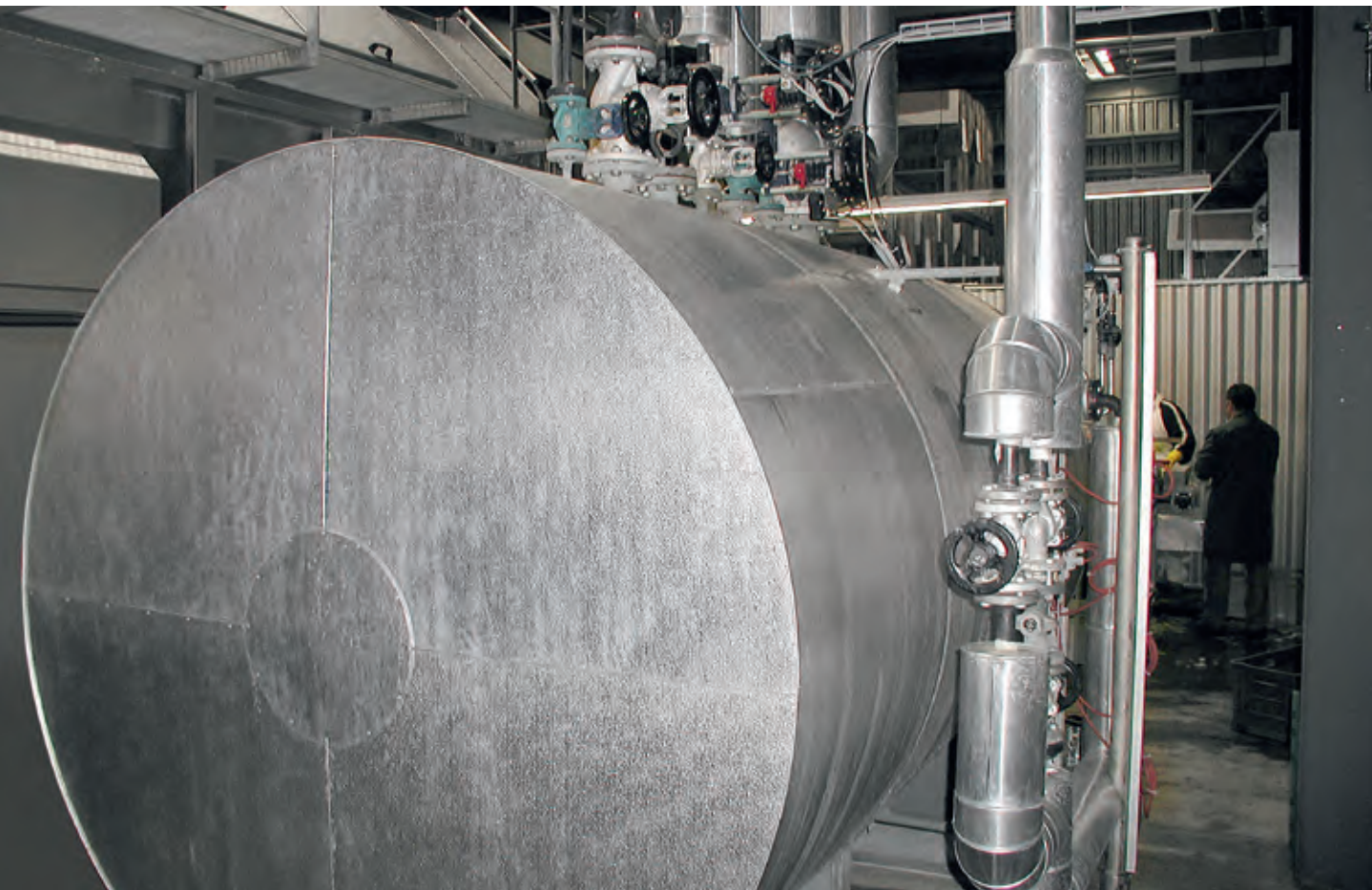
Rys. C.5.3.2-3 Instalacja uzdatnia termicznego z pompami zasilającymi



Zbiornik wody zasilającej z umieszczonym na nim odgazowywaczem ociekowym

W odgazowywaczach dwustopniowych rura barbotażowa służy tylko do utrzymania temperatury zapasu wody zasilającej. W obu wariantach odgazowywaczy niemożliwe jest lokalne schłodzenie się wody zasilającej i związane z tym wtórne rozpuszczanie gazów.

Zbiornik wody zasilającej (rys. C.5.3.2-3) wyposażony jest w armaturę do regulacji dopływu pary grzewczej, poziomu wody, armaturę bezpieczeństwa oraz urządzenia wskazujące dla obsługi i kontroli.



Gospodarka kondensatem i obróbka kondensatu

Zależnie od procesów technologicznych, w których stosowana jest para, może ona być bezpośrednio składnikiem produktu lub procesu. W takich wypadkach powrót kondensatu nie następuje.

W większości zastosowań para oddaje jednak swoje ciepło powierzchni grzewczej i ulega przy tym skropleniu. Kondensat zawracany jest do instalacji kotłowej do dalszego wykorzystania. Pod względem technologicznym rozróżnia się dwa sposoby zawracania kondensatu.

Z technologicznego punktu widzenia rozróżnia się dwa sposoby zawracania kondensatu.

- C 6.1 Instalacje otwarte
- C 6.2 Instalacje zamknięte

C.6.1 Kondensat niskociśnieniowy

W 90% wszystkich instalacji kotłów parowych kondensat zawracany jest do obiegu poprzez otwarty zbiornik kondensatu. W temperaturze roboczej ponad 100°C wyparowuje przy tym od 5 do 10% wagowych kondensatu – zależnie od wartości ciśnienia.

Obok strat energii powoduje to również ubytek wody, który trzeba uzupełniać przez doprowadzenie odpowiednio uzdatnionej wody uzupełniającej. Oprócz tych strat, w otwartych instalacjach kondensatu absorbowany jest również tlen z atmosfery, który następnie może wywoływać korozję tlenową w instalacji kondensatu.



Rys. C.6.1-1 Zbiornik kondensatu

C.6.2 Kondensat wysokociśnieniowy

W wysokociśnieniowych instalacjach kondensatu (ok. 10% instalacji kotłów parowych) jest on odprowadzany w systemie zamkniętym. W tych warunkach nie występują żadne straty wskutek odparowania. Równocześnie niemożliwe jest przenikanie tlenu do systemu odprowadzania kondensatu.

Instalacje tego typu mają sens, jeśli pracują z nadciśnieniem co najmniej 5 bar i strumień powracającego kondensatu jest stale wysoki. Uwzględnić należy, że wszystkie rurociągi, armatura, pompa i zbiorniki kondensatu muszą być zaprojektowane na to ciśnienie. Zbiorniki takie (np. zbiornik kondensatu (rys. C.6.2-1), zbiornik wody zasilającej) są wtedy naczyniami ciśnieniowymi wg dyrektywy „Urządzenia ciśnieniowe” i podlegają w związku z tym Dozorowi Technicznemu.

Przy projektowaniu nowych instalacji, a także przy ocenie energetycznej instalacji istniejących należy zdecydować, jaki system odprowadzania kondensatu będzie zastosowany. Optymalna gospodarka kondensatem, a także wykorzystanie odparowania wtórnego umożliwia znaczną redukcję kosztów eksploatacji.

Rys. C.6.2-1 Zbiorniki



Zbiornik kondensatu

C.6 Gospodarka kondensatem i obróbka kondensatu

C.6.3 Obróbka kondensatu

Kondensat może zawierać zanieczyszczenia substancjami, pochodzącymi z procesu technologicznego lub z produktów korozji instalacji. Ponieważ kondensat używany jest ponownie jako woda zasilająca, musi on spełnić wymagania, stawiane jakości wody zasilającej.

Typowymi zanieczyszczeniami kondensatu mogą być:

- zanieczyszczenia mechaniczne (produkty korozji)
- twarda woda (przecieki wody pitnej lub wody technologicznej w wymiennikach)
- kwasy i zasady (niezamierzone zmieszanie przy podgrzewaniu parą kąpeli kwasowych lub ługowych)
- oleje i tłuszcze (w przemyśle spożywczym w podgrzewaczach oleju).

Zależnie od rodzaju zanieczyszczenia stosuje się odpowiednie technologie uzdatniania np. filtrację, odolejanie, zmiękczenie, demineralizację. Przy projektowaniu instalacji należy uwzględnić, że dla ruchu kotła bez stałego nadzoru przepisy wymagają zastosowania automatycznych urządzeń analizujących do kontroli czystości kondensatu (patrz rozdział D.4.5).

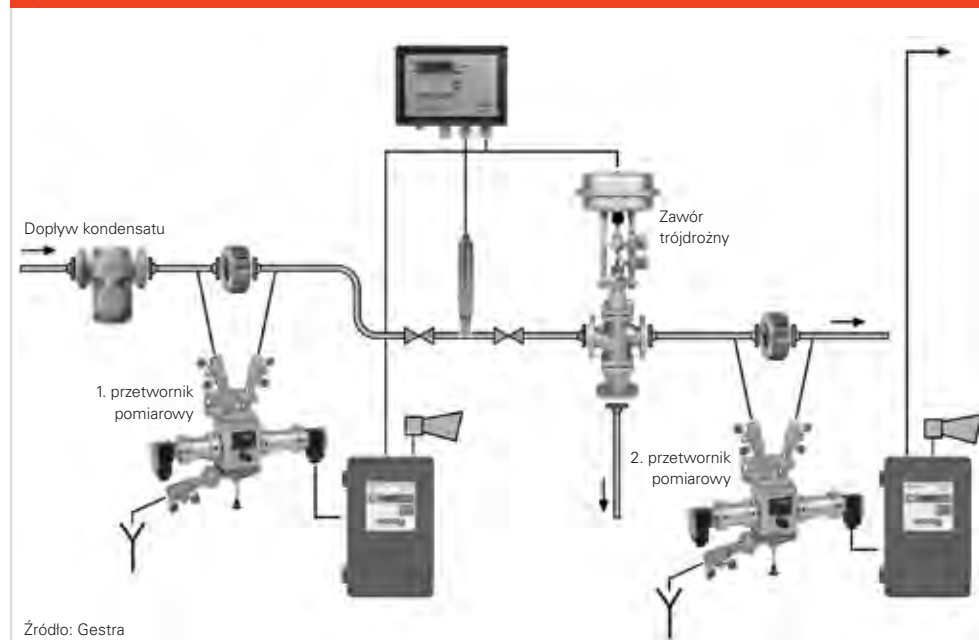
W razie stwierdzenia zanieczyszczeń kondensatu, należy kondensat taki usunąć z obiegu woda-para. Punkty poboru próbek muszą być zlokalizowane zawsze na dopływie kondensatu,

przed zbiornikiem kondensatu, by zanieczyszczony kondensat nie mógł dostać się do zbiornika. Zanieczyszczony kondensat usuwa się z obiegu przez zawory trójdrożne.

W przypadku zanieczyszczeń rozróżnia się produkty zwiększające przewodność, jak kwasy, ługi, woda surowa itp. oraz inne zanieczyszczenia, jak oleje, tłuszcze, serwatka itp. Kontrolę na zanieczyszczenia podwyższające przewodność prowadzi się przy pomocy systemów do pomiaru przewodności. W przypadku zanieczyszczeń olejami, tłuszczami itp. kontrole prowadzi się przy pomocy fotooptycznych systemów pomiarowych, tzw. sygnalizatorów zaolejenia i zmętnienia. Obydwa systemy pomiarowe są dzisiaj dostępne w wykonaniach z dopuszczeniem wg przepisów WÜ 100.

Przy ruchu kotłów bez stałego 72 h nadzoru (BosB 72h) system kontroli kondensatu na zaolejenie musi być zdublowany. W takim wypadku instaluje się drugi przetwornik pomiarowy za zaworem trójdrożnym – dzięki temu kontroluje się również działania samego zaworu trójdrożnego. Uwaga: przy zareagowaniu drugiego urządzenia kontrolującego winna nastąpić wyłączenie palnika i pomp, aby nie skażać zanieczyszczoną wodą dalszych zbiorników i samego kotła. Zawór trójdrożny winien być najlepiej zaworem pneumatycznym. Zawory pneumatyczne w stanie zakłócenia (np. uszkodzenie membrany) przestawiają się samoczynnie do stanu bezpiecznego.

Rys. C.6.3–1 Kontrola kondensatu



C.6.4 Chłodnica próbek

Uzdatnioną chemicznie i termicznie wodę zasilającą bada się przez pobranie próbek i następnie ew. skorygowanie przez dozowanie chemikaliów.

Przy 24-godzinnyim ruchu kotłów bez stałego nadzoru wodę (BosB 24h) zasilającą należy analizować raz dziennie, a przy 72 h trybie pracy (BosB 72h) co 3 dni.

Chłodnica próbek (Rys. C.6.4-1) schładza i rozpręża pobieraną wodę zasilającą (kotłową), umożliwiając bezpieczne przeprowadzenie analiz próbek wody. Jest to metoda dawno sprawdzona w praktyce. Przy posługiwaniu się nią można jednak popełnić błędy. Dlatego Viesmann opracował koncepcję techniki analitycznej, eliminującą w znacznym stopniu potencjalne możliwości szkód związanych z ze składem chemicznym wody.

Ta technika analityczna dla wody zasilającej umożliwia ponadto bardziej ekonomiczne prowadzenie ruchu kotłowni parowych.

Zależnie od wymagań danej instalacji zakres aparatury analitycznej, montowanej na specjalnym stojaku, można poszerzać lub redukować.

Rys. C.6.4-1 Chłodnica próbek

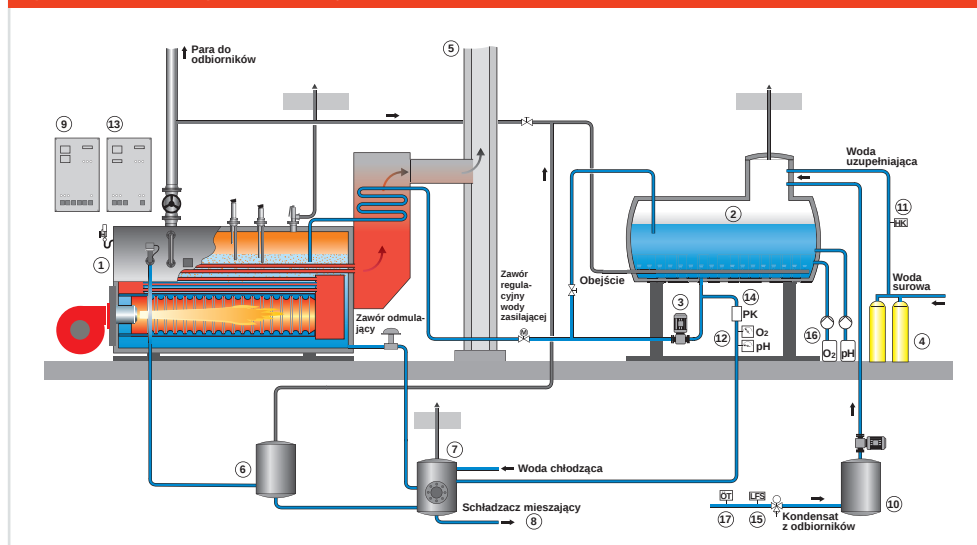


Rys. C.6.4-2 Aparatura do analizy wody



C.6 Gospodarka kondensatem i obróbka kondensatu

Rys. C.6.4-4 Wariant wykonania instalacji



- | | |
|--|---|
| 1. Kocioł parowy z palnikiem | 10. Zbiornik kondensatu |
| 2. Termiczne uzdatnianie wody | 11. Pomiar twardości |
| 3. Pompa zasilająca | 12. Pomiar O ₂ - i pH |
| 4. Instalacja zmiękczenia wody | 13. Nadrzędna szafa sterownicza ze sterownikiem PLC do wymiany danych |
| 5. Komin | 14. Chłodnica próbek do przeprowadzania analiz |
| 6. Rozprężacz odsolin | 15. Pomiar przewodności |
| 7. Schładzacz mieszający | 16. Dozowanie chemikaliów korygujących |
| 8. Zbiornik schładzający lub odpływ do kanalizacji | 17. Pomiar zmętnienia od olejów |
| 9. Szafa sterownicza kotła | |

C.6.5 Dozowanie chemikaliów korygujących

Celem utrzymania alkaliczności wody zasilającej, usunięcia twardości resztkowej i związania pozostałego jeszcze tlenu, do wody zasilającej, zmiękczonej w wymienniaczu jonów lub metodą osmozy odwróconej, dodaje się substancje chemiczne korygujące jej właściwości.

W tym celu specjalistyczne firmy oferują szeregi produktów. Sposób ich stosowania należy zawsze uzgadniać z producentem chemikaliów.

Viessmann dostarcza kompletne stacje dozujące, zazwyczaj połączone z instalacjami termicznego uzdatniania wody.

Rys. C.6.5-1 Stacja dozująca





Pompy

Pompy wody zasilającej kocioł, dostarczają wodę odpowiednio do wymaganej wydajności pary.

Rozróżnia się ciągłą i nieciągłą regulację poziomu wody w kotle. Wielkością regulowaną jest przy tym stan wody w kotle parowym.

C.7.1 Pompy wody zasilającej i ich regulacja

Urządzenia zasilające (z reguły $2 \times 100\%$ pompy) muszą zapewnić pokrycie „ubytków” wody w wyniku poboru pary oraz odsalania i odmulan. Przepisy TRD 401, 402 i 802 ustalają podwyższone wymagania odnośnie ich doboru (wysokości podnoszenia i wydajności) oraz dyspozycyjności.

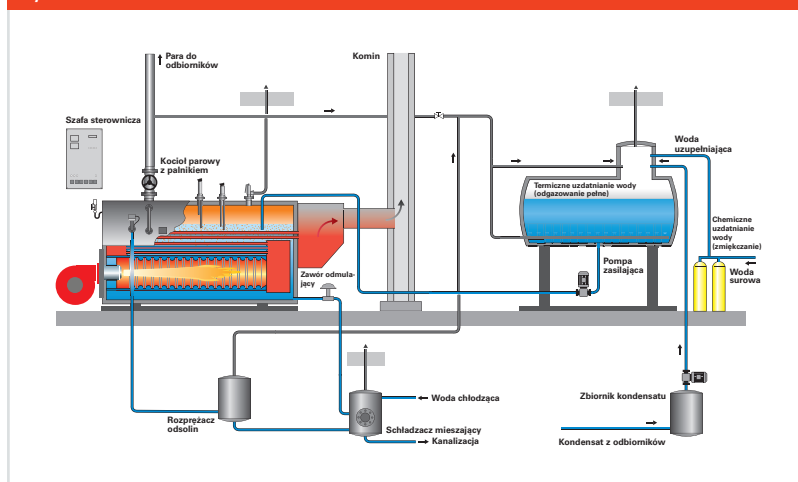
C.7.1.1 Nieciągła regulacja poziomu wody w kotle

Poziom wody w kotle jest regulowany między dwoma nastawnymi punktami przełączania „pompa ZAŁ” i „pompa WYŁ”. Nastawianie załączaniem i wyłączaniem pompy realizowane jest przez zespół elektrod poziomu wody w kotle. Sposób ten można traktować jako najprostszy wariant dla kotłów parowych bez podgrzewacza wody, o wydajności pary do 3 t/h, które pracują z małą dynamiką poboru pary. Przy wydajnościach pary powyżej 3 t/h lub przy zastosowaniu podgrzewacza wody (ekonomizera) wariantu tego nie zaleca się. W takim układzie należy stosować ciągłą regulację poziomu wody.

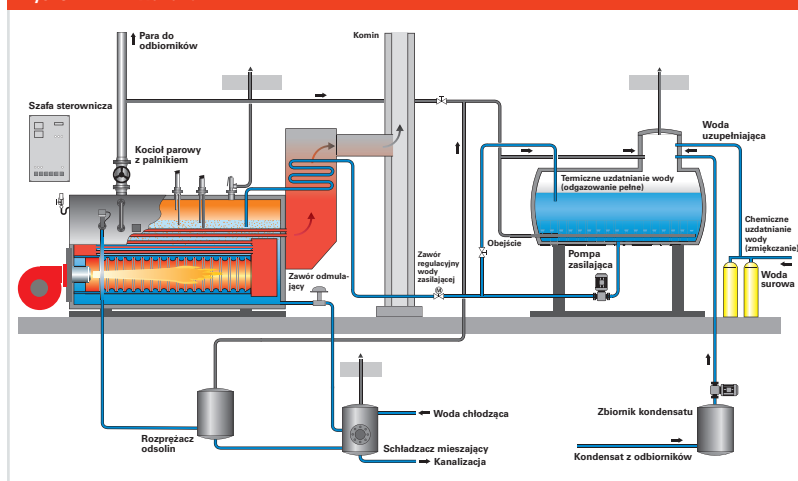
C.7.1.2 Ciągła regulacja poziomu wody przez zawór regulacyjny wody zasilającej z opcjonalnym obejściem

Celem tej regulacji jest utrzymanie możliwie stałego poziomu wody w kotle na ustalonej wartości zadanej. Wartość rzeczywistą mierzoną ciągle przez sondę pomiarową poziomu regulator porównuje stale z wartością zadaną. Przy wahaniach obciążenia otwieranie lub zamykanie zaworu kontrolującego podawanie wody zasilającej reguluje poziom wody do wymaganej wartości. Dławiony przewód przepływu minimalnego odprowadza określoną ilość wody zasilającej z powrotem do zbiornika wody zasilającej. Przewód obejściowy służy w ten sposób do ochrony pompy zasilającej, zapewniając wymagany przepływ minimalny przez pompę.

Rys. C.7.1.1–1 Wariant 1



Rys. C.7.1.2–1 Wariant 2



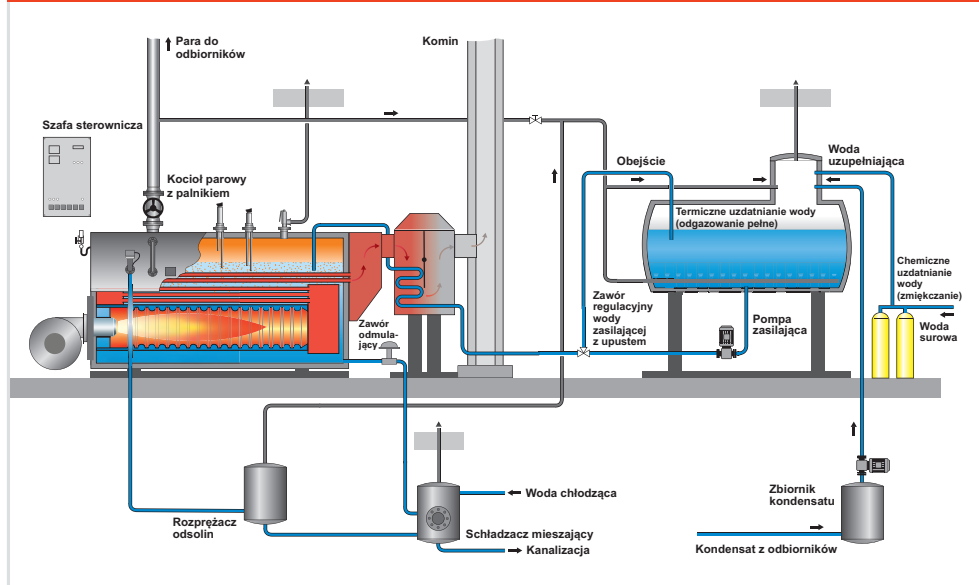
C.7 Pompy

C.7.1.3 Ciągła regulacja poziomu wody przez zawór regulacyjny wody zasilającej z przelewem

Jest to alternatywa wariantu II, w której funkcje obu zaworów (zawór regulacyjny wody zasilającej i zawór na obejściu) przejmuje jeden zawór.

Z chwilą, gdy główny strumień wody zasilającej zmniejszy się poniżej określonej wartości, zawór przelewowy (na obejściu) otwiera się na tyle, aby zapewnić wymagany minimalny przepływ wody przez pompę zasilającą.

Rys. C.7.1.3-3 Wariant 3



Rys. C.7.1.2-2 Zawór regulacyjny z upustem



Źródło: RTK

C.7.1.4 Ciągła regulacja poziomu przez regulację prędkości obrotowej pompy wody zasilającej

Celem tej regulacji jest utrzymanie możliwie stałego poziomu wody w kotle na ustalonej wartości zadanej. Przy wahaniach obciążenia kotła wydajność pompy zasilającej zostaje dopasowana do wielkości koniecznej do utrzymania zadanego poziomu przez bezstopniową zmianę prędkości obrotowej pompy (przez zabudowaną na pompie przetwornicę częstotliwości). Ten sposób regulacji optymalizuje równocześnie zużycie energii elektrycznej przez pompę. Ponadto zbędna staje się armatura regulacyjna przed kotłem.

Uwaga: Zakres regulacji pompy zasilającej musi być, co najmniej równie szeroki, jak zakres regulacji zespołu kocioł-palnik.

C.7.1.5 Szybkie obwody regulacji (regulacja trójpółosiowa)

W szybkich obwodach regulacji, w których regulacja poziomu wody jest zbyt wolna, można sterować zawór regulacyjny sygnałami z odbiorników pary, aby szybciej dopasowywać wymaganą ilość wody zasilającej do szybko zmieniającego się zapotrzebowania pary.

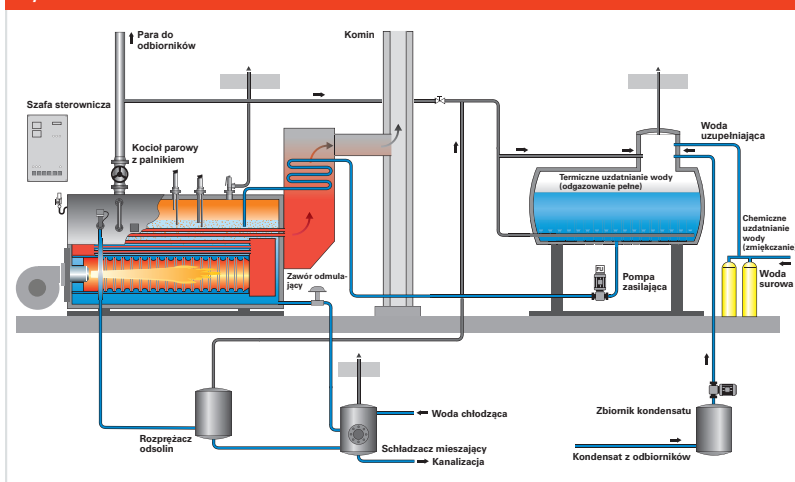
Celem szybkiego reagowania na zmiany obciążenia można również zastosować bilansowanie mas dla całego kotła parowego. W tym wypadku mierzy się i bilansuje przepływy masowe tak po stronie wody, jak i pary i podaje odpowiedni sygnał sterujący na zawór regulacyjny. W takim wypadku wielkością wiodącą jest ilość pary.

C.7.2 Pompy kondensatu

Pompy kondensatu (z reguły $2 \times 100\%$) muszą zgodnie z zapotrzebowaniem przetłaczać (nieciągłe i/lub ciągłe, odpowiednio do zapotrzebowania przez system kotła parowego) kondensat powracający z odbiorników i powstający w samej instalacji kotła parowego.

Wymagane wysokości podnoszenia zależą od przeciwcisnienia w zbiorniku kondensatu, oporów przepływu przewodów tłocznych i gęstości (zależnej od temperatury) kondensatu.

Rys. C.7.1.4-4 Wariant 4



Wskazówka

Zastosowanie pompy z regulacją prędkości obrotowej jest sensowne wtedy, gdy zakres regulacji pompy $\geq 1:4$ i jest co najmniej równieszeroki, jak zakres regulacji zespołu kocioł-palnik.

Dalszymi zaletami stosowania pomp z regulacją obrotów (pompa z przetwornicą częstotliwości) są:

- łagodny rozruch, brak uderzeń ciśnienia przy załączaniu i wyłączaniu pompy zasilającej
- NPSH (Antykawitacyjna nadwyżka wysokości ciśnienia pompy) Wartość NPSH pompy wirowej zmniejsza się przy mniejszych obrotach. Dzięki temu zmniejsza się ryzyko wystąpienia kawitacji.

$$\Delta H = \frac{\Delta p}{\rho \times g}$$

Δp : bar

ρ : kg/m³

g : 9,81 m/s²



Aparaty termiczne (systemowe)

Aparaty termiczne są niezbędne do prawidłowego działania kotłowni parowej.

Opisane tu urządzenia są niezbędnymi elementami wyposażenia kotłowni parowej. Zależnie od koncepcji instalacji mogą ewentualnie być konieczne jeszcze inne urządzenia, nie opisane tutaj.

C.8.1 Schładzacz mieszający

Schładzacz mieszający służy do zbierania wszystkich gorących i pozostających pod ciśnieniem ścieków z instalacji kotłowej.

W schładzaczu mieszającym ścieki te zostają rozprężone do ciśnienia atmosferycznego. Odpowietrzenie schładzacza mieszającego wyprowadzone jest do atmosfery. Przez zmieszanie z wodą chłodzącą pochodzącą z sieci wodociągowej ścieki zostają schłodzone do temperatury 30-35°C, umożliwiającą ich odprowadzenie do kanalizacji.

Rys. C.8.1-1 Schładzacz mieszający



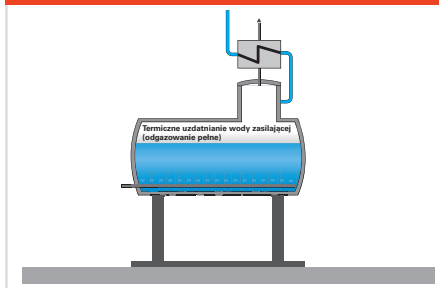
C.8.3 Skraplacz oparów

Skraplacz oparów (z reguły w postaci płytowego wymiennika ciepła para/woda) skrapla opary (para niskociśnieniowa) ulatniające się z odgazowywacza instalacji uzdatniania termicznego.

Opary oddają ciepło kondensacji przepływającej przez wymiennik wodzie zasilającej i/lub kondensatowi.

O celowości zastosowania skraplacza oparów rozstrzygać winien rachunek ekonomiczny.

Rys. C.8.3-1 Skraplacz oparów



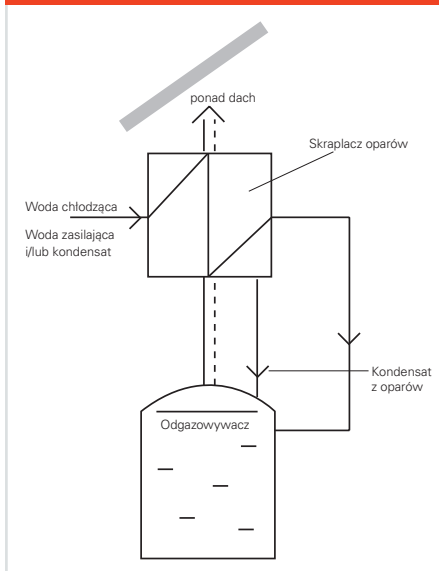
C.8.2 Rozprężacz i chłodnica odsolin

Rozprężacz odsolin służy do gromadzenia odsolin pod ciśnieniem 0,5 bar. Para z rozprężenia wykorzystywana jest w instalacji uzdatniania termicznego jako para grzewcza. Pozostałe płynne odsoliny przed wyprowadzeniem ich do schładzacza mieszającego zostają schłodzone w chłodnicy odsolin, podgrzewając wodę zmiękczoną.

Rys. C.8.2-1 Rozprężacz odsolin z chłodnicą

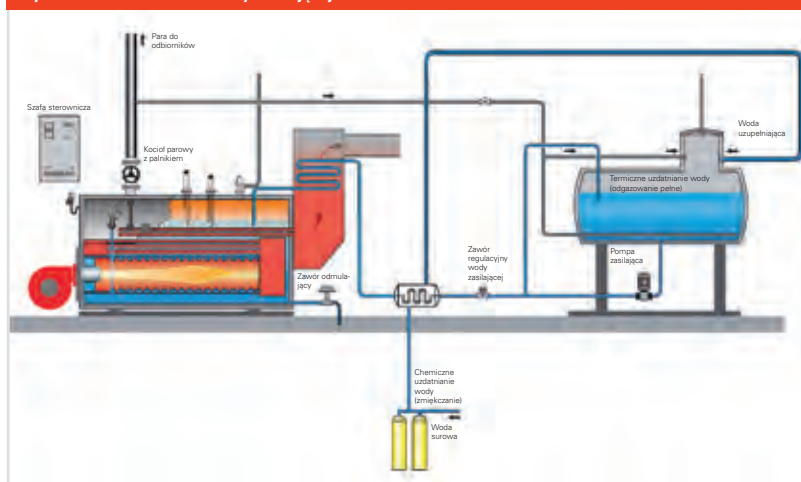


Rys. C.8.3-2 Schemat skraplacza oparów



C.8 Aparaty termiczne

Rys. C.8.4-1 Chłodnica wody zasilającej



C.8.4 Chłodnica wody zasilającej

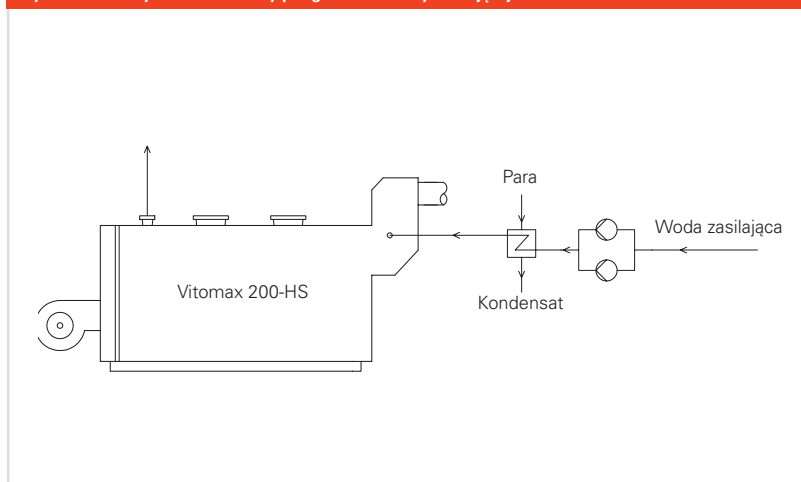
Chłodnica wody zasilającej kocioł (z reguły w postaci płytowego wymiennika ciepła woda/woda) służy do obniżenia temperatury wody (z reguły do $\leq 100^{\circ}\text{C}$) przed wejściem do podgrzewacza wody (ekonomizera).

Obniżenie temperatury wody zasilającej na wlocie do ekonomizera pozwala na dodatkowe przejście ciepła utajonego kondensacji ze spalin, podwyższając sprawność instalacji kotłowej.

Jako „wodę chłodzącą” najlepiej stosować tu wodę uzupełniającą (wodę zmiękczoną) z instalacji chemicznego uzdatniania wody, pobieraną przed wlotem do zbiornika wody zasilającej.

O celowości stosowania chłodnicy wody zasilającej winien decydować rachunek ekonomiczny.

Rys. C.8.5-1 Wysokociśnieniowy podgrzewacz wody zasilającej



C.8.5 Podgrzewacz wody zasilającej

Przy stosowaniu podgrzewacza wody zasilającej (ekonomizera) w połączeniu z kotłem opalany olejem ciężkim, mazutem, lub podobnym paliwem nie wolno dopuścić do obniżenia temperatury w kotle lub ekonomizerze poniżej punktu rosy. Aby temu zapobiec w każdych warunkach pracy kotła podnosi się temperaturę wody zasilającej przed wejściem do podgrzewacza wody do 130°C . Do podgrzewania służy na przykład specjalna węzownica grzewcza w kotle lub rurowy wymiennik ciepła para/woda. Sposób podgrzewania należy wybrać dla danej instalacji indywidualnie.

W ten sposób przedłuża się trwałość eksploatacyjną podgrzewacza wody, jednak kosztem obniżenia sprawności.

Rys. C.8.5-2 Kotłownia parowa



Pfizer Animal Health
Louvain-La-Neuve, Belgium
2 × 3,2 t/h



Rurociągi

Wszystkie rurociągi do przesyłania poszczególnych mediów, osprzęt, rozdzielacze pary i przewody odwadniające należy traktować również jako elementy składowe kotłowni parowej.

Zasadniczo rurociągi zawierają rury główne $\geq$ DN 25 (patrz rozdział D 8) dla następujących mediów:

- pary i kondensatu
- oparów i pary odlotowej
- wody zasilającej i surowej
- ścieków
- oleju opałowego i gazu
- spalin

Rys. C.9-1 Główny przewód pary



Rys. C.9.1-2 Rozdzielacz pary





Ahlstrom Malmedy, Belgia
14 t/h; 13 bar

Instalacja odprowadzania spalin

Instalacje odprowadzania spalin służą do kontrolowanego odprowadzenia spalin z kotła. W skład instalacji odprowadzania spalin zalicza się oprócz kominu wszystkie przewody połączeniowe pomiędzy kotłem parowym a kominem, jak i niezbędne wyposażenie tej instalacji, takie jak tłumiki szumów przepływu i klapy odcinające.

Niezbędna dla eksploatacji kotłowni instalacja odprowadzania spalin składa się przede wszystkim z:

- Przewodu odprowadzania spalin z koniecznym ew. wyposażeniem (klapa spalin, kompensator i ew. tłumik szumów przepływu)
- Urządzeń do pomiaru emisji z ew. koniecznym pomostem obsługowym, króćcami pomiarowymi i kalibracyjnymi
- Otworów wyczystkowych i włączowych
- Komin z ew. urządzeniem neutralizującym wykraplający się ze spalin kondensat.

W Niemczech istotnymi danymi wyjściowymi do projektowania i wykonania są oczekiwana łączna moc paleniskowa kotłowni łącznie z wymaganymi warunki określonymi w Instrukcji Technicznej Utrzymania Czystości Powietrza (TA-Luft) i/lub w rozporządzeniu BImSchV względnie innych obowiązujących przepisach krajowych.

Punkt pomiaru emisji najlepiej przewidzieć w kominie, z zachowaniem ew. koniecznych prostych odcinków przed i za nim. Możliwe jest również przygotowanie punktu pomiaru w prostym odcinku przewodu spalin.

Rys. C.10-2 Tłumiki szumów przepływu spalin kotłowni parowej



Tłumiki szumów przepływu
spalin kotłowni parowej
(2 × 18 t/h, 20 bar)

Rys. C.10-1 Instalacja odprowadzania spalin (Dingolfing)



Wskazówka

Konieczny zakres instalowanych urządzeń do pomiaru emisji jest ustalany wiążąco przez organ wydający zezwolenia.

Należy założyć, że może być konieczny pomiar:

- NO_x
- SO_2
- CO

zawartości pyłów
i/lub sadzy.



Potrzeby własne kotłowni

Poniżej zostanie przedstawione zapotrzebowanie energii na potrzeby własne kotłowni.

Para, energia elektryczna i ciepła, paliwa i w pewnej ilości chemikalia do uzdatniania wody zużywane są w kotłowni przez odbiorniki, które obsługują wytwarzanie pary.

C.11.1 Zapotrzebowanie energii elektrycznej

Do urządzeń, które zużywają energię elektryczną dla potrzeb własnych wytwarzania pary należą:

- wentylator powietrza do spalania;
- ew. istniejący wentylator recyrkulacji spalin;
- pompy wody zasilającej kocioł;
- pompy kondensatu;
- pompy oleju opałowego;
- silnik do rotacyjnego rozpylania oleju (jeśli występuje);
- napędy siłowników zaworów, jak np. klapy spalin, klapy obejściowe podgrzewacza wody, główny zawór odcinający parę, zaworów mieszających i rozdzielające itp.
- urządzenia AKPiR; oświetlenie instalacji i oświetlenie awaryjne kotłowni.

Wskazówka

W celu zminimalizowania zapotrzebowania energii elektrycznej na potrzeby własne wyposaża się często napędy elektryczne pomp, sprężarek i wentylatorów w falowniki. W ramach projektowania ważnym czynnikiem rozstrzygającym o zastosowaniu falowników jest przewidywany tryb eksploatacji instalacji (nakłady/korzyści, patrz też rozdział D 3.1 i D 6).

C.11.2 Zapotrzebowanie energii cieplnej

Przy zapotrzebowaniu energii cieplnej na potrzeby własne należy tu uwzględnić:

- parę grzewczą do instalacji termicznego uzdatniania wody, w funkcji strat powracającego kondensatu, strat wody na odsalanie i odmulanie, oraz strat przez opary, ulatniające się z uzdatniania termicznego i schładzacza mieszającego.

Wymienione wyżej ubytki muszą być uzupełniane wodą uzupełniającą z instalacji uzdatniania wody. Wraz z wzrostem ilości wody uzupełniającej, wymagającej podgrzania w instalacji uzdatniania termicznego, rośnie też zapotrzebowaniu energii cieplnej na potrzeby własne.

Przy wyznaczaniu tego zapotrzebowania należałoby uwzględniać zawsze praktycznie występujące stany robocze instalacji.

Sposób podejścia, dobór i obliczenia opisano bliżej w rozdziale D 10.



Izolacje rurociągów, zbiorników itp.

Izolacje służą do zmniejszenia strat ciepła / energii, do ochrony przed oparzeniem, a także do stabilizacji stanów pracy instalacji.

Przykładowo, gdyby nie były zaizolowane przewody pary, to mogłaby wystąpić nadmierna kondensacja pary w rurociągu, wywołując niestabilne stany pracy instalacji.

Ponieważ wszystkie zbiorniki i armatury kotłowni parowej połączone są między sobą rurociągami, zaizolować należy wszystkie te rurociągi, odpowiednio do ich parametrów roboczych.

C.12.1 Izolacje cieplne

(patrz załącznik A2)

Rurociągi, zawory, urządzenia i zbiorniki, które są nagrzewane należy zabezpieczyć przed stratami ciepła i/lub oparzeniem przy dotknięciu przez nałożenie zewnętrznej warstwy izolacji cieplnej.

Jako materiały izolacyjne stosuje się głównie:

- maty z włókien mineralnych (wełna mineralna i szklana)
- płaszcze z tworzyw sztucznych
- bezpośrednio stosowana tworzywa sztuczne piankowe
- okładziny z tworzyw sztucznych dla zaworów i kształtek rurowych

Projektowanie izolacji cieplnych wykonuje się na podstawie wytycznych VDI 2055 oraz rozporządzenia ENEC. (patrz również rozdział D.8.3.4)

C.12.2 Ochrona przed tworzeniem się skroplin

Rurociągi, zawory, aparaty i zbiorniki, które są chłodzone należy ew. zaizolować dla ochrony przed tworzeniem się skroplin.

Preferowanymi materiałami izolacyjnymi są tu:

- kompozytowe okładziny z tworzyw piankowych i/lub
- okładziny ze szkła spienionego, jeśli wymagają tego warunki stosowania.

Wykonawca instalacji (instalator) winien przejąć pełny zakres projektowania i doboru izolacji. Stąd też wskazówki podane w rozdziale D 8.3.4 i załączniku (A2) należy traktować tylko jako wstępne pomoce projektowe.



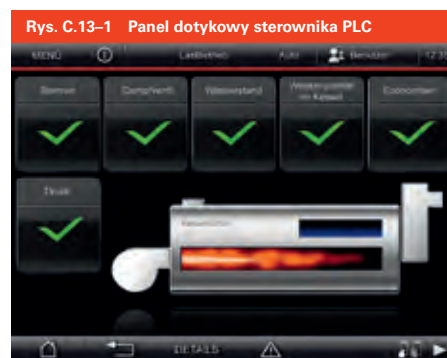
SSAO Servolux, Litwa,
3 szt. Vitomax 200-HS
4 t/h; 13 bar.

Szafy sterownicze

Najlepszym rozwiązaniem układów sterowania i regulacji jest zastosowanie programowalnych sterowników logicznych (PLC).

Kocioł jest obsługiwany i parametryzowany z centralnego, kolorowego wyświetlacza graficznego (panel dotykowy) (Rys. C.13-1).

Na wyświetlaczu przedstawiane są wszystkie funkcje i związane z nimi stany robocze oraz wartości rzeczywiste i zadane. Sterownik PLC rejestruje godziny pracy palnika i pomp zasila-
jących. Przy palnikach dwupaliwowych godziny
praca palnika i liczby startów zapisywane są
osobno dla każdego rodzaju paliwa.



Panel dotykowy sterownika PLC szafy sterowniczej Vitocontrol

Wszystkie komunikaty zakłóceń są rejestrowane z podaniem daty i godziny.

Komunikaty zakłóceń są ponadto zapisywane jako historia awarii, dokumentującą wystąpienie zakłócenia, jego pokwitowanie i usunięcie.

W szafie sterowniczej (rys. C.13-2), znajdują się wszystkie elementy potrzebne do pracy urządzeń sterujących i regulacyjnych kotłowni parowej.

Rys. C.13-2 Szafa sterownicza Vitocontrol



Szafa sterownicza Vitocontrol

C.13.1 Główne funkcje

C.13.1.1 Regulacja mocy palnika

Ciśnienie pary w kotle mierzone jest przez przetwornik ciśnienia i przesyłane do sterownika PLC w postaci sygnału analogowego. Sterownik PLC reguluje ciśnienie w kotle do wartości zadanej, określonej przez operatora lub nadrzędny system sterowania.

Z różnicy wartości ciśnienia zadanego i rzeczywistego regulator mocy określa poziom modulacji palnika lub właściwy stopień mocy palnika, zależnie od zastosowanej konfiguracji.

C.13.1.2 Regulacja poziomu wody w kotle

Realizowana w sterowniku PLC funkcja regulacji poziomu wody może być wykonywana jako regulacja dwustanowa przez załączanie i wyłączanie pomp zasilających lub jako regulacja ciągła, poprzez zawór regulacyjny wody zasilającej. W wyniku załączania i wyłączania pomp(y) zasilających(ej) względnie dodatkowo przestawienia zaworu regulacyjnego, do kotła doprowadzana jest taka ilość wody zasilającej, jaka jest potrzebna do utrzymania w kotle zadanego poziomu. Kiedy są zainstalowane dwie pompy wody zasilającej, są one włączane automatycznie na przemian, w zależności od przepracowanego czasu, jak również w przypadku awarii jednej z nich.

C.13.1.3 Pomiar przewodności elektrycznej i odsalanie wody kotłowej

Funkcja odsalania jest realizowana w opcji, przez układ ciągłej regulacji w sterowniku PLC. Przewodność elektryczna wody kotłowej mierzona jest przez sondę pomiarową i przekazywana do PLC jako sygnał analogowy. Wartość zadaną zasolenia i parametry regulacji, wprowadza się z pulpitu operatora. Przy zbyt wysokim zasoleniu otwiera się zawór odsalający, upuszczając zatężoną wodę kotłową.

C.13.1.4 Sterowanie odmulaniem

Zawór odmulający może być sterowany w opcji przez sterownik PLC, w zależności od zadanych parametrów okresu czasu między dwoma odmuleniami i czasu otwarcia zaworu odmulającego.

C.13.1.5 Dalsze funkcje

Sterownik PLC realizuje również inne funkcje, jak sterowanie przepustnicy spalin i/lub klap obejściowych, a także przełączanie na drugą wartość zadaną ciśnienia pary w kotle, regulacja i sterowanie pracy ekonomizera.

Wskazówka

Niezbędne ew. rozszerzenia do sterowania wszystkich układów pomocniczych kotłowni – patrz schemat rurociągów w załączniku A1, rozdział G.

W szafie sterowniczej znajdują się także elementy wymagane do automatycznego 24-lub 72-godzinnego trybu pracy kotła bez stałego nadzoru wg normy PN-EN 12953. Należą do nich zwłaszcza wszelkie urządzenia „konstrukcji specjalnej” potrzebne dla ruchu kotłowni parowej.

Wskazówka

„Konstrukcja specjalna” oznacza elektryczną lub mechaniczną część urządzenia, która automatycznie wykonuje regularne testy sprawdzające (np. przy elektrodach pomiaru poziomu wody, rezystancji izolacji, w przypadku urządzeń pływakowych automatyczny test działania, a w urządzeniach zewnętrznych – przedmuchiwanie przewodów połączeniowych).



Normy i przepisy

Wszystkie wymienione urządzenia kotłowni parowej są oceniane przez odpowiednie instytucje nadzoru.

Podstawą dopuszczenia do uruchomienia kotłowni parowej, jest wykonanie jej zgodnie z przepisami.

C.14.1 Podstawy prawne

Już w roku 1985 pojawił się postulat opracowania ujednoliconych uregulowań technicznych, pozwalających na likwidację barier handlowych na wewnętrznym rynku europejskim.

Jednakże jeszcze do roku 1997 obowiązywały w krajach Unii Europejskiej zróżnicowane krajowe przepisy budowy urządzeń ciśnieniowych, a tym samym i kotłów parowych.

Dnia 19 lipca 2016 r. weszła w życie nowa dyrektywa ciśnieniowa 2014/68/UE, zastępująca dyrektywę 97/23/WE.

W związku z tym po 19 lipca 2016 w procesie oceny zgodności urządzenia ciśnieniowe są już oceniane wyłącznie na zgodność z dyrektywą 2014/68/UE.

Dyrektywa ta obowiązuje dla wszystkich kotłów parowych o dopuszczalnym nadciśnieniu roboczym ponad 0,5 bar lub temperaturze roboczej ponad 110°C i pojemności powyżej 2 litrów. Przy wartości pojemności należy mieć na uwadze, że należy zawsze uwzględnić łączną objętość kotła parowego.

Dla kotłów parowych, których nadciśnienie robocze nie przekracza 0,5 bar a temperatura robocza jest niższa od 110°C dyrektywa ta nie obowiązuje. Dla urządzeń takich obowiązuje np. dyrektywa „Urządzenia gazowe” 2009/142/EC.

Dyrektywa 2014/68/EU reguluje całe postępowanie, aż do wprowadzenia urządzeń do obrotu. Zakres obowiązywania dyrektywy obejmuje nie tylko samo urządzenie ciśnieniowe, lecz także wszystkie części wyposażenia pełniące funkcje bezpieczeństwa i poddane ciśnieniu.

Załącznik II do dyrektywy zawiera podział paleniskowych urządzeń ciśnieniowych (kotłów parowych) na kategorie (Rys. C.14.1-1).

Możliwe kategorie modułów wg dyrektywy PED pochodzą z kat III oraz IV. Moduły kategorii określają jakie testy powinien przeprowadzić producent kotła a jakie testy muszą być przeprowadzone przez niezależną jednostkę badającą (jednostka notyfikowana wg Dyrektywy).

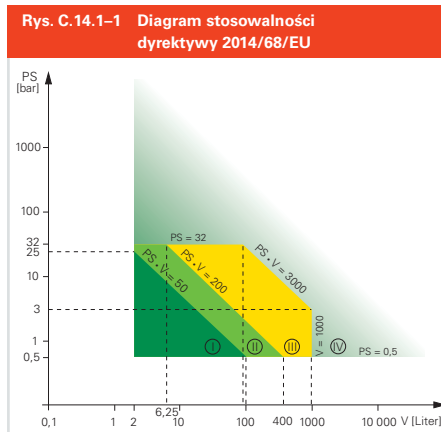
Wysokoprężne kotły parowe serii Vitomax 200-HS, Pyroflex FSB/FSR oraz niskoprężne kotły parowe Vitomax 200-LS na podstawie iloczynu ciśnienie x objętość należą do kategorii IV z wykresu.

Tylko kotły serii Vitoplex 100-LS (rys. C.14.1-2) (kotły parowe na dopuszczalne ciśnienie robocze do 1 bar) o pojemności < 1000 litrów zalicza się do kategorii III.

Wysokociśnieniowe kotły parowe kategorii IV podlegają badaniom według modułu G. Oznacza to, że wszystkie badania na kotle przeprowadza na zlecenie producenta jednostka notyfikowana.

Badania obejmują ocenę adekwatności projektu (sprawdzenie obliczeń części ciśnieniowej i kontrolę konstrukcji na zgodność z wymaganiami norm), kontrolę technologii produkcji, nadzór nad produkcją, badania wytrzymałościowe (próba ciśnieniowa) i kontrolę końcową.

Jednostka badająca, po pomyślnej kontroli końcowej wg modułu G, wystawia certyfikat CE.



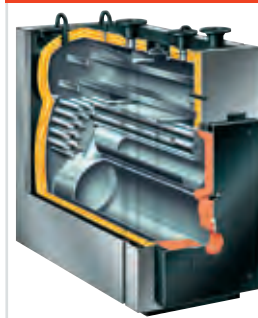
Według EHI zmodyfikowany diagram Dyrektywy 2014/68/UE.

Wskazówka

Wprowadzanie do obrotu i uruchomienie

- Wprowadzenie do obrotu jest to pierwsze odpłatne lub nieodpłatne oddanie produktu do dystrybucji na rynku wspólnotowym lub użytkownika na obszarze Wspólnoty Europejskiej. Przez wprowadzenie do obrotu następuje przeniesienie ryzyka z producenta na użytkownika. Musi zostać przedstawiona analiza ryzyk użytkownika.
- Uruchomienie ma miejsce przy pierwszym użyciu przez użytkownika końcowego na obszarze Wspólnoty Europejskiej. Konieczność objęcia zakresem nadzoru nad rynkiem, w celu zapewnienia zgodności wyrobu z wymaganiami dyrektywy, od chwili uruchomienia jest ograniczona.
- Jeśli produkt jest po raz pierwszy wprowadzany do obrotu na rynku wspólnotowym i przekazywany do eksploatacji, musi on odpowiadać stosowanym i ujętym według nowej koncepcji dyrektywom. Państwa członkowskie UE zobowiązane są nie zabraniać, nie ograniczać ani nie utrudniać wprowadzania do obrotu i oddawania do eksploatacji produktów, spełniających stosowne i ujęte według nowej koncepcji wytyczne oraz podjąć wszelkie niezbędne działania dla zapewnienia, by produkty były wprowadzane do obrotu i oddawane do eksploatacji tylko wtedy, gdy nie stanowią one żadnego zagrożenia dla bezpieczeństwa i zdrowia osób, ani innych wynikających ze stosownych dyrektyw interesów, jeśli produkty takie są prawidłowo zbudowane, zainstalowane, konserwowane i użytkowane zgodnie z ich przeznaczeniem.

Rys. C.14.1-2 Vitoplex 100 LS



Niskoprężny kocioł parowy, 260 do 2200 kg/h.

C.14 Normy i przepisy

Rys. C.14.1-3 Deklaracja zgodności dla wysokoprężnego kotła parowego (przykład)

**Anlage zur Bedienungsanleitung
Konformitätserklärung und Herstellerbescheinigung**

Wir, die Viessmann Werke GmbH & Co KG, 35107 Allendorf, erklären in alleiniger Verantwortung, dass das Produkt

Vitomax M75A
Herstell-Nummer

mit folgenden Normen/Regelwerken übereinstimmt:

TRD-Regelwerk
Vereinbarung 2000/1 (Dampfkessel)
Vereinbarung Dampfkessel 2003/1

Gemäß den Bestimmungen der

Richtlinie 97/23/EG

wird aufgrund der Einzelprüfung (Zertifikat-Nr. 01 202 620-G-042731-xxx-09) des befeuerten Druckgerätes durch die benannte Stelle TÜV Rheinland Group / TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, 10882 Berlin, dieses Produkt wie folgt gekennzeichnet:

CE-0035

Angaben gemäß Druckgeräterichtlinie 97/23/EG:

- befeuertes Druckgerät
- Kategorie IV gemäß Anhang II, Diagramm 5
- Modul G gemäß Anhang III
- Zertifiziertes QM-System nach Modul D
- Angewendetes Regelwerk: TRD
- Werkstoffe nach Anhang I, 4.2 b), TRD und EN 12953
- Korrosionszuschlag gemäß Anhang I, 2.2 und TRD

Das Druckgerät wurde ohne Ausrüstung (Sicherheitseinrichtung) geprüft.
Das Druckgerät muß vor der Aufstellung und der ersten Inbetriebnahme gemäß den nationalen Vorschriften ausgerüstet werden.

Das Druckgerät erfüllt die Anforderungen des gültigen TRD-Regelwerks und der Verbändevereinbarungen.

Daher werden folgende Prüf Fristen vorgeschlagen:

- jährlich: äußere Prüfung
- alle drei Jahre: innere Prüfung
- alle neun Jahre: Festigkeitsprüfung, die als Wasserdruckprobe auszuführen ist.

Länderspezifische Forderungen bezüglich der Prüf Fristen sind zu berücksichtigen.

Allendorf, Viessmann Werke GmbH & Co KG



ppa. Manfred Sommer

W deklaracji zgodności dla kotła (Rys. C.14.1-3) producent oświadcza, że kocioł parowy spełnia obowiązujące wymagania dyrektywy 2014/68/EU lub innych istotnych dyrektyw. Na znak spełnienia tych wymagań producent umieszcza na kotle znak zgodności CE.

Dla kotłów seryjnych możliwa jest produkcja na zasadach modułu B (homologacja WE typu konstrukcyjnego).

W ramach tego modułu producent sam wykonuje badania na każdym kotle seryjnym.

Warunkiem jest posiadanie przez producenta certyfikowanego systemu zapewnienia jakości dla produkcji, badań końcowych i wszystkich innych badań związanych z wytwarzaniem, który nadzorowany jest przez jednostkę notyfikowaną.

Moduł D wymaga, aby producent posiadał certyfikowany system zapewnienia jakości dla produkcji, odbioru końcowego i badań kotła. Obejmuje on także sporządzanie dokumentacji technicznej.

Kocioł z umieszczonym znakiem CE, z deklaracją zgodności producenta i potwierdzeniem badań wykonanych według odpowiedniego modułu, zgodnie z Diagramem Dyrektywy PED, może być bez jakichkolwiek barier handlowych wprowadzony do obrotu na obszarze państw członkowskich UE.

Państwa członkowskie muszą przyjmować, że kocioł taki spełnia wszystkie standardy obowiązujących dyrektyw, np. dyrektywy 2014/68/EU (domniemanie zgodności).

W przypadku państw nie należących do UE i nieuznających dyrektywy 2014/68/EU konieczne jest dokonanie odrębnych uzgodnień pomiędzy producentem i właściwą w danym państwie organizacją dozoru technicznego.

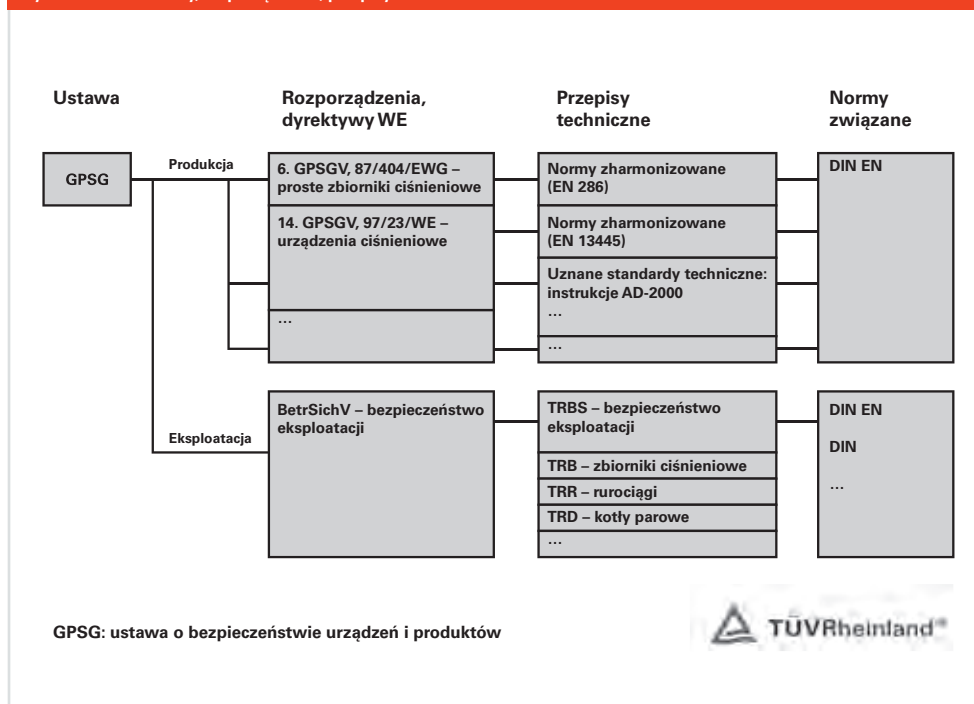
Reguluje to w Polsce ustawa z dnia 12 grudnia 2003 r. o ogólnym bezpieczeństwie produktów (Dz. U. 2015, poz. 322, tekst jednolity) i akty wykonawcze, w tym rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowego sposobu prowadzenia rejestru produktów niebezpiecznych (Dz. U. 2004 Nr 87, poz. 814).

Dyrektywa 2014/68/UE moduł G w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku urządzeń ciśnieniowych, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rozwoju z dnia 11 lipca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych oraz normą zharmonizowaną PN-EN 12953-6, PN-EN 12953-8, PN-EN 12953-9

Aspekty eksploatacyjne uregulowane są w rozporządzeniu o bezpieczeństwie i ochronie zdrowia przy udostępnianiu do pracy i użytkowaniu środków produkcji, o bezpieczeństwie przy eksploatacji urządzeń podlegających dozorowi oraz organizacji zakładowych służb bezpieczeństwa pracy, w Polsce reguluje ustawa z dn.13.04.2007 o Państwowej Inspekcji Pracy z późniejszymi zmianami.

Ustawa z dn.13.04.2007 o Państwowej Inspekcji Pracy z późniejszymi zmianami reguluje sprawy udostępniania środków pracy przez pracodawcę oraz ich używania przez pracowników podczas pracy.

Rys. C.14.1-4 Ustawy, rozporządzenia, przepisy techniczne



Podstawy prawne budowy kotłowni parowej na przykładzie Niemiec.

W rozdziale 2 rozporządzenia BetrSichV „Przepisy wspólne dla środków produkcji” zawarta jest ocena zagrożeń wg ustawy o bezpieczeństwie pracy – ArbSchG. W rozdziale 3 rozporządzenia BetrSichV „Przepisy szczególne dla urządzeń podlegających dozorowi” opisano między innymi:

- eksploatację §12
- zastrzeżenie pozwolenia §13
- badanie przed uruchomieniem §14
- ustalenie terminów badań okresowych §15

Rozdział 4 rozporządzenia BetrSichV „Przepisy wspólne, przepisy końcowe” zawiera wskazówki odnośnie Komisji Bezpieczeństwa Eksploatacji § 24. Komisja Bezpieczeństwa Eksploatacji (ABS) jest następcą Niemieckiej Komisji Kotłów Parowych (DDA) z następującymi zadaniami:

1. Określanie zasad odpowiadających aktualnemu stanowi techniki
2. Określanie zasad spełniania wymagań rozporządzenia o bezpieczeństwie eksploatacji (BetrSichV)
3. Doradzanie Ministerstwu Gospodarki i Pracy (BMWA) w kwestiach bezpieczeństwa eksploatacji.

ABS opracowuje Przepisy Techniczne dla bezpieczeństwa eksploatacji (TRBS). TRBS konkretyzują rozporządzenie o bezpieczeństwie eksploatacji pod względem:

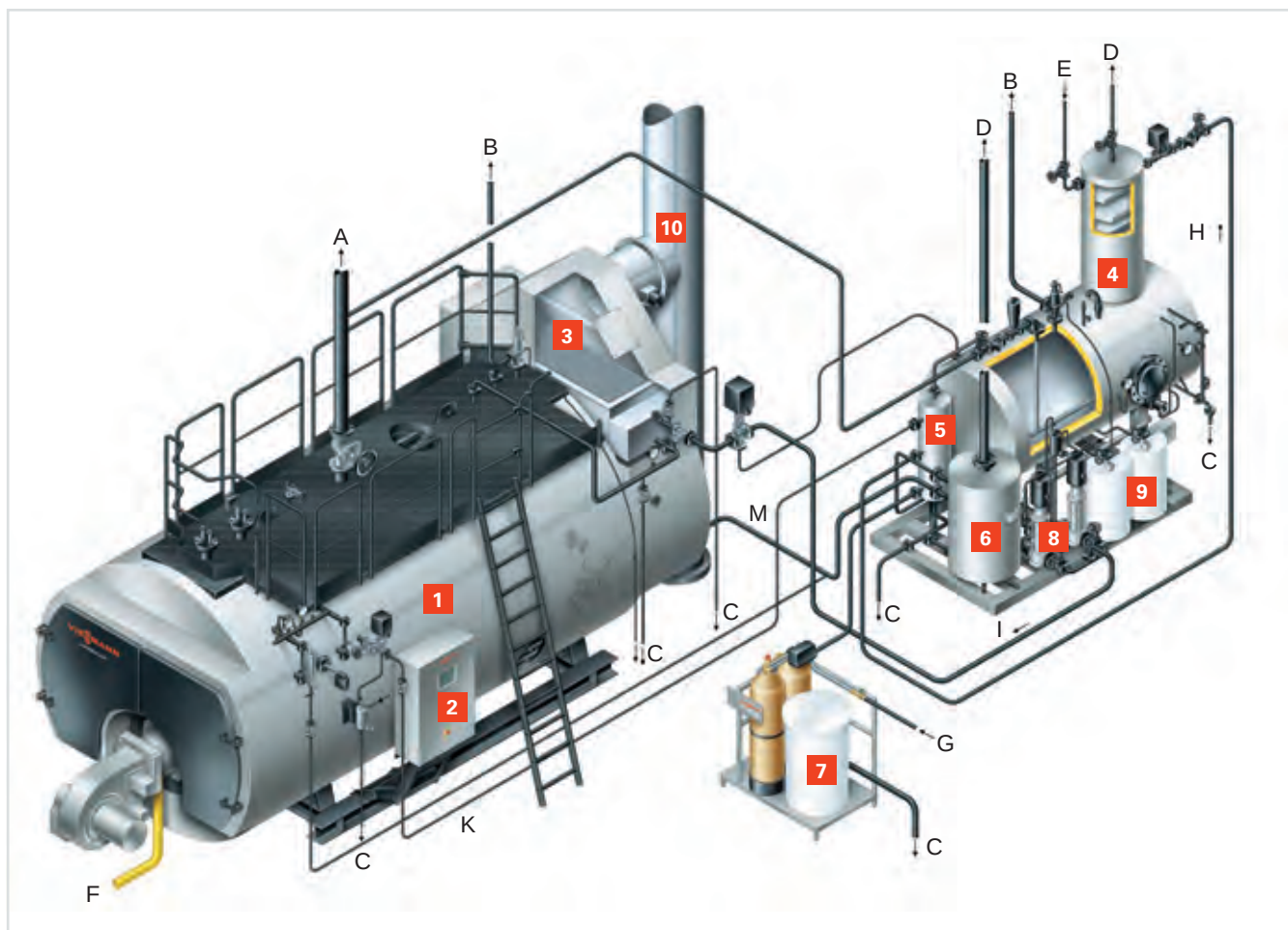
- identyfikacji i oceny zagrożeń
- wypracowania odpowiednich przeciwdziałań „Przy zastosowaniu podanych przykładowo działań użytkownik może uznać odnośne przepisy rozporządzenia o bezpieczeństwie eksploatacji za spełnione.”

Wymieńmy przykładowo TRBS 1111 i 2141, opisujące ocenę zagrożeń i oszacowanie środków bezpieczeństwa wraz z zagrożeniami spowodowanymi przez parę i ciśnienie.

Rozdział 2 TRBS 1111: „Za przeprowadzenie oceny zagrożeń odpowiedzialny jest pracodawca, za przeprowadzenie oceny technicznych środków bezpieczeństwa odpowiedzialny jest użytkownik:”

Rozdział 2.1 „Parametry eksploatacyjne” TRBS 2141 część 1: „Parametry eksploatacyjne są ustalonymi wartościami parametrów technologicznych i materiałowych, na przykład ciśnienia, temperatury, natężenia przepływu, stanu napełnienia, ścieralności i korozji. Wynikają one z danego procesu technologicznego i reprezentują w sumie przewidziany przez pracodawcę lub użytkownika, zgodny z przeznaczeniem sposób eksploatacji.

D Dobór urządzeń kotłowni



Zestawienie urządzeń
kotłowni parowej

- | | | | |
|-----------|--|----|--|
| 1 | Kocioł parowy | A) | Para do odbiorników |
| 2 | Szafa sterownicza (PLC) | B) | Przewód wydmuchowy zaworu bezpieczeństwa |
| 3 | Zintegrowany podgrzewacz wody (ekonomizer) | C) | Przewód odpowietrzający i spustowy |
| 4 | Instalacja pełnego odgazowania termicznego | D) | Przewód oparów |
| 5 | Rozprężacz odsolin z odzyskiem ciepła | E) | Dopływ kondensatu |
| 6 | Schładzacz mieszający | F) | Zasilanie paliwem |
| 7 | Chemiczne uzdatnianie wody | G) | Wlot wody surowej |
| 8 | Pompy zasilające | H) | Woda zmiękczona |
| 9 | Stacje dozowania chemikaliów | I) | Woda zasilająca |
| 10 | Kłapa odcinająca spalin | K) | Przewód odsalania |
| | | M) | Przewód odmulania |