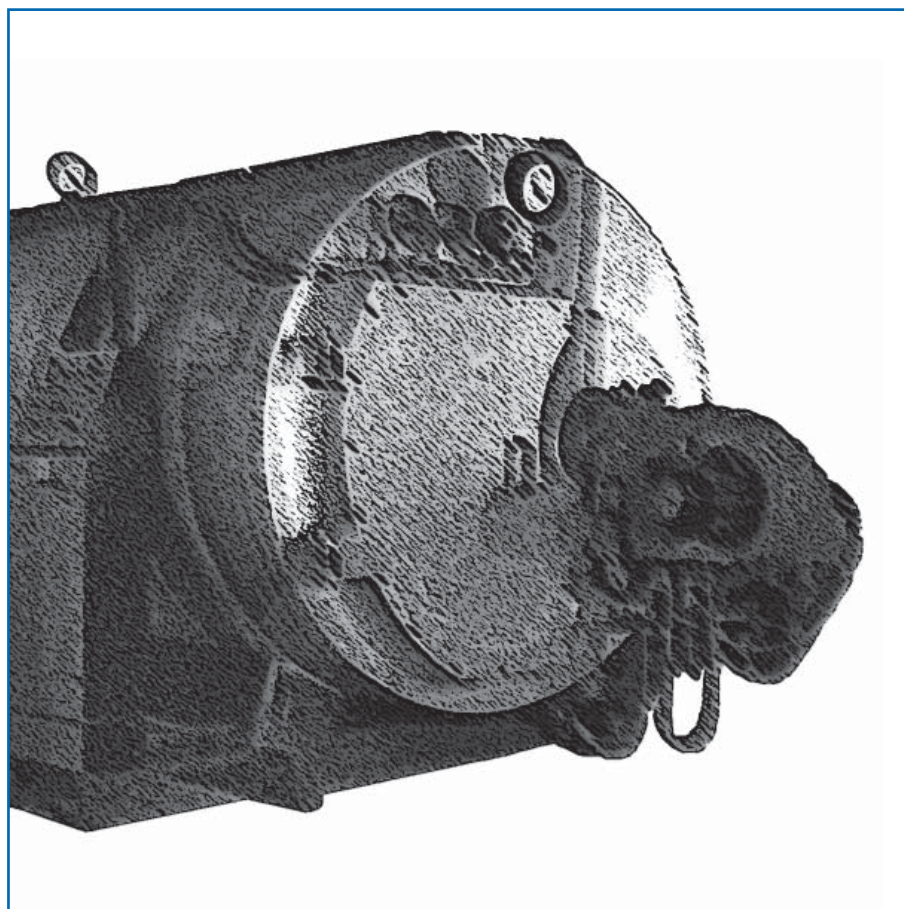




B120 Wytwarzanie pary: Kocioł parowy

Użytkowanie wytwornic pary z punktu widzenia technologii wody



B120 Wytwarzanie pary: Kocioł parowy

Użytkowanie wytwornic pary z punktu widzenia technologii wody

Spis treści

| | |
|--|-----------|
| 1 Ogólne wiadomości o uzdatnianiu wody kotłowej | strona 3 |
| 1.1 Wymagania dla wody zasilającej | strona 4 |
| 1.2 Wymagania dla wody kotłowej | strona 5 |
| 1.3 Wymagania dla kondensatu | strona 5 |
| 2 Ważniejsze parametry w technice grzewczej | strona 6 |
| 2.1 Przewodność i zagęszczanie w kotle | strona 6 |
| 2.2 Tlen | strona 7 |
| 2.3 Twardość pozostała i związki osadzające się | strona 8 |
| 2.4 Odczyn pH (K_S 8,2) | strona 9 |
| 2.5 Odczyn pH / wolny dwutlenek węgla | strona 9 |
| 3 Urządzenia wspomagające | strona 10 |

1 Ogólne wiadomości o uzdatnianiu wody kotłowej

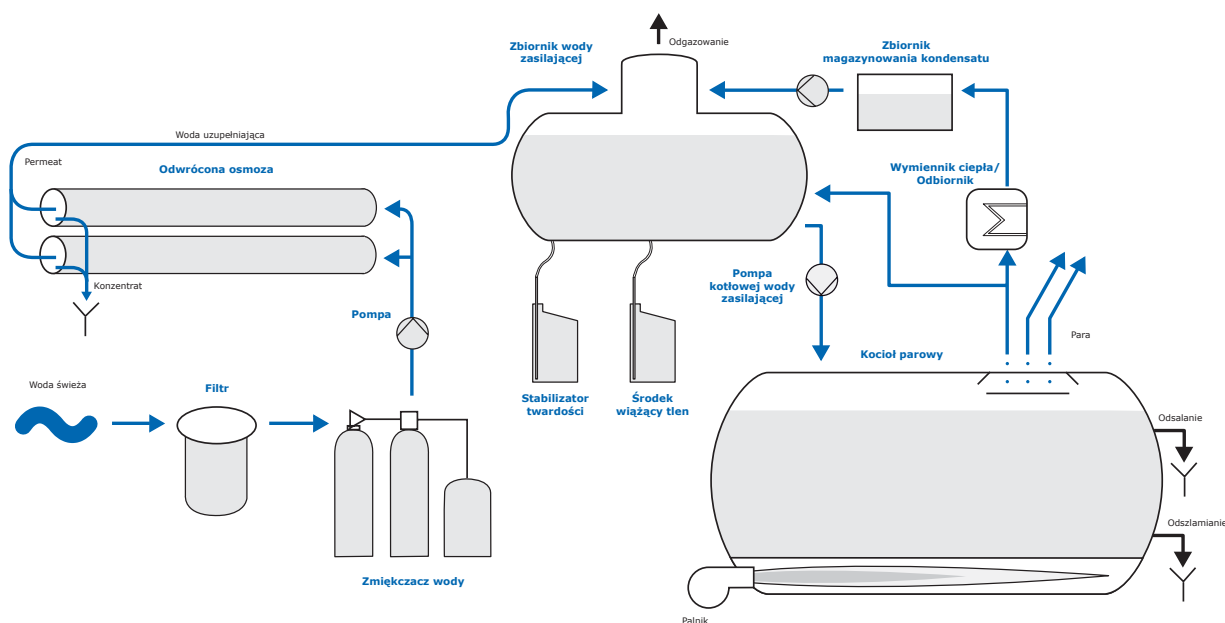
W uzdatnianiu wody dla celów kotłowych wymagania co do jakości przygotowywanej wody określone są przez następujące czynniki: typ i rodzaj urządzenia, sposób wykorzystania pary, dopuszczalne ciśnienie robocze.

Niedostateczne uzdatnienie używanej wody zasilającej jest niekorzystne ze względów bezpieczeństwa, ekonomiki pracy urządzenia i zachowania jego parametrów roboczych.

Poprzez zastosowanie zmiękczenia, dekarbonizacji lub odsalania usuwane są z wody zasilającej różnorodne związki chemiczne i dzięki temu system jest chroniony przed powstawaniem osadów. Dodawanie stabilizatorów twardości, związków wiążących tlen i związków alkalizujących zapobiega różnego typu korozji i hamuje powstawanie osadów wynikających z istnienia w wodzie czynników powodujących korozję i twardości pozostałej. Dlatego też konieczne jest stosowanie efektywnych urządzeń wspomagających oraz dozowania preparatów chemicznych aby zapobiec niepożądanym efektom i umożliwić urządzeniom kotłowym ekonomiczne oraz skuteczne działanie przez cały czas eksploatacji.

Prawidłowy system uzdatniania wody obejmuje ogólnie:

- filtrację wstępną (lub odżelazianie) wody surowej
- usuwanie z wody związków tworzących twardość wody (lub soli) poprzez wymianę jonową lub odwróconą osmozę
- usuwanie rozpuszczonych, korozyjnych gazów poprzez termiczne odgazowywanie w zakresie nadciśnienia od 0,2 do 3,0 bar
- usuwanie pozostałego tlenu poprzez dozowanie preparatów wiążących tlen
- alkalizacja pary i kondensatu przy pomocy związków alkalizujących migrujących z parą
- wiązanie twardości pozostałej, związków rozpuszczonych i korozyjnych poprzez dozowanie odpowiednich preparatów stabilizacji twardości



Rysunek 1: Zasada działania systemu uzdatniania wody dla kotła parowego z zastosowaniem demineralizacji wody zasilającej.

1.1 Wymagania dla wody zasilającej

Przedstawione poniżej wymagania dla wody zasilającej kocioł zostały zaproponowane w instrukcji 1453 przez Zrzeszenie Nadzoru Technicznego w Essen.

(Wartości te mogą być ewentualnie zastąpione przez inne, podane przez producenta danego kotła)

| Dopuszczalne ciśnienie pracy | bar | < 1 | > 1 < 22 | > 22 < 68 |
|---|---------------|---|-----------------------|-----------------------|
| Ogólne wymagania | | bezbarwna, klarowna, wolna od nierozpuszczalnych cząsteczek stałych | | |
| wartość pH przy 25° C | | > 9 | > 9 | > 9 |
| Przewodność przy 25° C | | miarodajne tylko wytyczne dla wody kotłowej | | |
| suma soli metali ziem rzadkich (Ca ²⁺ + Mg ²⁺) | mmol/l °dH | < 0,015 0,084 | < 0,010 0,056 | < 0,010 0,056 |
| Tlen (O ₂) | mg/l | < 0,1 | < 0,02 | < 0,02 |
| Dwutlenek węgla związany (CO ₂) | mg/l | < 25 | < 25 | < 25 |
| Żelazo całkowite (Fe) | mg/l | - | < 0,03 ¹⁾ | < 0,03 ¹⁾ |
| Miedź całkowita (Cu) | mg/l | - | < 0,005 ¹⁾ | < 0,005 ¹⁾ |
| Kwas krzemowy (SiO ₂) | mg/l | miarodajne tylko wytyczne dla wody kotłowej | | |
| Utlenialność (MnVII + MnII) jako KMnO ₄ | mg/l | < 10 | < 10 | < 10 |
| Olej , tłuszcz | mg/l | < 3 | | < 1 |
| Miedź ¹⁾ | mg/l | < 0,05 | | |

1) tylko dla kotłów wielkopowierzchniowych < 22 bar

1.2 Wymagania dla wody kotłowej

Dla wody kotłowej zalecane poniżej wymagania zależne są od ciśnienia roboczego:

| Dopuszczalne ciśnienie pracy | bar | < 1 | > 1 < 22 | > 22 < 44 | > 44 < 68 (eksploatacja wolna od zasolenia) |
|--|---------------|--|------------------------------|------------------|--|
| Ogólne wymagania | | bezbarwna, klarowna, wolna nierozpuszczalnych cząsteczek stałych | | | |
| wartość pH przy 25°C | | 10,5 - 12 | 10,5 - 12 | 10 - 11,8 | 9,5 - 10,5 |
| Twardość całkowita soli metali ziem rzadkich | mmol/l °dH | < 0,015 < 0,1 | < 0,01 < 0,05 | < 0,01 < 0,05 | < 0,01 < 0,05 |
| Zasadowość p zdolność do zobojętniania kwasów przy pH=8,2, K _{S8,2} | mmol/l | 1 - 12 | 1 - 12 | 0,5 - 6 | 0,1 - 1 |
| Przewodność przy 25°C | µS/cm | < 5000 | < 7500 | < 5000 | < 150 |
| Kwas krzemowy (SiO ₂) | mg/l | - | zależne od stopnia ciśnienia | | < 10 |
| Fosforany PO ₄ | mg/l | 10 - 20 | 10 - 20 | 5 - 15 | < 6 |

1.3 Wymagania dla kondensatu

Dla kondensatu zalecane są następujące wartości :

| | |
|----------------------|--------------|
| wartość pH przy 25°C | > 8 |
| Twardość całkowita | < 0,1 |
| Przewodność | < 30 µS/cm * |
| Miedź | < 0,1 mg/l |

* Wartość ta może być podwyższona przez produkty wspomagające uzdatnianie

2 Ważniejsze parametry kotłowe

2.1 Przewodność i zagęszczanie w kotle

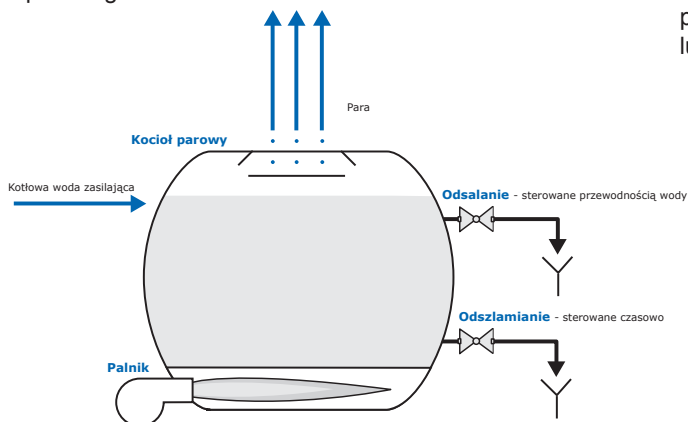
Przewodność wody jest bezpośrednim wskaźnikiem ilości soli w wodzie. Przy wzrastającym zasoleniu przewodność wody proporcjonalnie rośnie.

Przy eksploatacji urządzeń grzewczych (kotłów parowych) wszystkie sole wody zasilającej zagęszczają się w przestrzeni wodnej kotła. Tylko woda całkowicie pozbawiona soli opuszcza kocioł jako para.

Ilość soli, która według producenta lub instalatora kotła nie powinna być przekroczona musi zostać usunięta poprzez odsalanie lub odszlamianie (usuwanie osadów). Bardzo mocno zasolona woda powinna być odprowadzona do kanalizacji, a następnie zastąpiona wodą zasilającą z niską zawartością soli. Aby kocioł pracował możliwie optymalnie odsalanie powinno być prowadzone systematycznie i pod odpowiednią kontrolą.

Przewodność jest parametrem łatwym do systematycznego mierzenia, dlatego często czujnik pomiarowy jest montowany bezpośrednio na kotle. Odpowiedni system steruje zaworem do odsalania.

Konieczne jest określenie górnej granicy przewodności wody kotłowej, gdyż niezbędne jest ograniczenie ilości związków mineralnych zawartych w wodzie (szczególnie chlorków), które zwiększają korozyjność. Woda kotłowa o bardzo wysokiej przewodności ma skłonności do pienienia się, tak więc ograniczenie przewodnictwa uniemożliwia przedostawania się soli i rozpuszczonych substancji stałych do fazy parowej. Przedostawanie się tych cząsteczek do podgrzewaczy, turbin i instalacji kondensatu powoduje ich korozję lub powstawanie osadów. Oznacza to stratę wydajności lub nawet zatrzymanie całego układu kotła parowego.



Rysunek 2: Kocioł parowy z odszlamianiem i odsalaniem

Systematyczne odsalanie wody kotłowej może być sterowane sygnałem z miernika przewodności.

- przewodność za wysoka, konieczne jest odszlamianie i odsalanie
- przewodność zbyt niska – nie ma niebezpieczeństwa uszkodzenia kotła ale jego praca jest relatywnie nieekonomiczna
- przewodność w kondensacie za wysoka – zanieczyszczenie kondensatu przez porywane związki mineralne z wody kotłowej

Przez **odszlamianie** należy rozumieć ręczne lub sterowane czasowo otwieranie np. raz dziennie zaworu spustowego zamontowanego w dolnej części wytworownicy pary poprzez który usuwane są cząstki stałe

Przez **odsowanie** należy rozumieć otwieranie zaworu zamontowanego w górnej części wytworownicy pary, przez który usuwana jest z niej część wody. Zawór ten może być otwierany w krótkich odstępach czasu na krótki okres lub sterowany automatycznie sygnałem z miernika przewodności.

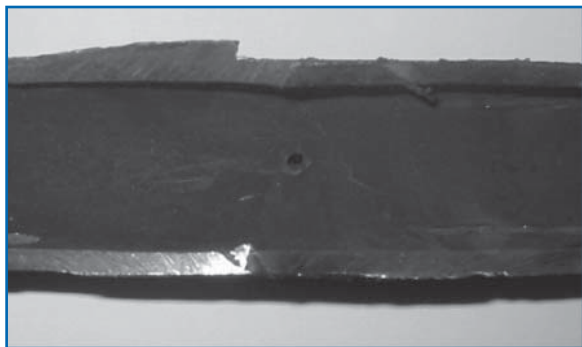
Kontrola przewodności wody przy zaworze odszlamiającym jest bardzo trudna lub prawie niemożliwa.

Pomiar przewodności w kondensacie daje doskonały pogląd, co do czystości pary, a tym samym na pracę całego urządzenia.

Zdarzają się też nieszczelności wymiennika ciepła, przez które wprowadzana jest woda technologiczna do układu kondensatu. W takich przypadkach mogą powstawać uszkodzenia korozyjne wywołane kwaśnym lub zasadowym zanieczyszczeniem kondensatu.

2.2 Tlen

Obecność rozpuszczonego tlenu w wodzie kotłowej prowadzi bezpośrednio do powstawania korozji. Najbardziej znaną formą agresywności tlenu w systemach kotłowych, parowych i kondensatu jest powstawanie ognisk korozji a następnie dziur. Obecność rozpuszczonego tlenu powoduje również wiele innych rodzajów korozji.



Zdjęcie 1 : Dziura spowodowana korozją

Usuwanie tlenu prowadzone jest za pomocą termicznego odgazowywania wody lub poprzez dozowanie preparatów wspomagających wiążących tlen. Termiczne odgazowywanie wykorzystuje zasadę, że rozpuszczalność gazów zmniejsza się przy stałym ciśnieniu i rosnącej temperaturze. Dlatego prócz tlenu można również usunąć z wody inne gazy.

Jeśli nie można zastosować odgazowywania termicznego należy usunąć cały tlen przy pomocy wspomagających preparatów chemicznych.

Związanie tlenu w wodzie osiąga się z reguły poprzez dozowanie odpowiednich preparatów bezpośrednio do wody zasilającej w kotle. W takich przypadkach dozowanie powinno się zasadniczo wprowadzać (jak i przy innym stosowaniu produktów wspomagających) poniżej górnej powierzchni cieczy (np. za pomocą lancy głębokościowej).

Tlen może być wiązany w produkty migrujące lub nie **migrujące** do pary. Produkty migrujące do pary mają tę zaletę, że wprowadzają do wody bardzo minimalną ilość soli , jak również mają działanie wiążące tlen i alkalinizujące. Jest jednak także wada, para z tymi produktami nie może być stosowana (lub bardzo ograniczenie) w procesach przetwarzania środków spożywczych.

Produkty nie migrujące do pary mogą być bez żadnych problemów stosowane w przemyśle spożywczym. Preparaty tej klasy (typowy przedstawiciel siarczek sodowy) nie mają bezpośredniego oddziaływania na układy pary i kondensatu, ale powi-

nny być poddawane kontroli analitycznej ze względu na możliwe właściwości korozyjne (odczyn pH). Dodatkowo, nadmierna alkalizacja układów pary i kondensatu może być niekorzystna.

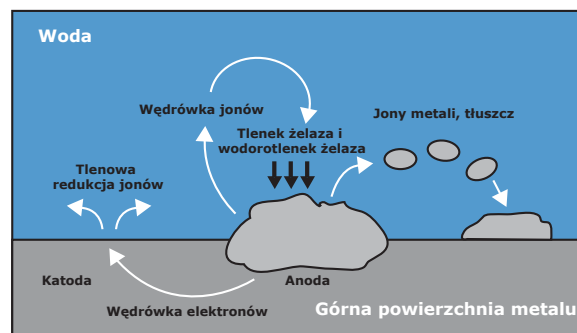
Grupa preparatów Oxycheck 6270 do Oxycheck 6290 zawiera bardzo skuteczne środki wiążące tlen, migrujące do pary, oparte na bazie Deha (Diethylhexyladipat). Deha zgodnie z normami dla substancji niebezpiecznych (TRGS) zastąpiła niebezpieczną hydrazynę. Preparaty te stosuje się jako ochronę przed korozją w całym systemie wytwarzania pary. Działają one jako neutralizator kwaśnego kondensatu oraz chemicznie usuwają rozpuszczony tlen. Powstające przy tym produkty reakcji są w formie gazowej. Nie zasala on również wody kotłowej. Dzięki reakcji tlenku żelaza tworzy się odporny na korozję MAGNETIT.

Nadwyżka preparatu w granicach 0,2 – 0,5 mg/l zapewnia całkowite związanie tlenu w kondensacie. Zawartość substancji czynnej jest łatwa do określenia dzięki wykorzystaniu zestawu do szybkiego oznaczania.

Grupa produktów Oxycheck 6940-6950 jest wodnym roztworem siarczynów i dlatego należy do środków wiążących tlen migrujących do pary. Dzięki specjalnemu katalizatorowi tlen jest natychmiastowo wiązany. Pełną aktywność wiązania tlenu otrzymuje się, gdy nadwyżka siarczynów w wodzie wynosi od 5 do 10 mg/l. Tą obecność łatwo wykrywa się szybkimi testami.

Przy obecności siarczynów musi być korygowana podwyższona przewodność wody kotłowej.

Dozowanie wszystkich środków wiążących tlen musi być przeliczane w stosunku do całkowitej objętości kotłowej wody zasilającej, jak również kondensatu z tlenem, który może wnikać np. przy uzupełnianiu wody. Ilość środków wiążących tlen (siarczynów) nie zmienia się przy zawracaniu kondensatu.



Rysunek 3: Korozja

2.3 Twardość pozostała i powstawanie osadów.

Do stabilizacji (hamowania powstawania kamienia kotłowego) i wiązania twardości pozostałej można dozować wiele różnorodnych środków ograniczających powstawanie kamienia kotłowego. Są to substancje organiczne i nieorganiczne (jak np. fosforany). W związkach powodujących twardość zwykle mocne wiązania krystaliczne zastępowane są dużym wyborem preparatów, które uniemożliwiają krystalizację. Nie osadzająca się zawiesina jest następnie usuwana poprzez spust wody. Nieznaczna twardość pozostała dzięki nowoczesnym preparatom może być poddana całkowitej stabilizacji.

Do stabilizacji twardości stosuje się preparaty Heizan®5160 oraz Heizan®5165. Preparat Heizan®5160 jest wodnym roztworem silnie alkalicznych fosforanów z dodatkiem specjalnego, organicznego dyspergatora. Stabilizuje on twardość pozostałą w kotle, ale powstaje też dodatkowy niepożądany efekt alkalizacji wody kotłowej oraz dysperguje (rozprzestrzenia, upłynnia) twardość wody i tlenek żelaza. Można te efekty usunąć przez odszlamianie. Heizan®5160 nie migruje do pary, pozostaje w fazie wodnej.

Heizan®5160 jest dopuszczony do stosowania w przemyśle spożywczym.

Heizan®5165 ma zbliżone właściwości jak Heizan®5160, jednakże opracowany jest jako migrujący do pary, nieorganiczny środek alkalizujący. Dzięki temu możliwe jest podwyższenie ochrony antykorozyjnej układu parowego i instalacji kondensatu.

Heizan®5104 jest preparatem stabilizującym twardość opracowanym na bazie polimerów małocząsteczkowych bez nieorganicznych fosforanów. Obok korzystnych właściwości dyspersyjnych i stabilizujących osiągniętych już przy niskiej dawce dozującej posiada on zdolność usuwania kamienia kotłowego (w określonych granicach). Dzięki nieobecności soli nieorganicznych wpływ tego preparatu wspomagającego na całkowitą zawartość soli w wodzie kotłowej jest bardzo niewielka. Heizan®5105 jest jego odpowiednikiem z dodatkową alkalizacją pary.

Heizan®5104/5105 jest dopuszczony do stosowania w przemyśle spożywczym.

Zawracany do kotła kondensat w większości przypadków nie niesie ze sobą obciążenia twardością, tylko woda surowa musi być poddawana kondycjonowaniu i stabilizowaniu twardości.

Osady z produktów korozji, zawiesiny i zanieczyszczenia prowadzą do powstawania wielu problemów w kotle. Osady tworzące się na ściankach kotła znacznie pogarszają przenikanie ciepła. Oprócz tego osady te tworzą tak zwane elementy napowietrzające oraz lokalne ogniska korozji. Obecność sprawdzonych, bardzo skutecznych organicznych środków dyspersyjnych umożliwia ograniczenie powstawania osadów oraz łatwe usuwanie zawiesin przez spust wody.

Środek dyspersyjny zmienia ładunek powierzchniowy substancji powodujących mętność i uniemożliwia opadanie cząstek. Zamiast trwałych osadów powstaje jedynie zmętnienie wody. Cząsteczki pozostają w formie zawiesiny i mogą być łatwo usunięte z kotła przez spust wody.

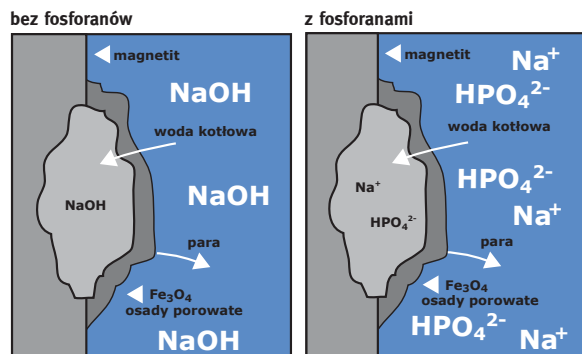
W Heizan®5160 zawarte są bardzo skuteczne środki dyspersyjne.

2.4 Odczyn pH (zasadowość p K_S 8,2)

Wartość odczynu pH jest najważniejszym parametrem określającym zasadowość wody kotłowej. Ona zwiększa się, gdy na skutek działań termicznych wewnątrz kotła lub w zbiorniku wody zasilającej zachodzi rozbitcie węglanu wapnia i uwalniają się węglany. Po przekroczeniu wartości granicznej 12 mmol/l powstają dwa ważne problemy :

- Woda kotłowa ma skłonność do tworzenia piany. Przez powstałą pianę zachodzi możliwość porywania cząsteczek wody i przenoszenia ich do fazy parowej.
- Przez takie wżery ługowe powstaje niebezpieczeństwo poważnych uszkodzeń kotła. Wżer ługowy jest rodzajem lokalnej korozji, która przy wysokiej zasadowości występuje szczególnie na naprzężonych częściach kotła.

Wysoką wartość odczynu pH można z powodzeniem obniżyć poprzez zwiększone odszlamianie. Oczywiście jest to możliwe, gdy woda zasilająca ma bardzo niską przewodność (możliwą do zaakceptowania ze względów ekonomicznych). Uzyskanie takiej niskiej przewodności jest możliwe jedynie poprzez poprawę jakości wody zasilających dzięki pomocy dekarbonizacji lub odwróconej osmozy.



Rysunek 4 : Powstawanie wżeru ługowego

2.5 Odczyn pH / wolny dwutlenek węgla (kwas węglowy)

Wzrost wartości odczynu pH w wodzie zasilającej, wodzie kotłowej i kondensacie jest między sobą ściśle powiązany.

W wodzie kotłowej z powodu wysokiej temperatury z węglanów i kwaśnych węglanów powstaje dwutlenek węgla i ług sodowy (węglan sodowy). Zachodzi alkalizacja wody, gdyż ług sodowy nie migruje do pary. Dlatego wartość odczynu pH w wodzie kotłowej jest przez to zawsze wyższa niż w wodzie zasilającej.

W układach pary i kondensatu problemy korozji i niskiego odczynu pH wywoływane są często przez wolny dwutlenek węgla.

Dlatego też konieczna jest dodatkowa alkalizacja (buforowanie) poprzez dodawanie odpowiednich preparatów wspomagających. Prócz tego prowadzi się wiązanie dwutlenku węgla z węglanem żelaza, co daje dobrze rozpuszczalny związek mający bierne działanie na ochronę korozyjną.

Alkalizacja prowadzi do skutecznej neutralizacji dwutlenku węgla dzięki stosowaniu różnorodnych, migrujących z parą preparatów wspomagających. Przy zastosowaniu amoniaku należy zwrócić uwagę, że amoniak atakuje miedzionośne substancje czynne wiążąc je w związki kompleksowe.

Przy neutralizacji preparatami migrującymi z parą dwutlenek węglany wiązany jest w węglany.

Dodawanie preparatów wspomagających następuje bezpośrednio do układu parowego lub do kotłowej wody zasilającej. Straty powstają tylko przy ubytkach kondensatu lub ubytkach pary oraz spuszczeniu wody kotłowej.

W termicznym odgazowywaniu związany dwutlenek węgla jest ponownie rozproszony, wraca do wody kotłowej i ponownie bierze udział w obiegu. Neutralizujące preparaty wspomagające nie powodują wiązania tlenu, dlatego pod kontrolą musi być obecność tlenu w układach kotłowych, a także zanieczyszczenie pary tlenem. Jeśli para ma kontakt z substancjami spożywczymi należy przewidzieć odpowiednie działania.

Podwyższona wartość odczynu pH w kondensacie może być pozostawiona, jeśli po stronie kondensatu wprowadzana będzie do układu kotłowego woda procesowa (np. roztwory czyszczące). Bez dodatkowego dozowania amoniaku lub ługu sodowego wartość odczynu pH w przeważającej liczbie przypadków nie będzie zbyt wysoka.

3 Urządzenia wspomagające

Dla zapewnienia optymalnego działania kotłów parowych w zakresie technologii wody potrzebne są różnorodne urządzenia do jej uzdatniania.

Przy wykorzystaniu wody miejskiej jej dobra jakość wymaga stosowania tylko małych filtrów świecowych lub filtrów ochronnych z płukaniem wstecznym. Urządzenia te zapewnią ochronę przed zanieczyszczeniami stałymi.

Przy wykorzystywaniu wody studziennej lub wody powierzchniowej jako wody zasilającej konieczne są niestety większe nakłady inwestycyjne na jej uzdatnienie. Aby zapewnić bezproblemową pracę urządzeń niezbędna będzie filtracja na złożu zwirowych, filtracja wielostopniowa lub nawet ultrafiltracja.

Po przejściu wody przez etap filtracyjny konieczne jest usunięcie z niej związków powodujących twardość oraz soli. W większości przypadków wystarczające są zmiękczacze wody pracujące w systemie ciągłym, ale też wykorzystywane są układy pełnej demineralizacji wody oraz odwrócona osmoza.

Przy zmiękczeniu wody nie są usuwane węglany, których wielkość stężenia w wodzie kotłowej jest ograniczona (patrz rozdział o odczynie pH). Stężenie węglanów i wielkość przewodności pozostaje przed i po zmiękczeniu taka sama, a także w kotle nie osiągają wysokiego stężenia. Bardzo dużo gorącej wody w procesie odszlamiania i odsalania jest zrzucana do kanalizacji. Odpowiednio wysokie są więc straty energii.

Po zastosowaniu odwróconej osmozy z wody zostaje usunięta przeważająca część związków powodujących twardość oraz prawie wszystkie węglany i inne sole. Tak uzdatniona kotłowa woda zasilająca może być wysoko zagęszczana. Straty powodowane odsalaniem i odszlamianiem wyraźnie spadają.

W rachunku ekonomicznym konieczne jest rozpatrzenie wielu aspektów. Chętnie przygotujemy indywidualne kalkulacje dla Państwa urządzeń.

Wymagane urządzenia wspomagające proces uzdatniania kotłowej wody zasilającej przedstawione zostały i omówione w następujących prospektach:

- C130 Odżelazianie
- C210 Zmiękczenie wody
- C320 Odwrócona osmoza (demineralizacja wody)
- C510 Urządzenia dozujące

Przykładowa kalkulacja:

Dane wyjściowe:

| Mały kocioł parowy | |
|---------------------------------|------------|
| Wydajność pary na godzinę | 10 t |
| Ciśnienie kotła | 7 bar |
| Temperatura pary | 170 °C |
| Kwasowość wody uzupełniającej | 2,8 mmol/l |
| Temperatura wody uzupełniającej | 12 °C |
| Powrót kondensatu | 45 % |
| Temperatura powrotu kondensatu | 60 °C |
| Koszty energii za jeden kW | 0,03 Euro |

Oczywiście najczęściej zastosowaną konfiguracją urządzeń jest zmiękczenie (A) lub demineralizacja wody (B):

A: Ze względu na istniejącą kwasowość w wodzie uzupełniającej, na którą nie ma wpływu zmiękczenie, z układu danych wylicza się następujące parametry pracy kotła:

| Uzdatnienie poprzez zmiękczenie wody: | |
|---|---------------------|
| Uzdatniona ilość wody uzupełniającej na godzinę | 6,36 m ³ |
| Udział odsalania w % wytwarzanej pary | 8,9 % |
| Udział odsalania w % wytwarzanej pary | 0,89 m ³ |
| Koszty strat energii na rok | ca. 41.000 Euro |

B: Dzięki zastosowaniu odwróconej osmozy wszystkie węglany są prawie całkowicie usunięte. W kotle może być wyższe zagęszczenie:

| Uzdatnienie z demineralizacją: | |
|---|---------------------|
| Uzdatniona ilość wody uzupełniającej na godzinę | 5,66 m ³ |
| Udział odsalania w % wytwarzanej pary | 1 % |
| Udział odsalania w % wytwarzanej pary | 0,09 m ³ |
| Koszty strat energii na rok | ca. 4.000 Euro |

Oszczędności przy zastosowaniu różnych metod uzdatniania wody wyniosły w tym przypadku **37 000 Euro** na rok.

Przy takich oszczędnościach konieczne nakłady inwestycyjne oszacowane dla miejscowych potrzeb na ok. 30 000 Euro zwrócą się bardzo szybko.



