

Jakość wody w układach chłodzenia

CZ.I

Poważnym problemem pojawiającym się w trakcie eksploatacji przemysłowych układów chłodzenia jest występowanie niekorzystnych procesów, prowadzących do pogorszenia efektywności wymiany ciepła, korozyjnego niszczenia elementów konstrukcyjnych instalacji, a także porastania mikrobiologicznego wnętrza układu. Wymienione procesy związane są ze środowiskiem wodnym i mają swoje źródło w nieodpowiednim przygotowaniu wody, jako czynnika chłodniczego.

W niniejszym artykule koncentrujemy się na omówieniu współczesnych metod uzdatniania wody chłodzącej w otwartych układach chłodzenia z odparowaniem. Część druga artykułu będzie stanowić praktyczny poradnik dla chłodnika w zakresie przygotowania wody w zakładzie mleczarskim.

Nieodpowiednie przygotowanie wody, jako czynnika chłodniczego, w krótszym, bądź dłuższym czasie staje się przyczyną występowania w układzie chłodzenia szeregu niepożądanych zjawisk.

Do najbardziej istotnych należą w szczególności: korozja materiałów konstrukcyjnych, procesy narastania osadów na elementach wymiany ciepła oraz niekontrolowany

rozwój mikro- i makroflory. Szkodliwość wymienionych procesów dla prawidłowego działania układu chłodzenia jest zależna od specyfiki danego układu, a ich najdokuczliwiej odczuwalnym efektem, w aspekcie ekonomicznym, jest przede wszystkim szybkie pogorszenie efektywności wymiany ciepła. Wymienione procesy przebiegają w sposób ściśle od siebie uzależniony, wywierając na siebie wzajemny wpływ. Prawidłowe przygotowanie wody uzupełniającej układ chłodzenia w połączeniu z odpowiednią korekcją i obróbką wody obiegowej oraz ciągłym monitoringiem istotnych parametrów umożliwiają całkowite wyeliminowanie tych niekorzystnych procesów oraz utrzymanie pełnej wydajności cieplnej układu.

mgr inż. Jan Marjanowski,
mgr Arkadiusz Nalikowski

Woda uzupełniająca i chłodząca

w układach otwartych z odparowaniem

Brak jest centralnych wymagań, jakie powinna spełniać woda uzupełniająca otwarty układ chłodzenia, są jednakże zalecenia z reguły już dawno ustalone przez różne branżowe i korporacyjne stowarzyszenia inżynierskie lub producenckie. W oparciu o ogólne doświadczenia praktyczne producenci urządzeń chłodniczych (skraplacze, wieże wyparne, agregaty sprężarkowe) podają ogólne wytyczne dla wody uzupełniającej obieg chłodniczy, najczęściej dla celów utrzymania gwarancji dla urządzeń. Przetawiono je poniżej:

- parametry ogólne – woda pozbawiona mętności, bez wyraźnego zapachu, nieskażona biologicznie, o niskiej zawartości substancji organicznych,
- odczyn pH – optymalny odczyn pH w zakresie od 6,5 do 8,5,
- twardość – od 35 mg/dm³ do 70 mg/dm³ Ca w przeliczeniu na CaCO₃ (od 2°n do 4°n),
- niskie zasolenie do ok. 1000 mg/dm³ odpowiadające przewodnictwu elektrycznemu wody do ok. 2000 µS/cm, przy czym korzystne jest aby suma chlorków i siarczanów w wodzie chłodzącej była niższa od 250 mg/dm³.

Zalecenia dotyczące wody obiegowej z reguły normują kilka najważniejszych parametrów, które są odpowiedzialne za tendencje do korozji, bądź też wypadania osadów z wody obiegowej. Zalecenia te mogą w pewnym zakresie różnić się, w zależności od materiałów konstrukcyjnych wykorzystanych w danym obiegu chłodzenia (tab. 1 i tab. 2).

Czynniki wpływające na prawidłową pracę

Czynniki wpływające na pogorszenie efektywności pracy układu chłodzenia można podzielić na dwie kategorie – czynniki fizykochemiczne oraz czynniki biologiczne.

Czynniki fizykochemiczne odpowiedzialne są za takie negatywne procesy, jak wytrącanie osadów na powierzchniach wymiany ciepła oraz korozja. Powstające w układach chłodzenia osady zbudowane są



fot. arch.

najczęściej z nierozpuszczalnych soli wapnia i magnezu, wytrącających się z wody twardej (niezmiękczonej). Wytrącone osady oddziałują negatywnie na pracę układu chłodzenia przede wszystkim poprzez obniżenie wydajności wymiany ciepła, działając jak izolator cieplny (rys.1).

Do najważniejszych parametrów fizykochemicznych wody obiegowej odpowiedzialnych za wytrącanie osadów należą: twardość ogólna, zasadowość, odczyn pH, obecność anionów chlorkowych i siarczanowych.

Najgroźniejszymi skutkami korozji w układzie chłodzenia jest niszczenie materiałów konstrukcyjnych, które w konsekwencji może prowadzić do trwałych uszkodzeń urządzeń, takich jak sprężarki, pompy, czy skraplacze. Wtórny efekt korozji jest powstawanie osadów korozyjnych z nagromadzonych w układzie produktów korozji (tlenki metali). Za procesy korozyjne odpowiedzialne jest szereg czynników, spośród których najważniejsze to odczyn pH, stężenie tlenu rozpuszczonego, stężenie chlorków i siarczanów oraz związków amonowych:

- odczyn pH – parametr decydujący o dynamice i kierunku zachodzenia procesów korozyjnych; zarówno odczyn zbyt kwaśny, jak i zbyt alkaliczny mogą negatywnie oddziaływać na materiały konstrukcyjne,
- tlen rozpuszczony – stanowi depolaryzator katodowy dla reakcji korozyjnych; w jego obecności szczególnie na korozję równomierną narażona jest stal czarna. Otwarte układy chłodzenia charakteryzują się wysokim stopniem natlenienia wody obiegowej, co sprzyja korozji tlenowej,
- jony chlorkowe – są odpowiedzialne za niszczenie warstewek pasywnych zarówno na powierzchni stali nierdzewnej, jak i stali ocynkowanej; poprzez lokalne niszczenie tych warstewek są czynnikiem inicjującym bardzo groźną korozję wżerową,
- jony siarczanowe – szczególnie w obecności jonów chlorkowych są silnymi katalizatorami dla procesu korozji wżerowej,
- związki amonowe – działają negatywnie przede wszystkim w stosunku do elementów wykonanych z miedzi i jej stopów, ale mogą również poprzez alkalizację wody powodować korozję warstewki cynkowej w przypadku stali galwanizowanej.

Tabela 1. Wymagania dla wody obiegowej – skraplacze natryskowo-wyparne ze stali ocynkowanej – producent BALTIMORE

Parametr	Wartość
pH	7,0 do 9,0
Twardość [mg/dm ³ CaCO ₃]	30 do 500
Zasadowość ogólna [mg/dm ³ CaCO ₃]	max. 500
Zasolenie [mg/dm ³]	max. 1000
Chlorki [mg/dm ³ Cl ⁻]	max. 125
Siarczany [mg/dm ³ SO ₄ ²⁻]	max. 125
Przewodnictwo [μS/cm]	1200
Chlor wolny [mg/dm ³ Cl ₂] (w procesie chlorowania ciągłego).	max. 1
Chlor wolny [mg/dm ³ Cl ₂] (w procesie oczyszczania i dezynfekcji szokowej).	5 do 15, maksymalny czas trwania do 6 godzin

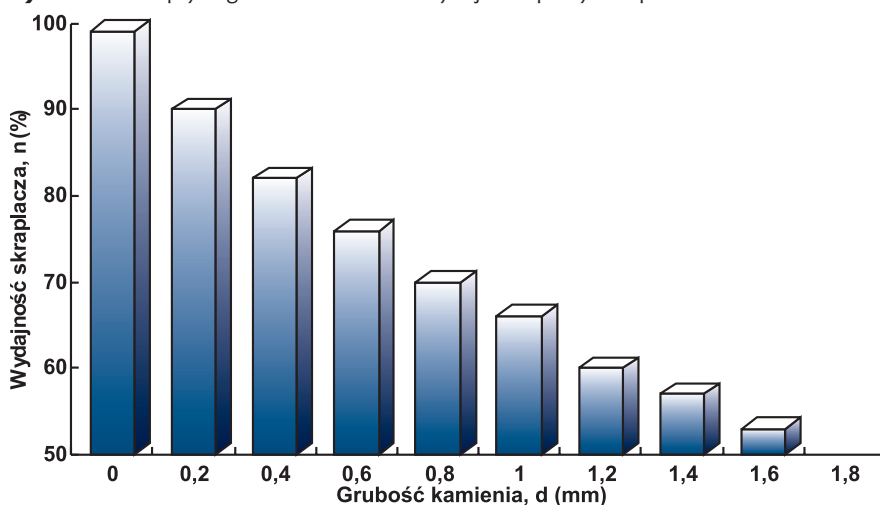
Tabela 2. Wymagania dla wody obiegowej – skraplacze natryskowo-wyparne ze stali nierdzewnej AISI 316 – producent BALTIMORE

Parametr	Wartość
pH	6,5 do 9,0
Twardość [mg/dm ³ CaCO ₃]	50 do 500
Zasadowość ogólna [mg/dm ³ CaCO ₃]	max. 500
Zasolenie [mg/dm ³]	max. 1500
Chlorki [mg/dm ³ Cl ⁻]	max. 500
Siarczany [mg/dm ³ SO ₄ ²⁻]	max. 500
Przewodnictwo [μS/cm]	2500
Chlor wolny [mg/dm ³ Cl ₂] (w procesie chlorowania ciągłego)	max. 2
Chlor wolny [mg/dm ³ Cl ₂] (w procesie oczyszczania i dezynfekcji szokowej)	5 do 15, maksymalny czas trwania do 6 godzin

W większości przypadków przez wpływ **czynników biologicznych** na układ chłodzenia rozumie się działalność mikroorganizmów obecnych w wodzie obiegowej. Działalność ta może powodować różnorakie efekty – od tworzenia izolującej i hamującej przepływ warstwy biofilmu na powierzchniach wymiany ciepła, poprzez korozję mikrobiologiczną materiałów konstrukcyjnych układu, aż po właściwości zakaźne,

w odniesieniu do personelu, obsługującego układ chłodzenia. Szczególnie groźne są egzystujące w dolnej warstwie biofilmu bakterie beztlenowe, które mogą przyspieszać nawet kilkudziesięciokrotnie procesy korozyjne. Dużym zagrożeniem są również bakterie z rodzaju *Legionella*, przenoszące się w sprayu wodno-powietrznym, które mogą wywoływać u ludzi objawy podobne do zapalenia płuc (legionelloza).

Rysunek 1. Wpływ grubości osadu na wydajność pracy skraplacza

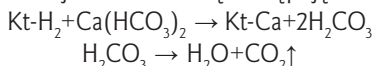


Sposoby przeciwdziałania niewłaściwej jakości wody

Metody fizykochemiczne przygotowania wody uzupełniającej

Wodę zasilającą obiegi chłodzenia można przygotować różnymi metodami, z tym że najbardziej odpowiednie będą metody prowadzące do jej jak największego odsolenia oraz korekcji za pomocą środków chemicznych, które zwiększą termostabilność wody obiegowej i zmniejszą jej korozyjność. Stosowane metody uzdatniania wody dla celów uzupełniania wody na potrzeby chłodnictwa mogą być następujące:

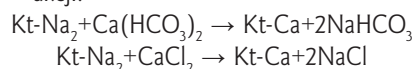
- **Dekarbonizacja na słabo kwaśnym kationicie** należy do metod jonitowych. Prowadzi do całkowitej likwidacji twardości węglanowej, a więc związków wapnia i magnezu związanych z wodorowęglanami. Słabo kwaśny kationit jest regenerowany kwasem solnym. Powstały kwas węglowy ulatnia się na wyjściu z kolumny wskutek procesu desorpcji dwutlenku węgla, prowadzonego za pomocą przedmuchu wody powietrzem. W wyniku usunięcia z wody rozpuszczonych w niej wodorowęglanów wapnia i magnezu spada silnie przewodnictwo wody. Metoda nie wprowadza anionów kwasu używanego do regeneracji kationitu, np. kwasu solnego lub siarkowego, które przechodzą do ścieków. Zachodzące reakcje chemiczne są następujące:



Gdzie: Kt-H₂ – kationit w formie kwaśnej, Kt-Ca – kationit w formie wapniowej

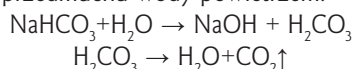
Metoda ta nie likwiduje twardości wody pochodzącej od anionów silnych kwasów, a więc chlorków i siarczanów wapnia i magnezu, pozostawiając tzw. twardość stałą, której wartość w wodzie może być znacznie wyższa od twardości węglanowej.

- **Jonitowe zmękczenie wody na silnie kwaśnym kationicie regenerowanym NaCl** – jest bardzo często stosowane szczególnie w mniejszych instalacjach. Z wody jest usuwana twardość węglanowa i stała, gdyż usuwane są jony wapnia i magnezu w myśl reakcji:



Usunięcie jonów wapnia i magnezu, a więc kationów osadotwórczych i zastą-

pienie ich jonem sodowym, posiadającym wysoką rozpuszczalność w połączeniu z wieloma anionami, np. CO₃²⁻, SO₄²⁻, gwarantuje brak możliwości wytrącania się osadów w wodzie. Wymieniony przez jonit kation sodu tworzy w wodzie wodorowęglan sodowy NaHCO₃. Związek ten zarówno na ciepło, jak i na zimno w wodzie hydrolizuje prowadząc do wzrostu odczynu wody. Reakcja przesuwana się cały czas z lewa na prawą stronę, gdyż ulatnia się uwolniony dwutlenek węgla, powstały z rozkładu słabego kwasu węglowego wskutek przedmuchu wody powietrzem.



Stąd też uzdatnianie wody tą metodą prowadzi do jej alkalizacji, o ile jest równocześnie w instalacji prowadzony przedmuch wody np. skraplacze wyparne, chłodnie wyparne.

- **Odwrócona osmoza** – jest metodą membranową wykorzystywaną szczególnie do odsalania wód silnie zasolonych. Nadaje się zarówno do odsalania wód uzupełniających obieg chłodzenia, jak też do odsalania części zładu chłodniczego, o ile będzie umiejscowiona na by-passie chłodni. Koszty eksploatacyjne odsalania wody tą metodą są niskie, choć najczęściej wysoki jest koszt samej inwestycji.

Korekcja za pomocą środków chemicznych

Korekcja chemiczna wody obiegowej powinna być zawsze nieodłącznym elementem uzdatniania wody w obiegach chłodzenia, niezależnie od prowadzonej odrębnie obróbki fizykochemicznej wody uzupełniającej. Ogólnie środki chemiczne przeznaczone do uzdatniania wody chłodzącej podzielić można na cztery podstawowe kategorie:

- **Inhibitory korozji** – substancje chemiczne posiadające zdolność do znacznego spowolnienia lub całkowitego zahamowania procesów korozyjnych w środowisku wodnym, ze względu na specyfikę działania wyróżnia się substancje odtleniające, inhibitory pasywujące, inhibitory tworzące szczelne warstewki tlenkowe na chronionej powierzchni oraz inhibitory adsorpcyjne. Tradycyjnie w charakterze inhibitorów korozji stosowano sole metali (cynku, miedzi, chromu, molibdenu), obecnie ze względu na ich dużą toksyczność

związki te wypierane są przez szereg nowych inhibitorów, m.in. związki fosfoniowe, polifosforany, azole i polimery organiczne.

- **Stabilizatory twardości i antyskalanty** – substancje chemiczne, które dodane do wody zapobiegają wypadaniu i osadzaniu trudno rozpuszczalnych soli na powierzchniach wymiany ciepła i elementach konstrukcyjnych; najczęściej stosowane są produkty oparte na polifosforanach, związkach fosfoniowych, a także polimerach organicznych,
- **środki dyspergujące** – związki, które przeciwdziałają wzrostowi i osadzaniu się cząstek stałych obecnych w wodzie, poprzez zmianę ich ładunku elektrycznego, w rezultacie czego cząstki odpychają się i nie podlegają procesowi aglomeracji; głównie stosowane są związki kopolimerowe, często w połączeniu z surfaktantami,
- **biocydy** – wyróżniamy tu dwie podgrupy:
 - **biocydy utleniające** – najczęściej substancje nieorganiczne, dodawane do wody w celu likwidacji porostów biologicznych typu mikro- i makroflore, działają na organizmy w sposób niespecyficzny, poprzez atakowanie ścian komórkowej bądź organelli komórkowych, dzięki temu działają szybko i są skuteczne w stosunku do szerokiego spektrum organizmów; najczęściej spotykanymi są chlor i brom oraz ich związki, a także nadtlenek wodoru, ozon, dwutlenek chloru oraz kwas nadoctowy. Wszystkie tu wymienione są najczęściej silnie korozyjne dla materiału konstrukcyjnego układu chłodzenia,
 - **biocydy nieutleniające** – najczęściej są to substancje organiczne, ich działanie w stosunku do mikroorganizmów jest znacznie bardziej specyficzne, aniżeli biocydów utleniających, ich skuteczność w stosunku do różnych grup mikroorganizmów może być bardzo zróżnicowana, działanie tego typu biocydów polega najczęściej na reakcji z określonymi elementami komórkowymi, bądź na blokowaniu specyficznych szlaków metabolicznych; do najczęściej spotykanych biocydów nieutleniających należą izotiazole, DBNPA, aldehyd glutarowy, czwartorzędowe związki amonowe, polimerowe pochodne guanidyny.

Odsalanie

Odsalanie jest bardzo istotnym procesem regulującym całkowite stężenie soli w układzie oraz redukującym ilość nierozpuszczalnych zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. Przez to spełnia niebagatelną rolę w optymalizacji wydajności systemu chłodzenia oraz uzdatnianiu wody chłodzącej. Krótkie przybliżenie zasad odsalania ilustruje rysunek 2.

Objętość wody chłodzącej (Q_c) jest cyrkulowana w obrębie systemu w m^3/min . Po przejściu przez wymiennik ciepła woda jest schładzana w wieży chłodniczej poprzez odparowanie i konwekcję. Odparowanie (E), porywanie z powietrzem oraz drobne wycieki, zmniejszają ilość wody chłodzącej, a w konsekwencji zasolenie wody wzrasta, co może prowadzić do strącania osadów bądź korozji. Zapobiega się temu przez zrzuty z systemu, które określamy jako odsalanie (B przy stężeniu C_b) oraz przez dodatek wody świeżej, określamy jako uzupełnianie (M przy stężeniu C_m). O tym czy system pracuje w warunkach zrównoważonych decyduje wielkość wskaźnika zasolenia danego wzorem:

$$CR = M/B = C_b/C_m$$

(ponieważ $M \times C_m = B \times C_b$).

W warunkach równowagi wodnej $M = E + B$, stąd $CR = (E + B)/B = E/B + 1$, z czego wynika, że:

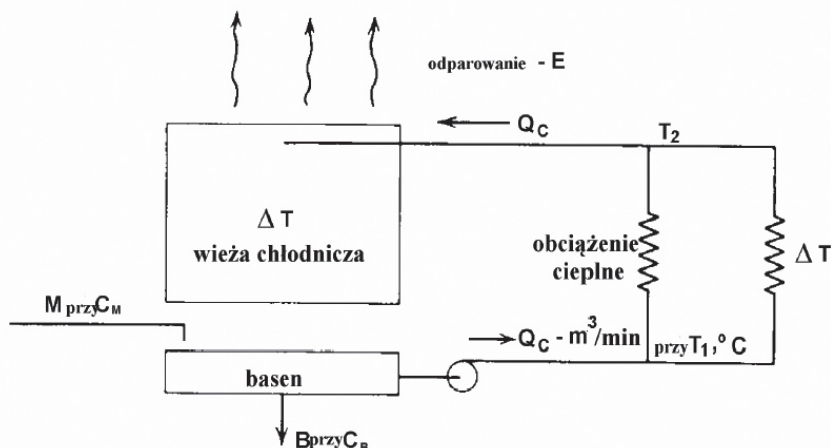
$$B = E/CR - 1$$

Jest to bardzo użyteczne równanie w uzdatnianiu wody chłodzącej. Po określeniu cykli załadunku w oparciu o znane wartości zasolenia wody uzupełniającej i obiegowej, można wyliczyć aktualny, wymagany zrzut odsoliny z systemu, bądź zrzut wymagany dla zachowania przez system założonej liczby cykli. W praktyce proces odsalania realizuje się za pomocą układów automatycznych, w których elektrozawór odsalający sprzężony jest z układem pomiarowym, mierzącym zasolenie wody obiegowej. Otwarcie zaworu następuje po przekroczeniu zadanego zasolenia krytycznego. Odsalanie ręczne, najczęściej obecnie spotykane w Polsce, w sposób decydujący zależy od czynnika ludzkiego, przez co zwykle jest mało efektywne i nie spełnia swojej roli a powoduje przede wszystkim niepotrzebnie zużycie dużych ilości wody.

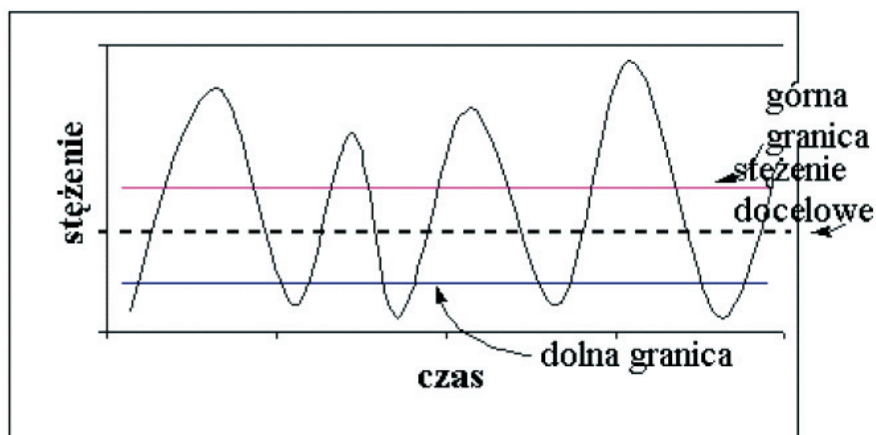
Filtracja bocznikowa

Woda w obiegu chłodzącym powinna być stale filtrowana na boczniku pomp obiegowych z wydajnością 5-15% przepływu w obiegu głównym.

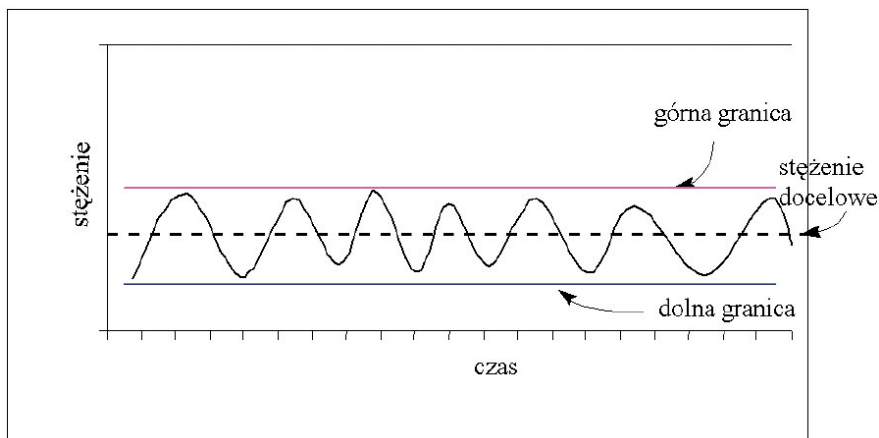
Rysunek 2. Równowaga w układzie z odparowaniem i odsalaniem w systemach chłodzenia z wieżami wyparnymi. [Dokument Referencyjny BAT dla najlepszych dostępnych technik w przemysłowych systemach chłodzenia]



Rysunek 3. Wykres przedstawiający stężenie substancji uzdatniającej wynikające z niewłaściwie prowadzonego monitoringu i dawkowania. [Dokument Referencyjny BAT dla najlepszych dostępnych technik w przemysłowych systemach chłodzenia]



Rysunek 4. Wykres przedstawiający stężenie substancji uzdatniającej wynikające z właściwie prowadzonego monitoringu i dawkowania. [Dokument Referencyjny BAT dla najlepszych dostępnych technik w przemysłowych systemach chłodzenia]



Filtrację bocznikową najwygodniej jest prowadzić z wykorzystaniem pojedynczych lub połączonych z sobą kilku filtrów workowych usytuowanych w bezpośrednim sąsiedztwie pomp obiegowych wody obiegowej. Wielkość oczek filtra powinna być jak najmniejsza korzystnie powinna wynosić od 50 µm do 5 µm. Początkowo należy filtrować wodę z wyższymi wartościami oczek filtra i stopniowo po oczyszczeniu się wody przechodzić na filtrację używając filtrów z oczkami 10 µm i ostatecznie 5 µm. Można również stosować inne rodzaje filtrów na boczniku pomp cyrkulacyjnych.

Podsumowanie

czyli jak osiągnąć bezpieczeństwo eksploatacyjne układu chłodzenia?

Na końcowy sukces użytkownika, czyli długotrwałą, bezawaryjną pracę układu chłodzenia, przy utrzymaniu jego pełnej wydajności, składa się cały szereg czynników, związanych z zapewnieniem odpowiedniej jakości wody. Projektując rozwiązania służące temu celowi należy określić wymagane procesy obróbki, dla wody uzupełniającej i obiegowej. Zasadnicze znaczenie będą tu miały jakość i pochodzenie wody, którą układ chłodzenia jest zasilany.

Czynnikami bezpośrednio mającymi wpływ na bezpieczeństwo eksploatacyjne układu chłodzenia są:

- **Poprawna technologia uzdatniania wody uzupełniającej** – optymalne jest podawanie do układu wody uzupełniającej o twardości pomiędzy 2 °n a 4 °n, uzyskanej poprzez częściowe podmieszanie strumienia wody po zmiękczeniu z wodą surową (twardą). Gdy jakość wody uzupełniającej jest niska (obecność zawiesiny, skażenie mikrobiologiczne) celowa jest dodatkowa obróbka z wykorzystaniem filtracji mechanicznej bocznikowej oraz z dawkowaniem szokowym biocydu utleniającego.
- **Profilaktyczne dozowanie środków korekcyjnych** – powinny być spełnione trzy podstawowe cele dozowania środków korekcyjnych do wody obiegowej: ochrona przeciwkorozyjna, zabezpieczenie przed wytrącaniem osadów oraz zahamowanie rozwoju życia mikrobiologicznego. Dobór oraz wielkość dawki środków korekcyjnych jest warunkowany przez szereg czynników między innymi:
 - rodzaj materiałów konstrukcyjnych wykorzystanych w układzie chłodzenia

– warunkuje dobór inhibitorów korozji, a także w niektórych przypadkach biocydów,

- jakość wody uzupełniającej – szczególnie istotnymi parametrami jest twardość ogólna i zasolenie oraz obecność materii organicznej – decydująca o doborze biocydu,
- stopień zanieczyszczenia i jakość wody obiegowej – zbyt wysokie zanieczyszczenie wody obiegowej może być czynnikiem wykluczającym stosowanie niektórych antyskalantów, np. fosfonianów; odczyn pH limituje stosowanie niektórych biocydów, np. podchloryn sodu, a także inhibitorów korozji – różna będzie skuteczność działania inhibitora w zależności od pH,
- stopień skażenia mikrobiologicznego wody oraz rodzaj mikroorganizmów egzystujących w wodzie obiegowej – jest istotnym kryterium doboru biocydu.

Poza ww. czynnikami należy brać pod uwagę również możliwe wzajemne interakcje między poszczególnymi dozowanymi środkami chemicznymi. Mogą być to zarówno interakcje wzajemnie wzmacniające efektywność działania określonych środków, jak i poważnie ją obniżające, np. podczas stosowania ozonu jako biocydu wszystkie organiczne antyskalanty i inhibitory korozji obecne w układzie zostają utlenione i tracą efektywność.

- **Odsalanie** – niezbędne jest prowadzenie ciągłego procesu odsalania w systemie automatycznym. Zapobiega to nadmiernemu zanieczyszczeniu wody obiegowej, pozwala usunąć stałe zanieczyszczenia z obiegu, a także umożliwia stosowanie mniejszych dawek środków korekcyjnych.
- **System filtracji bocznikowej** – pozwala usunąć z wody obiegowej zanieczyszczenia stałe wytrącone z wody (osady mineralne lub organiczne), wniesione z otoczenia np. poprzez wiatr, wniesione z materią organiczną do układu np. poprzez nieszczelne wymienniki jonitowe a także zmniejsza ładunek martwej materii organicznej – pochodzącej z uśmierconych przez biocydy mikroorganizmów.
- **Okresowe chemiczne usuwanie osadów mineralnych i biofilmów** – przeprowadzanie zabiegu oczyszczania układu z osadów mineralnych i organicznych odpowiednimi preparatami.

– Monitorowanie układu chłodzenia

– prawidłowe prowadzenie eksploatacji układu chłodzenia wymaga ciągłego monitorowania najważniejszych parametrów wody obiegowej. Pozwala to uniknąć przykrych niespodzianek, jak np. niespodziewane wytrącenie osadów w wyniku przedawkowania antyskalanta, czy nagły zakwit mikroorganizmów w wyniku naniesienia z wodą uzupełniającą dużego ładunku materii organicznej. Do podstawowych parametrów, które powinny podlegać monitoringowi należą: odczyn pH, temperatura, twardość ogólna, twardość wapniowa, zasadowość, zasolenie, przewodnictwo, stężenie chlorków i siarczanów, stopień i rodzaj skażenia mikrobiologicznego.

Uzyskane z monitoringu wyniki pozwalają określić tendencję całego układu do strącania osadów lub korozji, poprzez wyliczenie odpowiednich indeksów stabilności wody (indeks Langelier'a, Ryznar'a, Larsona-Skolda), a w konsekwencji dają podstawę do korekcyi w górę lub w dół stosowanych dawek środków korekcyjnych bądź zwiększenia lub zmniejszenia częstotliwości odsalania.

Wskazane jest również prowadzenie monitoringu substancji dozowanych do wody obiegowej.

W dłuższej perspektywie pozwala to nie tylko uniknąć efektu przedawkowania bądź niedodawkowania, ale również osiągnąć wymierne korzyści ekonomiczne, dzięki optymalizacji procesu dozowania. Efekt ten zilustrowano na rysunkach 3 i 4. Najkorzystniejszą sytuacją jest, gdy proces monitoringu jest w pełni zautomatyzowany i sprzężony z procesem dawkowania środków korekcyjnych. Jednak w praktyce jest to trudne do zrealizowania, przede wszystkim ze względu na wysokie koszty takiego rozwiązania. Dobrą alternatywą może być powierzenie całości czynności związanych z monitoringiem i obróbką wody wyspecjalizowanej firmie zewnętrznej. Outsourcing tego typu daje znaczne korzyści, bowiem użytkownik i jego instalacja korzystają z wiedzy i doświadczeń nabytych przez firmę zewnętrzną na wielu różnorodnych obiektach.

mgr inż. Jan Marjanowski,
Centrum Badawczo-Wdrożeniowe
UNITEX Sp. z o.o.
mgr Arkadiusz Nalikowski,
Przedsiębiorstwo MARCOR