

Jakość wody w układach chłodzenia

cz.II

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 porostu mikrobiologicznego wewnątrz układu. Wymienione procesy związane są ze środowiskiem wodnym i mają swoje źródło w nieodpowiednim przygotowaniu wody, jako czynnika chłodniczego.



Foto: archiwum

W części pierwszej artykułu skoncentrowano się na omówieniu współczesnych metod uzdatniania wody chłodzącej w otwartych układach chłodzenia z odparowaniem. W części drugiej zostaną omówione praktyczne porady i zalecenia dla chłodnika w zakresie przygotowania wody w zakładzie mleczarskim.

Wstęp

Poważnym problemem pojawiającym się w trakcie eksploatacji układów chłodzenia, w których rolę czynnika chłodzącego spełnia woda, jest występowanie niekorzystnych procesów, prowadzących do pogorszenia efektywności wymiany ciepła, korozyjnego niszczenia elementów konstrukcyjnych in-

stalacji, a nawet w skrajnych przypadkach skażenia mikrobiologicznego. Do najbardziej istotnych, niepożądanych procesów zachodzących w instalacjach chłodzenia zalicza się:

- korozję,
- procesy narastania osadów na elementach wymiany ciepła,
- niekontrolowany rozwój mikro- i makroflory.

Wszystkie wymienione procesy związane są ze środowiskiem wodnym i mają swoje źródło w nieodpowiednim przygotowaniu wody, jako czynnika chłodniczego. Zaznaczyć przy tym należy, że nie przebiegają one w sposób izolowany, ale wywierają na siebie wzajemnie wpływ, co zilustrowano graficznie na rysunku 1.

Podejście praktyczne prowadzi do poszukiwań skutecznych metod podporządkowania sobie tych procesów tak, aby za realnie niskie nakłady finansowe uzyskać maksimum efektów w postaci uporządkowania całej gospodarki wodnej na układzie chłodzenia tzn. wyeliminować negatywne zjawiska.

Należy zatem zwrócić uwagę na:

- właściwe uzdatnienie wody uzupełniającej układ chłodzenia zgodnie z potrzebą technologiczną,
- utrzymanie jakości wody w obiegu układu chłodzenia poprzez odfiltrowywanie części wytrąconych osadów mineralnych i biologicznych,
- nieprzekraczanie pewnych stężeń składników fizykochemicznych wody w określonych przedziałach poprzez monitorowanie poziomu dozwolonego zasolenia,
- korekcję chemiczną układu antyskalantami i inhibitorami korozji,

- wprowadzenie do układu wodnego biocydów dla zatrzymania procesu porostu biofilmu i zakwitów glonów.

Użyteczne składniki układu chłodzenia

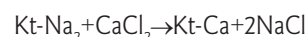
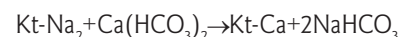
służące utrzymaniu jakości wody w układzie chłodzenia

Układ chłodzenia powinien być wyposażony w narzędzia, za pomocą których będzie można uzyskać zaplanowane z góry działania, mierzone w odpowiednich wartościach stężeń składników wody w obiegu czy też wprowadzanych środków korekcyjnych do obiegu. Na rys. 2 pokazano w sposób poglądowy te podstawowe narzędzia jako użyteczne składniki wyposażenia układu chłodzenia.

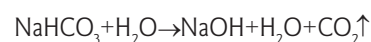
Urządzenie do zmiękczenia wody

Zmiękczacze przeciwdziałają wytrącaniu się osadów kamienia wodnego w układzie wodnym. Woda częściowo zmiękczona do poziomu twardości 2-4 stopni niemieckich jest wodą, która nie tworzy wytrąca dużych ilości osadów wapniowo-magnezowych i jednocześnie nie wzmaga procesów korozyjnych.

Za pomocą zmiękczacza a właściwie na złożu jonowymiennym zlokalizowanym w zmiękczaczu wody jest usuwana twardość węglanowa i stała, gdyż usuwane są jony wapnia i magnezu w myśl reakcji:



Usunięcie z wody jonów wapnia i magnezu, a więc kationów osadotwórczych i zastąpienie ich jonem sodowym, posiadającym wysoką rozpuszczalność w połączeniu z wieloma anionami, np. CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , gwarantuje brak możliwości wytrącania się osadów w wodzie. Wymieniony przez jonit kation sodu tworzy w wodzie wodorowęglan sodowy NaHCO_3 . Związek ten zarówno na gorąco, jak i na zimno w wodzie hydroлізуje 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. W środowisku o podwyższonym pH wody będzie natomiast łatwo wypadał osad węglanu wapnia w formie kamienia wodnego.

Zmiękczacze jest regenerowany w znany sposób za pomocą soli kuchennej NaCl. Należy zaznaczyć, że technika zmiękczenia wody na kationicie nie wpływa na zmniejszenie jej przewodnictwa, pozostaje ono podobne do tego jakie wykazywała woda przed zmiękczeniem.

Zestaw do automatycznego odsalania układu chłodzenia

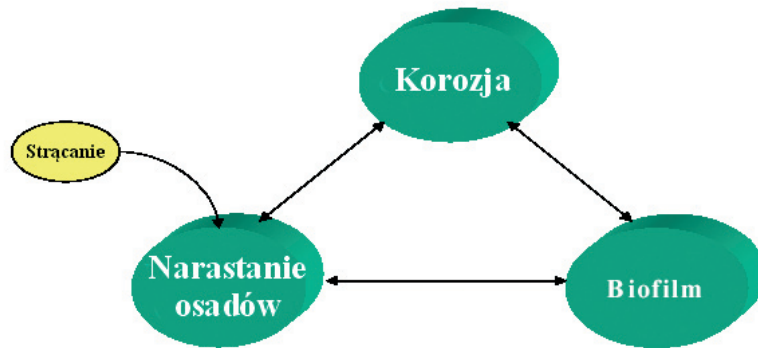
Zestaw do automatycznego odsalania układu zapewnia kontrolowany stopniem zasolenia zrzut wody obiegowej. Optymalnie wysterowany, pracujący w trybie automatycznym zestaw pośrednio zapobiega procesom korozji, oraz nadmiernym i niekontrolowanym stratom wody chłodniczej w układzie.

Zestaw jest wyposażony w układ do cyfrowego pomiaru i regulacji zasolenia wody. Przeznaczony jest do stosowania w układach chłodzenia, gdzie dochodzi do uzupełniania ubytków wody wynikłych z jej odparowania. Miarą zasolenia wody jest jej przewodnictwo i ten parametr fizyczny jest kontrolowany przez układ. W miarę odparowywania wody z obiegu dochodzi do jej tzw. zagęszczenia czyli wzrostu zasolenia ogólnego co objawia się wzrostem mierzonego przewodnictwa. Powoduje to wzrost zagrożenia korozyjnego urządzeń oraz niebezpieczeństwo odkładania się osadów i powstawania obrostów biologicznych w instalacji. W przypadku wzrostu przewodnictwa wody powyżej wartości granicznej (zwykle jest to wartość od 2000 do 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) zawór elektromagnetyczny dobrany do wielkości instalacji upuszcza część wody z obiegu. Ubytek jest uzupełniany świeżą wodą uzdatnioną (wodą zmiękczoną z dodatkiem środków korekcyjnych np. biocydów).

W skład popularnych w przemyśle zestawów wchodzi:

- sonda pomiarowa przewodnictwa wody z kompensacją temperaturą,
- cyfrowy miernik przewodnictwa z programowalnym przełącznikiem progowym i wyjściem prądowym 0/4-20mA proporcjonalnym do wartości mierzonej,

Rysunek 1. Graficzne przedstawienie wzajemnych zależności pomiędzy procesami wpływającymi na jakość wody



Rysunek 2. Podstawowe narzędzia – elementy układu do utrzymania jakości wody w układzie chłodzenia

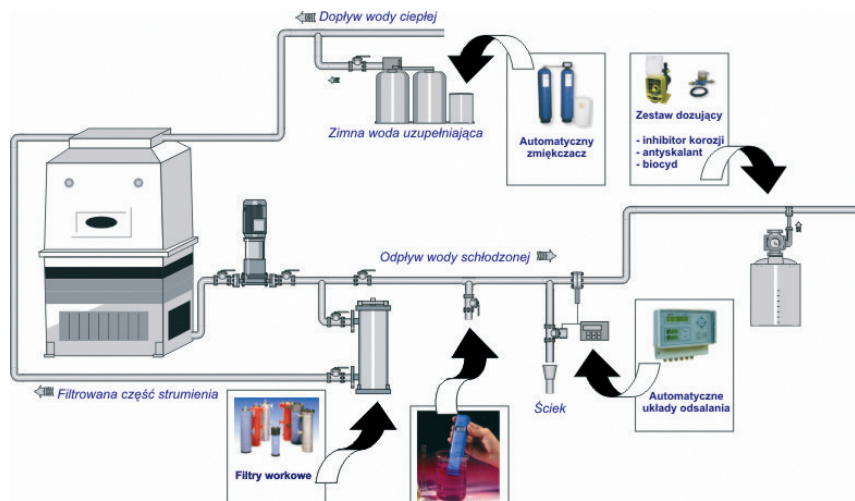


Tabela 1. Ocena porównawcza możliwych metod dezynfekcji szokowej w układzie chłodzenia

Kryterium oceny	Woda utleniona 30- 50 %	Ozon	Chlor	Dwutlenek chloru	Chloraminy
Szybkość dezynfekcji	++	+++	++	++	+
Skuteczność dezynfekcji	++	+++	+++	+++	+
Stabilność środka dezynfekującego w wodzie	+	niestabilny	++	++	+++
Koszt dezynfekcji	+	++	+++	++	+++
Korozja stali zwykłej jakości	++	+++	+++	+++	++
Korozja stali nierdzewnej	brak	brak	+++	+	++
Dawka szokowa w układzie chłodzenia (g /m ³)	20 ÷ 50	poniżej 1	5 ÷ 15	2 ÷ 5	15 ÷ 30

+ – wolno, słabo, nisko, ++ – średnio, +++ – szybko, mocno, wysoko

- blok przełącznika czasowego z programowalnym czasem otwarcia zaworu spustowego.

Dostawca wybranego zestawu powinien pouczyć eksploatatora o możliwych wariantach pracy sprzętu.

Bocznikowy filtr workowy

Zadaniem filtra workowego jest skuteczna filtracja wody obiegowej na obejściu na boczniku układu głównego, która eliminuje zawiesinę o charakterze mineralnym jak i organicznym. Praktyczna wielkość oczek filtra, który powinien być zainstalowany to

Tabela 2. Porównanie wybranych własności biocydów utleniających i nieutleniających w układach chłodzenia

Rodzaj biocydu	Wybrany przedstawiciel	Szerokie spektrum działania	Krótki czas reakcji	Bezpieczeństwo dla organizmów wyższych	Toksyczne produkty rozkładu	Właściwości korozyjne	Pogorszenie parametrów organolep. wody	Efektywny zakres pH	Dawka eksploatacyjna [g/m ³]
Biocydy utleniające	Podchloryn sodowy	dobry	dobry	dostateczny	dostateczny	niekorzystny	niekorzystny	6,5 – 8,5	0,2 ÷ 1,0
	Kwas podbromawy	dobry	dobry	niekorzystny	niekorzystny	niekorzystny	niekorzystny	6,5 – 10,0	0,2 ÷ 0,5
	Ozon	dobry	dobry	dostateczny	dostateczny	dostateczny	dobry	6,5 – 10,0	0,05 ÷ 0,2
	Dwutlenek chloru	dobry	dobry	dostateczny	dostateczny	dobry	dostateczny	6,5 – 10,0	0,1 ÷ 0,3
	Kwas nadociowy (PAA)	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry	6,5 – 8,0	1,0 ÷ 2,0
Biocydy nieutleniające	DBNPA – 2,2-dibromo-3-nitrylopropion-amid	dostateczny	dobry	niekorzystny	dostateczny	dobry	dobry	6,5 – 8,0	1,0 – 2,0
	Bronopol – 2-bromo-2-nitropropiono-1,3-diol	dobry	dobry	niekorzystny	dostateczny	dobry	dobry	6,5 – 8,0	8,0 – 30,0
	Polimery guanidyny	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry	6,5 – 9,5	2,0 – 20,0
	Aldehyd glutarowy	dostateczny	dobry	niekorzystny	dobry	dobry	dobry	6,5 – 9,0	45,0 – 60,0
	Czwartorzędowe związki amoniowe	dobry	dobry	dostateczny	dobry	dobry	dobry	6,5 – 8,5	5,0 – 10,0

Właściwości substancji względem założonego kryterium:



przedział z zakresu 5–50 µm. Wylapane przez filtr bocznikowy, mikrocząstki nie wbudowują się w makroosady w chłodni, lub w skraplaczu natryskowo-wyparnym. Wystarczający przepływ przez filtr usytuowany na boczniku to 3-8% natężenia przepływu w obiegu głównym. Filtry workowe cechują się prostotą wykonania i obsługi. Moduł filtracyjny składa się z głowicy filtra z pokrywą i ekranem podtrzymującym dla worka filtracyjnego. Worki są wykonane z tkaniny polipropylenowej. Zatkane worki mogą być wymienione w ciągu kilku minut. Worki mogą być wielokrotnie używane, regeneracja polega na opróżnieniu i umyciu worka w kwaśnej kąpeli. Dla dużych przepływów stosowane są zdublowane filtry na ramie. Dobór filtra zależy od jego charakterystyki technicznej, którą dostarcza producent filtra. W kraju jest kilku producentów filtrów workowych, są one także importowane z zagranicy. Filtr

pracuje w środowisku wodnym o pewnym podwyższonym zasoleniu w warunkach doskonałego natlenienia, czyli w warunkach o zwiększonym oddziaływaniu korozyjnym. Stąd też aby był trwały należy wybierać urządzenia wykonane ze stali nierdzewnej lub z PCV.

Bocznikowy filtr powinien być wyposażony w przepływomierz montowany za filtrem, zawór zwrotny i zawory odcinające filtr od głównego obiegu na czas wymiany worka. Filtr ponadto powinien być wyposażony w manometry na wejściu i wyjściu filtra pozwalające na odczyt różnicy ciśnień powstałej wskutek zanieczyszczenia się filtra. Z reguły różnica ciśnień 1,5 – 2,0 bara kwalifikuje workę do wymiany.

Zestaw dozujący środki chemiczne

Zestaw dozujący środki chemiczne składa się z pompy dozującej, zestawu

zaworów zwrotnych oraz pojemnika z tworzywa sztucznego na preparat. Poprzez dozowanie wg potrzeby inhibitora korozji, antyskalanta lub biocydu zapewnia ochronę przed korozją elementów metalowych konstrukcji chłodni i przeciwdziała wytrącaniu się osadów mineralnych i biologicznych.

Pompa dozująca zastosowana w zestawie dozującym może pracować z reguły w kilku trybach, wybór zależy od potrzeby np. w trybie ręcznej regulacji wydajności (poprzez zmianę objętości dawki i częstotliwości dozowania) albo w trybie zewnętrznego sterowania:

- a. poprzez zewnętrzne beznapięciowe impulsy pochodzące z wodomierza impulsowego lub dowolnego regulatora z wyjściem impulsowym z możliwością ich mnożenia lub dzielenia w zakresie 1:999 (tj. jeden impuls wyzwała 1-999

Tabela 3. Wybrane preparaty wielofunkcyjne do korekcji wody chłodzącej, dostępne na polskim rynku

Nazwa preparatu	Producent	Własności preparatu wielofunkcyjnego			
		Antyskalant	Inhibitor korozji	Biocyd	Własności dyspersyjne
Biofosfomar	Marcor	+	+	+	+
Escorr 288	Global Concepts	+	+	-	+
HS 202	Perfect Water	-	+	-	+
Hydrocor 20I	Hydro - X	+	+	+	+
Rondophos KWN	BWT	+	+	-	-
Waterdos MKB I6	WWT	+	+	+	+

suwów pompy lub do wyzwolenia I suwu potrzeba 1–999 impulsów),

- b.** poprzez zdalną płynną regulację częstotliwości pracy pompy w zakresie 10–80 suwów na minutę sygnałem prądowym 0/4 – 20 mA lub 20 – 0/4 mA.

Do prawidłowej pracy zestawu niezbędne jest dobranie właściwego wodomierza z sygnałem sterującym pracą pompy zamontowanego na rurze doprowadzającej wodę uzupełniającą. Może to być wodomierz impulsowy (z beznapięciowym impulsem nadawanym co określoną objętość wody – np. co 10 lub 100 litrów) lub wodomierz analogowy z sygnałem 0/4-20mA. Z reguły inhibitory korozji i antyskalanty podaje się do obiegu wodnego proporcjonalnie do ilości dopływającej wody uzupełniającej układ chłodzenia, natomiast biocydy utleniające dodaje się do wody szokowo w trybie ręcznym pod wyliczoną ilość całkowitą biocydu, który należy wprowadzić do układu w określonym czasie aby uzyskać krótkie w czasie szokowe stężenie biocydu. Biocydy nieutleniające są wprowadzane wg programu mającego zapewnić ich minimalne stężenie w układzie, tj. wg programu dobranego przez dostawcę biocydu zwykle proporcjonalnie do dopływającej wody, choć też program może określać kilka wybranych godzin dziennie, w których preparat będzie podawany w określonej dawce. Wszystko zależy od specyfiki układu chłodzenia, wymaganej jakości wody, sposobu jej uzdatniania, zagrożeń zanieczyszczeniem. Wybór programu powinien ustalić specjalista w zakresie uzdatniania wody lub dostawca preparatów.

Monitoring jakości wody

Stały bądź okresowy monitoring jakości wody w układzie chłodzenia jest elementem mającym decydujące znaczenie dla optymalizacji warunków pracy całego układu. Monitorowaniu powinny podlegać parametry jakościowe wody w trzech podstawowych grupach:

- podstawowe parametry fizykochemiczne wody obiegowej,
- parametry mikrobiologiczne,
- stężenia dozowanych środków korekcyjnych.

Pomiary podstawowych parametrów fizykochemicznych wody obiegowej przeprowadza się w celu określenia jakie tendencje dominują w układzie – czy układ jest narażony na korozję, czy też na zarastanie osadami? W tym celu przeprowadza się pomiary wybranych parametrów wody, takich jak: odczyn pH, temperatura, twardość wapniowa, zasadowość m i p, zasolenie całkowite oraz stężenie chlorków i siarczanów. W oparciu o zmierzone parametry można obliczyć wartości tzw. indeksów stabilności wody.

Indeksy te są pewnymi i miarodajnymi wskaźnikami, określającymi jakie tendencje posiada woda obiegowa w układzie chłodzenia. Najczęściej stosowane są trzy indeksy:

- Indeks stabilności Langeliera – na jego podstawie można oszacować jak duża jest w układzie tendencja do wytrącania osadów węglanów wapnia i magnezu (kamień wodny). Optymalne wartości indeksu Langeliera mieszczą się w zakresie od –0,5 do 0,5. Przyjmuje się, że w tym zakresie wytrącanie osadów nie zachodzi w ogóle. Zakres indeksu od 0,5 do 2,0 to obszar słabego strącania osadów. Warunkowo dopuszcza się pracę układu chłodzenia w tym zakresie. Natomiast przy wartościach indeksu przekraczających 2,0 występuje proces szybkiego wytrącania dużych ilości węglanów wapnia i magnezu, mogący prowadzić do kompletnego zarastania powierzchni wymiany ciepła. Praca układu chłodzenia przy tych wartościach indeksu jest niezalecana, a przy bardzo wysokich wartościach wręcz niedopuszczalna.
- Indeks stabilności Ryznara – informuje o potencjalnej korozyjności wody obie-

gowej, a także o tendencji do wytrącania osadów mineralnych. Optymalne wartości tego indeksu, to zakres od 6,0 do 7,0. Dopuszcza się również pracę układu chłodzenia przy wartościach przekraczających 5,0, co wiąże się z powolnym wytrącaniem osadów mineralnych. Przy wartościach indeksu poniżej 5,0 należy się spodziewać szybkiego wytrącania dużych ilości osadów. Niezalecana jest praca układu chłodzenia powyżej wartości 7,0 indeksu. Tak wysokie wartości informują z reguły o dużej korozyjności wody obiegowej i dużym narażeniu materiałów konstrukcyjnych na korozję.

- Indeks stabilności Larsona-Skolda – jest obliczany w oparciu o zmierzone stężenia chlorków i siarczanów w wodzie obiegowej. Niesie istotne informacje o potencjalnym zagrożeniu materiałów konstrukcyjnych korozją wżerową, powodowaną przez jony chlorkowe i siarczanowe. Nawet w przypadku optymalnych wartości indeksu Ryznara, indeks Larsona-Skolda może przyjmować wysokie wartości, świadczące o narażeniu na korozję wżerową, ponieważ oba te indeksy odnoszą się do innego mechanizmu korozji (indeks Ryznara – korozja równomierna, indeks Larsona-Skolda – korozja wżerowa). Optymalny jest zakres wartości indeksu poniżej 0,8, a dopuszczalny poniżej 1,2. Powyżej wartości 1,2 należy liczyć się z możliwością wystąpienia w układzie korozji wżerowej, tym intensywniejszej, im wyższa wartość indeksu.

Pomiary parametrów mikrobiologicznych mają na celu ocenę ilościową i jakościową mikroflory egzystującej w układzie chłodzenia. Monitoring taki przeprowadza się z reguły za pomocą szybkich testów mikrobiologicznych, które po stosunkowo krótkim czasie, wymaganym na inkubację, dają ogólne informacje o stopniu skażenia mikrobiologicznego (ilość kolonii mikroorganizmów na jednostkę objętości) oraz dominującym rodzajem mikroorganizmów występujących w układzie (bakterie, grzyby, glony). Przyjmuje się, że mierzona obecność mikroorganizmów na poziomie do 10^3 cfu/ml nie stwarza zagrożenia dla układu chłodzenia. Powyżej tej wartości użytkownik powinien podjąć już środki zaradcze w celu zahamowania niekontrolowanego rozrostu mikroflory. Wartości przekraczające 10^6 cfu/ml informują już o wysokim stopniu skażenia mikrobio-



logicznego wody obiegowej, który może prowadzić do intensywnego zarastania układu biofilmem.

Pomiary stężenia dozowanych środków korekcyjnych ściśle łączą się z pomiarami w dwu poprzednich grupach. Ich podstawowym celem jest korelacja stosowanej dawki środka korekcyjnego (antyskalanta, inhibitora korozji, biocydu) z warunkami panującymi aktualnie w układzie chłodzenia. Przykładowo w wodzie niosącej duży ładunek materii organicznej, celowe jest monitorowanie dawki stosowanego biocydu utleniającego i właściwa korekta tej dawki, zapewniająca niewielki nadmiar biocydu, pozostający po utlenieniu substancji organicznych. Podobnie w przypadku, gdy woda w układzie staje się bardziej korozyjna (wzrost indeksu Ryznara), celowe jest pomiar stężenia inhibitora korozji w wodzie obiegowej i w oparciu o niego korekta stosowanej dawki inhibitora. Monitoring stężenia środków korekcyjnych pozwala zoptymalizować dozowanie tych środków i w efekcie obniża koszty jednostkowe ich stosowania.

W optymalnym wariancie monitoring powinien być zautomatyzowany, prowadzony w sposób ciągły i sprzężony z procesem dawkowania środków korekcyjnych. W praktyce jednak takie rozwiązanie ze względu na bardzo wysokie koszty, rzadko kiedy jest możliwe do wprowadzenia. Na szczęście w znakomitej większości przypadków dla małych i średnich układów chłodzenia, zupełnie wystarczający okazuje się monitoring okresowy. Najwygodniej jest monitoring tego typu powierzyć fachowej firmie zewnętrznej,

która w całości zajmie się pomiarami, ich interpretacją oraz opracuje, zaproponuje rozwiązania, zmierzające do polepszenia warunków pracy całego układu. Przykład takiego outsourcingu, w postaci raportu z monitoringu ilustruje rys. 3.

Biocydy

dezynfekcja układu wodnego i jej podtrzymanie jako ostatni stopień uzdatniania wody

Dezynfekcja jest końcowym procesem w technologii uzdatniania wody. Prowadzi się ją w celu zniszczenia żywych i przetrwalnikowych form organizmów budujących biofilm, glonów i innych mikroorganizmów znajdujących się w wodzie oraz zabezpieczenia wody przed wtórnym zanieczyszczeniem w czasie jej cyrkulacji w układzie chłodzenia. Istnieje wiele sposobów dezynfekcji wody, znana jest duża ilość biocydów wykorzystywanych w tym procesie. Niestety znaczna ich część nie nadaje się do stosowania w układzie chłodzenia a w innych warunkach są doskonałe np. w wodzie pitnej. Wynika to ze specyfiki układu w mleczarstwie a szczególnie tam, gdzie do obiegów chłodzenia wykorzystywane są wody uzupełniające z wyparek mleka, serwatki, permeaty po odwróconej osmozie serwatki. Układ chłodzenia obciążony dużym ładunkiem biologicznym w warunkach dobrego natlenienia zachowuje się jak biologiczna oczyszczalnia ścieków. Woda w nim cuchnie, wytrąca się osad, rosną glony.

Istnieje pilna potrzeba zweryfikowania stosowanego dotychczas sposobu dezynfekcji tak, aby był on nowoczesny, prowadzony racjonalnie, tj. najbardziej właściwie dla specyfiki wody z obiegu i gwarantował czystość mikrobiologiczną wody na wymaganym poziomie, niekoniernie zerowym.

Dezynfekcja szokowa

W układzie chłodzenia niezmiernie trudno jest utrzymać czystość mikrobiologiczną, szczególnie wtedy, gdy woda uzupełniająca zawiera wtrącenia związków organicznych, tj. posiada wysoki całkowity węgiel organiczny (OWO) lub chemiczne zapotrzebowanie tlenu CHZT. Woda ze studni posiada zwykle niskie CHZT (poniżej 10 mg O₂/l), natomiast wymienione wyżej wody odpadowe w mleczarstwie posiadają wysokie CHZT jak np. woda z procesów zągęszczania serwatki na odwróconej osmo-

zie. Stosowanie zwykłych i zwyczajowo przyjętych biocydów w regularnie do programu dezynfekcji wprowadzanych dawkach jak np. czwartorzędowe sole amoniowe nie przynosi dobrych rezultatów w zakresie ograniczenia życia mikrobiologicznego. Wymagane są dawki coraz silniejsze, ponieważ mikroorganizmy przyzwyczajają się do stosowanego biocydu. Aby ograniczyć wzrost stężenia biocydu nieutleniającego stosuje się biocydy utleniające w szokowych dawkach tzn. w stężeniu kilkanaście lub kilkadziesiąt razy wyższym od zwykle stosowanego w podobnych układach. Krótki czas aktywności biocydu utleniającego ogranicza korozję elementów obiegu wodnego. W tabeli 1 przedstawiono porównawczo niektóre własności stosowanych szokowo biocydów oraz zestawiono dawki dla dezynfekcji szokowej.

Dezynfekcja podtrzymująca czystość mikrobiologiczną układu

Impregnacja układu chłodzenia biocydem nieutleniającym jest zwykle stosowanym procesem dla podtrzymania osiągniętej czystości mikrobiologicznej układu w wyniku szokowej dezynfekcji. Ponadto należy stosować zamiennie dwa rodzaje biocydu co pewien czas je zmieniając tak aby biosystem nie przystosował się do jednego rodzaju biocydu. Jednym może być biocyd nieutleniający, a tym drugim utleniający podawany już jednakże w dawkach znacznie niższych niż szokowe – tzw. dawkach eksploatacyjnych. W tabeli 2 porównano wybrane własności biocydów utleniających i nieutleniających stosowanych w dezynfekcji ciągłej wody chłodzącej. Przy doborze biocydów szczególną uwagę należy zwrócić na ich tolerancję w stosunku do twardości wody. Wysoka twardość wody, rzędu 30°n, w przypadku niektórych biocydów, jak np. czwartorzędowe związki amoniowe lub polimery guanidyny, skutkuje obniżeniem efektywności działania biocydu. W takich przypadkach częstym zjawiskiem jest współstrącanie się biocydu wraz z osadami mineralnymi, czego konsekwencją jest obniżenie efektywnego stężenia biocydu w wodzie obiegowej. Podobnie istotne jest również zwrócenie uwagi na inne komponenty chemicznego uzdatniania wody stosowane w układzie (inhibitory korozji, antyskalanty), tak by zastosowany biocyd nie powodował negatywnych interakcji z już stosowanymi substancjami, jak np. utlenianie organicznych inhibitorów korozji przez ozon.

Znane rynkowe, wielofunkcyjne preparaty do uzdatniania wody w układach chłodzenia

Obecnie coraz popularniejsze stają się wielofunkcyjne preparaty do uzdatniania wód chłodniczych. Preparaty takie, oparte z reguły na kilku komponentach, spełniają jednocześnie kilka funkcji, np. inhibitora korozji i antyskalanta, inhibitora korozji i środka biobójczego bądź wszystkie trzy podstawowe funkcje jednocześnie. Stosowanie preparatów wielofunkcyjnych stanowi dla użytkownika instalacji chłodniczej duże ułatwienie. Do najważniejszych zalet takiego rozwiązania należą:

- zredukowanie do jednego układów dozujących – w przypadku oddzielnego dozowania komponentów, każdy z nich musi być dozowany za pomocą własnego układu dozującego,
- zapobieganie możliwości negatywnych interakcji pomiędzy poszczególnymi komponentami uzdatniania wody – oczywistym jest, że już na etapie doboru komponentów do preparatu wielofunkcyjnego, producent optymalizuje skład w sposób wykluczający wzajemne działanie antagonistyczne składników, tymczasem użytkownik samodzielnie dobierający poszczególne komponenty, dozowane oddzielnie do układu, naraża się na ryzyko wystąpienia negatywnych interakcji między nimi (kontaminacja, działanie antagonistyczne, wzajemna neutralizacja itp.),
- wykorzystanie synergicznych (wzajemnie wzmacniających się) właściwości komponentów – producent ma możliwość takiego doboru komponentów, aby tworzyły one wzajemnie, najbardziej korzystne dla siebie środowisko działania, dzięki czemu sumaryczny efekt działania preparatu przewyższa znacznie efekt działania pojedynczego komponentu.

W tabeli 3 przedstawiono porównanie wybranych preparatów wielofunkcyjnych dostępnych na polskim rynku. Dawkowanie wymienionych preparatów jest bardzo zróżnicowane i w podstawowym stopniu zależne od głównego celu, w jakim dany preparat jest stosowany. Inaczej dobierane są dawki, jeżeli podstawowym celem jest ochrona przed korozją, inaczej gdy preparat ma zabezpieczać układ przed wytrącaniem się osadów mineralnych, odmienny też

będzie dobór dawek, gdy głównym celem jest dla użytkownika stabilizacja życia mikrobiologicznego.

Podsumowanie

Właściwe przygotowanie wody zasilającej oraz obróbka wody obiegowej w układzie chłodzenia wymagają szerokiej wiedzy specjalistycznej i znajomości procesów przebiegających w układzie (odparowanie, zateżnienie, alkalizacja itp.). Opracowanie technologii przygotowania wody należy zawsze rozpoczynać od rozpoznania układu pod względem materiałów konstrukcyjnych i rodzaju zastosowanych urządzeń (skraplacze, wieże wyparnej, sprężarki, pompy). Kolejnym etapem jest dobór odpowiedniej techniki przygotowania wody uzupełniającej (zmiękczenie, demineralizacja). Ostatni etap, zmierzający do osiągnięcia właściwej jakości wody obiegowej, jest najbardziej złożony i wymaga zastosowania niejednokrotnie całej gamy metod korekcyjnych – począwszy od filtracji, poprzez automatyczne odsalanie, po dozowanie środków chemicznych. Nieodzwone dla prawidłowego funkcjonowania układu chłodzenia jest też prowadzenie przynajmniej okresowego monitoringu, wyniki którego będą stanowić podstawę do ewentualnej korekty, w prowadzonych procesach obróbki wody.

Skala problemu przygotowania i obróbki wody oraz stopień jego skomplikowania skłaniają raczej do konkluzji, iż optymalnym rozwiązaniem jest powierzenie tego zagadnienia w całości wyspecjalizowanej firmie zewnętrznej a od dostawców preparatów o własnościach biocydu należy żądać programu dozowania i zamian preparatów dozowanych do wody obiegowej.

Od autorów

Podstawowym celem przyświecającym nam podczas opracowania niniejszego artykułu było przybliżenie użytkownikom i eksploatatorom przemysłowych układów chłodzenia w zakładach produkcji spożywczej, problemów związanych z prawidłowym przygotowaniem i obróbką wody chłodzącej. W części pierwszej przedstawiliśmy omówienie wymagań dotyczących wody chłodzącej oraz metod, służących do osiągnięcia wymaganej jakości wody. W niniejszej części omówiliśmy praktyczne rozwiązania stosowane w układach chłodzenia w celu ich ochrony przed korozją, osadami i rozwojem życia biologicznego.

Rysunek 3. Wygląd raportu z okresowego monitoringu wody obiegowej w układzie chłodzenia

Przedsiębiorstwo **MARCOR**

Jakość wody w układzie chłodzenia. RAPORT OKRESOWY

1. Obiekt: Układ chłodzenia ze skraplaczami natryskowo-wyparnymi.

2. Sposoby obróbki wody uzupełniającej i wody obiegowej:

zmiękczenie demineralizacja odsalanie:

dozowanie środków korekcyjnych: ręczne automatyczne

antyskalanty biocydy inhibitory korozji

nazwy dozowanych środków: brak danych dawka: b/d

3. Parametry wody uzupełniającej:

Odczyn pH	8,4
Twardość ogólna [mg/l CaCO ₃]	80
Zasadowość [mg/l CaCO ₃]	211
Zatężenie całkowite [mg/l]	367
Przewodność [µS/cm]	670
Chlorki [mg/l]	75
Szkarzany [mg/l]	80

4. Parametry wody obiegowej:

Odczyn pH	9,5
Temperatura [°C]	23
Twardość ogólna [mg/l CaCO ₃]	107
Zasadowość p [mg/l CaCO ₃]	178
Twardość wapniowa [mg/l CaCO ₃]	108
Zasadowość m [mg/l CaCO ₃]	1275
Zatężenie całkowite [mg/l]	1863
Przewodność [µS/cm]	4420
Chlorki [mg/l]	180
Szkarzany [mg/l]	200
Stopień zżerzenia wody obiegowej	5,1
Cynk [mg/l Zn ²⁺]	2

Stopień skażenia mikrobiologicznego wody: male średnie silne
 bakterie: 10³ grzyby: brak

5. Wyliczone indeksy stabilności wody (woda obiegowa):

Indeks stabilności Langietera LSI =	2,62
zalecane 0,5 < LSI <= 0,5; dopuszczalne LSI < 2,0	
Indeks stabilności Ryznara RSI =	4,25
zalecane 6,0 < RSI <= 7,0; dopuszczalne RSI = 5,0	

6. Komentarz:
 Wysoka wartość indeksu Langietera wskazuje, że w układzie występuje tendencja do wytrącania osadów węglanów wapnia i magnezu. W dłuższym okresie czasu może to skutkować zarastaniem rurek skraplaczy kamieniem wodnym. Nie występuje narażenie układu na korozję - niska wartość indeksu Ryznara. Woda zasilająca układ posiada odpowiednią twardość - rzędu 4-5 °d. Zbyt wysoki jest natomiast przewodność wody obiegowej. Przekracza ona 2,5 raza dopuszczalne przewodność wody określone przez producenta skraplaczy - firmy Baltimore (norma 1800 µS/cm). Wskazuje to na wadliwe działanie lub w ogóle brak automatycznego układu odsalania. Nie stwierdzono w wodzie obiegowej skażenia mikrobiologicznego - życie mikrobiologiczne egzystuje na umiarkowanie niskim poziomie. Niepokojące jest wysokie stężenie szkarzanów i chlorków, które mogą powodować korozję wizerowa materiałów konstrukcyjnych.

7. Zalecenia odnośnie dalszej obróbki wody:
 Zaleca się regulację, lub montaż (w przypadku braku) automatycznego układu odsalania. Odsalanie należy prowadzić zgodnie z zaleceniem producenta skraplaczy - firmy Baltimore, otwarcie zaworu odsalającego po przekroczeniu granicznego przewodnictwa 1800 µS/cm. Właściwe wyregulowanie układu odsalania powinno doprowadzić do obniżenia indeksu Langietera, czyli zahamowania procesu wytrącania osadów w układzie.
 Wysokie stężenie szkarzanów w układzie może być wynikiem stosowania preparatu do korekty wody chłodzącej, opartego na kwasie siarkowym. Zalecamy sprawdzenie czy stosowany preparat Nalco nie zawiera kwasu siarkowego (sulfuric acid), a jeśli tak, to zastąpienie go trymetyloaminy.
 Proponujemy np. nasz preparat wielofunkcyjny Biosfosteram, w dawce ok. 20 ml/m³.

Data wykonania badania: 03.03.2007 Raport sporządził:

Zamierzeniem naszym jest opracowanie i publikacja w 2008 roku kontynuacji artykułu, w postaci części trzeciej. W tej części chcielibyśmy się skupić na omówieniu praktycznych aspektów monitoringu wód chłodniczych, z wykorzystaniem niedrogich testów i aparatury pomiarowej, umożliwiających użytkownikowi prowadzenie monitoringu we własnym zakresie. Postaramy się udowodnić, że stosunkowo niewielkim nakładem kosztów, w wielu przypadkach, użytkownik może kontrolować jakość wody w swoim układzie samodzielnie i podejmować odpowiednie działania korygujące. Będzie w ten sposób mniej zależny od firm dostarczających preparaty do układów chłodzenia a jego działania będą świadome i przewidywalne.

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