



Chemiczne czyszczenie instalacji chłodniczych

Cz. 2. Agregaty chłodnicze i instalacje wody lodowej

Leszek ZIÓŁKOWSKI

Zachowanie wysokiej sprawności pracy agregatów chłodniczych i klimatyzacyjnych wymaga okresowego oczyszczania powierzchni wymiany ciepła parowników i skraplaczy, a niekiedy całej instalacji. Najłatwiej i najszybciej można to wykonać poprzez ich czyszczenie chemiczne.

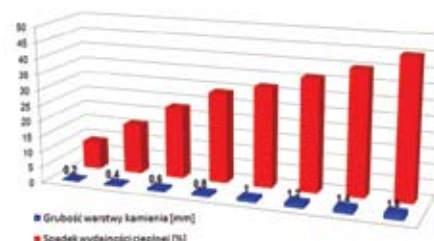
Artykuł jest kontynuacją tematu podjętego w wydaniu styczniowo-lutowym 2012 na stronie 40.

Miarą skuteczności wymiany ciepłej parownika jest różnica temperatury czynnika chłodniczego i strumienia schładzanego medium. Aby uzyskać maksymalną sprawność wymiany ciepła dla różnych wielkości (mocy chłodniczej) parowników, producenci podają różne wartości prędkości przepływu wody lodowej (inne dla wody a inne dla glikolu). Obliczenia takie dokonywane są, oczywiście, dla czystych instalacji. Jeżeli w parowniku powstanie osad kamienia, to w znaczny sposób ogranicza się sprawność wymiany i przenikalności cieplnej rurki miedzianej oraz warstwy osadu. Wówczas, mimo zachowania nominalnego przepływu wody lodowej, temperatury na wejściu i wyjściu parownika są dalekie od żądanych, co w konsekwencji prowadzi do wydłużenia cyklu schładzania zładu w instalacji, a to skutkuje podniesieniem kosztów energii elektrycznej dla pracy sprzężarek.

O AUTORZE



dr inż. Leszek
ZIÓŁKOWSKI – kierownik
Działu Chemicznych
Czyszczeń w PPH KAMIX
Sp. J.



Rys. 1. Zależność grubości osadu do spadku wydajności cieplnej parownika

Jeśli temperatura medium (wody lodowej, wodnego roztworu glikolu itp.) spada, obniża się temperatura i ciśnienie czynnika chłodniczego, a w konsekwencji zmniejsza się ilość pracy, którą

musi wykonać sprężarkę. Zależności istniejące pomiędzy grubością osadu a spadkiem wydajności cieplnej przedstawiono na wykresie (rys. 1). Proszę zwrócić uwagę, iż osad już o grubości zaledwie 0,2 mm powoduje spadek wydajności chłodniczej o około 8 proc., a osad o grubości 1,6 mm może ograniczyć moc urządzenia o nawet 50 proc., czyli mniej więcej tyle energii marnujemy niepotrzebnie.

Na prędkość narastania kamienia wodnego wpływa temperatura powierzchni wymiany ciepła i prędkość przepływu wody – im niższa jest temperatura rurki parownika oraz większa prędkość przepływu wody, tym mniejsza jest podatność na odkładanie się na niej osadu. Jednak w przypadku parownika, jak już zaznaczono, prędkość przepływu wody musi być dostosowana do prędkości odparowania czynnika, dlatego też celowo zmniejsza się ją poprzez zamontowanie pionowych blach kierujących. Ma to istotny wpływ na przebieg czyszczenia, a zwłaszcza na dokładne wypłukanie szlamu z niedostępnych przestrzeni.

Według niektórych opinii, chemicznemu czyszczeniu powinny być poddawane wyłącznie parowniki płaszczowo-rurkowe, o rozszerzaniu bezpośrednim z odparowaniem czynnika w rurach, kiedy warstwa osadu powstaje na ich zewnętrznej powierzchni, a zastosowany obieg wody lodowej jest typu zamkniętego. Natomiast drugi typ – parowniki zalane – ze względu na możliwość demontażu dennic zaleca się czyścić mechanicznie, za pomocą wyciorów (w praktyce bywa to nieskuteczne, gdyż najczęściej okazuje się, że agregat ustawiony jest tak blisko ściany lub innego urządzenia, że czyszczenie wyciorem jest po prostu niemożliwe). Często okazuje się, że twarde osady kamienia nie ulega usunięciu, w przeciwieństwie do wycieranych odkrytych fragmentów delikatnych miedzianych rurek (rys. 2).

W tej sytuacji najlepszym sposobem odkamieniania jest chemiczne czyszczenie, pozwalające praktycznie bez zbędnego demontażu urządzeń, skutecznie usunąć osad, przy maksymalnym skróceniu czasu wyłączenia instalacji z pracy, gdyż przy zastosowaniu dobrych preparatów czyszczenie trwa około 4÷8 godzin.

Przygotowanie czyszczenia parownika

Chociaż ze względu na rodzaj stosowanych materiałów oraz podobieństwo konstrukcji, czyszczenie parownika i skraplacza płaszczowo-rurkowego jest podobne, różni je typ kamienia, który determinuje zastosowanie określonej technologii czyszczenia (zazwyczaj skraplacze chłodzone są wodą w obiegu otwartym, której ubytki są uzupełniane, co powoduje zateżnienie soli i zwiększenie prędkości odkładania się kamienia wodnego).

Rozwiązaniem idealnym jest wykonanie rewizji urządzenia, pobranie próbek osadu oraz wykonanie badań symulacyjnych,

określających w relacji koszt–efekt główne parametry chemicznego czyszczenia: rodzaj kąpieli (kwaśna, zasadowa), odczyn pH, temperatura roztworu i minimalny czas trwania każdej cyrkulacji. Jednak najczęściej, w wyniku ciągłej pracy agregatu, bądź ze względów czysto technicznych, pobranie próbek jest niemożliwe. Wówczas koszt wykonania usługi powinien uwzględniać sytuację, gdy w wyniku objawów reakcji chemicznej w postaci postępowania zmiany barwy roztworu na ciemną oraz przyrostu powstałej piany, dokonana ocena wypadnie negatywnie i zajdzie konieczność zmiany preparatu, bądź wykonania zamiast jednej, trzech cyrkulacji (preparat kwaśny, np. Kamix; zasadowy, np. DUO+ i ponownie kwaśny).

W trakcie rekonesansu należy określić:

- dostępność króćców serwisowych, ewentualnie sposób podłączenia agregatu czyszczącego do parownika za pomocą przyłg kołnierзовych (rys. 3 i 4.) (dzięki uzyskanym informacjom, wykonawca czyszczenia może się do niego odpowiednio przygotować, zwłaszcza w zakresie przygotowania odpowiednich złączy);
- rozmieszczenie i sprawność zaworów odcinających parownik od reszty zładu wody lodowej;
- możliwość jednoczesnego czyszczenia parownika i skraplacza w jednym obiegu roztworu;
- dostęp do wody surowej;
- dostęp do zasilania 400V;
- możliwość spustu zneutralizowanych roztworów poreakcyjnych do kanalizacji.

Uwzględniając warunki pracy agregatu, rodzaj wody i typ występującego kamienia wodnego oraz rodzaj materiału, z którego wykonany jest układ wody lodowej, a także grubość osadu, należy dobrać odpowiedni preparat i określić jego zużycie.

W tabeli 1. przedstawiono przykładowe zapotrzebowanie na preparaty czyszczące. Założono, że 1/3 masy osadu stanowią węglany wapnia i magnezu, wymagające zużycia 1,6 kg preparatu Kamix na każdy kg kamienia, kolejną 1/3 stanowią związki organiczne roztwarzane preparatem DUO+, a resztę związki żelaza roztwarzalne w Kamix KW.

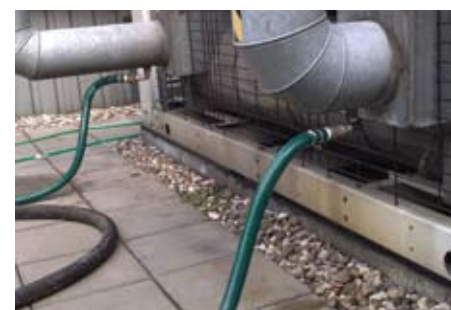
Powyższe zestawienie dotyczy wykonanego czyszczenia parownika Carrier. Ze względu na długi czas pracy oraz niską jakość wody lodowej, obok kamienia wodnego powstały osady organiczne, o czym świadczył zapach siarkowodoru. Uwzględniono konieczność wykonania aż trzech cyrkulacji: pierwszej roztworem preparatu Kamix dla usunięcia osadu węglanowego (około 1/3 całości), drugiej roztworem preparatu DUO+, dla usunięcia organiki i ostatniej roztworem Kamix KW dla usunięcia żelaza



Rys. 2. Stan po czyszczeniu wyciorem



Rys. 3. Podłączenie do parownika SULZER



Rys. 4. Podłączenie do parownika CARRIER króćcami serwisowymi

Tabela 1. Przykładowe wartości zapotrzebowania na preparaty czyszczące

Parametr	Wartość
Średnica rurki a [cm]	2
Długość rurki [cm]	220
Ilość rurek [szt.]	46
Długość wszystkich rurek [cm]	10120
Obwód rurki = $2\pi \times \frac{1}{2} a$ [cm]	6,28
Zakamieniona powierzchnia rurek S [cm ²]	63553,6
Grubość kamienia d [cm]	0,2
Objętość kamienia V [cm ³]	12710,72
Gęstość kamienia q [g/cm ³]	2,5
Masa kamienia [g]	31777
Masa kamienia m [kg]	31,77
Wymagana masa preparatu KAMIX [kg]	$32 \times \frac{1}{3} \times 1,6 = 17$
Wymagana masa preparatu DUO+ do przygotowania 5% roztworu [kg]	17,5
Wymagana masa preparatu KAMIX KW [kg] do przygotowania 350 cm ³ 10% roztworu	35

i produktów korozji, o czym świadczył czarny kolor roztworu czyszczącego w pierwszej cyrkulacji.

Praktyka wykonanych czyszczeń potwierdza celowość podgrzewu roztworu czyszczącego z dwóch powodów. Po pierwsze, podniesienie temperatury roztworu z 20 do 40÷50°C skraca czas czyszczenia o połowę. Po drugie, w zależności od jakości wody lodowej, powstały osad może zawierać pewne frakcje kamienia, do rozтворzenia których wymagana jest temperatura 80÷90°C. Dotyczy to zwłaszcza organiki oraz siarczanów i krzemionki, których zawartość procentowa zdecydowanie wzrasta w osadzie powstałym z wody zmiękczonej.

Ostatnią kwestią jest wybór preparatów czyszczących. Głównym kryterium powinna być skuteczność działania oraz jak najniższa prędkość korozji. Dodatkowo, przy podgrzewie roztworu należy preferować preparaty w postaci proszku, które w przeciwieństwie do preparatów płynnych, w trakcie podgrzewu roztworu nie będą ulegać szybkiemu odparowaniu. W przypadku, gdy odkamieniany agregat zamontowany jest w piwnicy budynku biurowego lub mieszkalnego, zastosowany preparat nie powinien wydzielać przykrych zapachów, które szybko rozprzestrzeniają się w budynku.

Przygotowanie czyszczenia skraplacza

W skraplaczach gaz przepływa zawsze w przestrzeni międzyrurowej płaszczu, gdzie skraplany jest przepływem zimnej wody w rurkach. W przypadku sprężarek dwustopniowych najczęściej stosuje się dwustopniowe rozprężanie. W skraplaczu dolna część wiązki rur wyodrębniona jest za pomocą blachy rozdzielającej i stanowi przeciwprądowy dochładzacz ciekłego czynnika, zasilany wodą dopływającą do chłodzenia skraplacza. Płaszcz rozprężania bezpośredniego i wymiennik rurowy skraplacza z asymetrycznym obiegiem czynnika chłodniczego, utrzymują prawidłową prędkość przepływu czynnika wewnątrz rurek w czasie zmian faz z ciekłej w gazową.

Woda lodowa, schładzana w wieży natryskowo-wyparnej, najczęściej wykonanej ze stali ocynkowanej, przepływa zazwyczaj w rurach wykonanych ze stali R35. Taka różnorodność zastosowanych materiałów powoduje potrzebę użycia do chemiczne-

go czyszczenia preparatów gwarantujących zarówno skuteczność działania, jak również bezpieczeństwo korozyjne. Dotyczy to zwłaszcza warstwy ocynku, który jest bardzo podatny na rozpuszczanie w roztworach kwaśnych. Te wysokie wymagania spełnia preparat Kamix Zn.

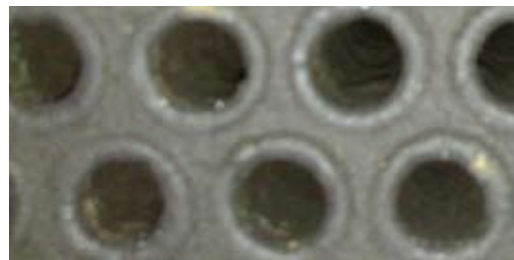
Możliwe są trzy warianty czyszczenia:

1. Czyszczenie samego skraplacza roztworem preparatu Kamix lub Kamix KW;
2. Czyszczenie skraplacza preparatem Kamix lub Kamix KW, a następnie, po odcieciu zaworów i zamknięciu obiegu, czyszczenie roztworem preparatu Kamix Zn instalacji obiegu wody, pomp, zaworów i wieży chłodniczej;
3. Jednoczesne czyszczenie roztworem preparatu Kamix Zn skraplacza, parownika, instalacji obiegu wody, pomp, zaworów i wieży chłodniczej.

Orientacyjny czas czyszczenia w wariantach 1. wynosi 4÷8 godzin. Wariant 2., chociaż jest najdłuższy i wymaga około 20 godzin czyszczenia, przynosi najlepsze rezultaty. Z kolei wariant 3. jest najszybszy i trwa około 4÷6 godzin, ale ze względu na dużą pojemność czyszczonego układu, wymaga zużycia największej ilości preparatu. Należy także pamiętać, że nieodkamienienie wieży spowoduje, że kamień z lameli szybko osadzi się na rurkach skraplacza.

Większość skraplaczy ma możliwość szybkiego demontażu dennicy, co umożliwi przeprowadzenie rewizji wewnętrznej, pobranie próbki osadu oraz określenie jego grubości.

Na rysunku 5. przedstawiono widok zakamienionych rurek stalowych (stal Fe 35.2 w rurkach oraz Fe 42.1 w płaszczu) skraplacza płaszczowo-rurowego o powierzchni wymiany ciepła 126,2 m², skraplającego pary amoniaku za pomocą wody lodowej z wieży wyparnej. Grubość osadu wynosiła 1,5 mm. Taki układ pracuje



Rys. 5. Zakamienione rurki skraplacza

w jednej z polskich mleczarni.

Niestety, aby zmniejszyć koszty wody zużywanej do uzupełnienia ubytków, w instalacji zaczęto wykorzystywać wodę technologiczną z produkcji, zanieczyszczoną związkami organicznymi, pochodzącymi z mleka, w efekcie czego powstał osad wyjątkowo trudnoroztworzalny.

W wyniku obliczeń określono, że do rozтворzenia jest aż 378 kg osadu, przy wolnej od osadu pojemności rurek zaledwie 70 cm³. Dzięki powyższym informacjom oraz uzyskanym parametrom z badań symulacyjnych określono, że usunięcie osadu wymaga wykonania co najmniej sześciu cyrkulacji trzema roztworami czyszczącymi. Ponieważ objętość instalacji pomocniczej z zastosowaniem dwóch agregatów czyszczących z grzałkami o mocy 36 kW wyniosłaby 715 cm³, jednorazowo w 10 proc. roztworze czyszczącym można by użyć tylko 79 kg preparatu.

Dodatkowo, przygotowanie czyszczenia utrudniał brak zaworów odcinających skraplacz, powodujący konieczność podłączenia dodatkowej pompy ssącej do rur wykonanych ze stali czarnej. Zaplanowanie czyszczenia w ziemi, podczas mrozów spowodowało, że czyszczenie, ze względu na duże koszty stało się dla inwestora nieopłacalne. Gdyby nie informacje uzyskane podczas rewizji oraz szczegółowe badania symulacyjne, wykonawca czyszczenia miałby poważne kłopoty z jego wykonaniem i rozliczeniem.

Powyższy przykład dowodzi, że dla tak trudnych osadów celem jest wysłanie pobranych próbek do specjalistycznego laboratorium, w celu określenia ich składu chemicznego (np. Centralne Laboratorium Dozoru Technicznego w Poznaniu lub Centralne Laboratorium Zakładów Pomiarowo-Badawczych Energetyki ENERGOPIOMIAR w Gliwicach). Dopiero wówczas istnieją warunki na udzielenie gwarancji, że wynik czyszczenia będzie pozytywny (masa osadu [kg] równa jest iloczynowi powierzchni S nim pokrytej [m²], jego grubości d [mm] i gęstości ρ [g/cm³]).

Przygotowanie czyszczenia skraplacza typu dry-cooler

Wbrew obiegu opinii, kamień wodny powstaje także na lamelach skraplaczy typu dry-cooler i to niezależnie od tego, czy skraplacz posiada system zraszania wodą, czy też nie. Dla przykładu, na rysunku 6. przedstawiono stan lameli skraplaczy bez zraszaczy, pokrytych warstwą osadu powstałego z wody deszczowej, kurzu i zanieczyszczeń organicznych, głównie pyłków traw.

W wyniku braku przepływu powietrza temperatura i ciśnienie czynnika chłodniczego wzrosły tak bardzo, że sprężarki pracowały non stop. Ponieważ skraplacze zamontowano w pozycji pionowej, aby w trakcie natrysku roztworu czyszczącego na zakamienioną powierzchnię lameli nie tracić dobrego roztworu, pod każdym skraplaczem należało zbudować tacę ociekową (rys. 7).



Rys. 6. Widok zanieczyszczonych lameli skraplacza pokrytych warstwą osadu



Rys. 7. Taca z drewna do odbioru roztworu ściekającego po powierzchni lameli



Rys. 8. Kamień wodny i glony niemal całkowicie pokryły lamele



Rys. 9. Taca ociekowa z folii do odbioru natryskiwanej od góry roztworu czyszczącego

Dodatkowo, ze względu na przewodnictwo elektryczne roztworu preparatu Kamix, które jest 10 tys. razy większe niż w przypadku czystej wody, przed czyszczeniem należało zdemontować wentylatory, aby natryskiwany roztwór nie dostał się do uzwojeń silników elektrycznych.

Jeszcze większy zakres przygotowań obejmowało czyszczenie skraplacza dry-cooler Carrier z systemem zraszaczy o długości 10 metrów i szerokości 2,38 m, którego konstrukcję stanowiły profile i blaszane ściany ze stali ocynkowanej. Spowodowało to konieczność zastosowania preparatu Kamix ZN, gdzie ubytek cynku podczas kontaktu z kwasem wynosi poniżej 3 proc.

Ponieważ od góry skraplacz miał 12 wentylatorów, aby zapobiec przypadkowemu natryskowi kwasu na silniki elektryczne, do natrysku roztworu należało wykonać poziome tryskacze.

Pod lamelami dookoła zamontowano instalację wodną, uruchamianą w upalne dni. Wyrzuca ona od dołu strumienie wody, które natychmiast są zaciągane podmuchem powietrza ku górze przez lamele i w postaci mgły schładzają węzłownicę. Wraz z wodą, która szybko odparowuje, tworząc jednocześnie kamień wodny, w lamele dostają się różne zanieczyszczenia organiczne (pyłki traw, ptasie odchody, puch i pióra; liście itp.), powodując szybkie tworzenie się osadu kamienia wodnego, poprzeraścianego glonami (rys. 8).

Aby zmniejszyć zużycie preparatu i podczas czyszczenia odzyskiwać ściekający roztwór, należało niekiedy betonową obramowaną stalowym płaskownikiem wyłożyć grubą folią budowlaną, aby powstała taca ociekowa (rys. 9).

Przygotowanie czyszczenia instalacji wody lodowej

W takim czyszczeniu zasadniczą trudność stanowi określenie ilości kamienia do usunięcia. Pewne wskazówki co do typu osadu może dać badanie składu chemicznego wody lodowej (ponieważ obieg wodny parownika jest zamknięty, a cyrkulacja ma miejsce w rurach wykonanych najczęściej ze stali czarnej i wypełnionych w chwili uruchomienia agregatu natlenioną wodą wodociągową, obok kamienia wodnego, na powierzchni wymiany ciepła tworzy się warstwa tlenków żelaza oraz osadów organicznych, przy udziale bakterii beztlenowych). Jednak brak możliwości wykonania rewizji sprawia, że podstawą obliczenia nie jest masa kamienia, ale masa preparatu niezbędnego do przygotowania skutecznego stężenia roztworu, determinowanego znaną pojemnością zładu. Innym ograniczeniem może być zamontowanie agregatów klimatyzacyjnych w piwnicy, powodujące konieczność wystawienia agregatów czyszczących na zewnątrz i stosowania długich węży (rys. 10). Czyszczenie wykonywane jest zazwyczaj w dwóch cyrkulacjach roztworów preparatów Kamix S+ lub Kamix KW oraz DUO+ w stężeniu niższym – około 4 proc., co zmniejsza koszty, a nie wpływa na skuteczność usu-



Rys. 10. Przygotowania do czyszczenia instalacji wody lodowej



Rys. 11. Specjalna pompa tłoczenia KAMIX KW

nięcia osadu (zgodnie z normami UDT urządzenie uznaje się za wyczyszczone, jeśli co najmniej 95 proc. powierzchni wymiany ciepła będzie metalicznie czysta).

Ze względu na to, że osad oraz szlam powstałe z wody lodowej zawierają dużą ilość żelaza Fe^{3+} , zasadniczą trudnością jest jego roztworzenie i wypłukanie z układu (rys. 11).

W przypadku, gdy instalacja wody lodowej ma zbiornik, do czyszczenia można użyć pomp obiegowych instalacji lub podłączyć dodatkową pompę o dużym przepływie i wysokości podnoszenia, co sprawi, że część osadu zostanie usunięta mechanicznie. Odgazowanie instalacji oraz dozowanie preparatu będzie następować bezpośrednio w zbiorniku. W taki sposób czyszczenie przeprowadzono m. in. w zakładzie Colgate Palmolive, gdzie użyto 700 kg preparatu Kamix, uzyskując roztwór o stężeniu 3 proc. Przed czyszczeniem zaleca się wykonanie badania składu wody (realizuje je np. Pracownia Badania Wód Przedsiębiorstwa Geologicznego POLGEOL S.A w Warszawie, wykonując oznaczenia 21 parametrów). Ponieważ czyszczenie prowadzono przy pracujących agregatach, temperatura roztworu wynosiła $8^{\circ}C$. W tej sytuacji, uwzględniając niższą prędkość liniową roztwarzania osadu, czyszczenie prowadzono przez dwa tygodnie, kontrolując postęp reakcji miareczkowaniem alkaometrycznym. Czyszczenie zakończono w momencie uzyskania jednakowych oznaczeń badanych próbek roztworu.



Rys. 12. Reakcja węglanowa podczas czyszczenia skraplacza agregatu CLIMAVENETA – obfita jasna piana



Rys. 13. Koniec reakcji – piana opadła, a roztwór ściemniał i przestał być klarowny. Na ścianach agregatu glony wyniesione przez roztwór

Gdy instalacja nie ma zbiornika wody lodowej, wówczas do czyszczenia należy użyć wysokowydajnego agregatu, np. UCz 12-15, mającego duży zbiornik zarobowy, umożliwiający dokładne wymieszanie dozowanych preparatów. Dodatkowo, dla usuwania na bieżąco powstałych podczas czyszczenia gazów, w instalacji należy sprawdzić prawidłowe działanie wszystkich odpowietrzników (najlepiej pływakowych), a niesprawne wymienić.



Rys. 14. Sposób natrysku roztworu czyszczącego na lamele – obfita piana świadczy o dużej intensywności reakcji chemicznej



Rys. 15. Spływający od góry roztwór usuwa kamień wodny, a rozluźnione zanieczyszczenia organiczne wypłukuje z lameli na tacę

Czyszczenie klimakonwektorów i chłodnic wentylatorowych najlepiej jest prowadzić jednocześnie z czyszczeniem instalacji wody lodowej. Przyczyną tego jest montowanie takich urządzeń pod sufitem (najczęściej podwieszanym), a w przypadku budynków o dużej kubaturze – na znacznej wysokości.

Wykonanie chemicznego czyszczenia

Czyszczenie agregatów i instalacji chłodniczych należy prowadzić pod koniec zimy, a instalacji klimatyzacyjnych już po zakończeniu sezonu grzewczego, ale jeszcze przed rozpoczęciem eksploatacji klimatyzacji. Powodem tego są optymalne temperatury powietrza, które zapobiegają zbyt szybkiemu nagrzewaniu się roztworu, co przyspiesza odparowanie kwasu.

Czyszczenie parowników, skraplaczy, wymienników i instalacji wody lodowej rozpoczyna się wyłączeniem agregatu i zamknięciem wszystkich zaworów odcinających. Następnie należy podłączyć wąż zasilający i powrotny agregatu czyszczącego w taki sposób, aby roztwór czyszczący tłoczył od najniższego punktu instalacji oraz otworzyć zawory, aby uzyskać cyrkulację roztworu.

Po wykonaniu podłączenia, należy napełnić zbiornik agregatu wodą do 1/3 pojemności i przeprowadzić próbę ciśnieniową, uruchamiając pompę i obserwując szczelność połączeń. Gdy wynik jest pozytywny, poprzez zmianę ustawienia zaworów należy rozpocząć odmulanie układu, tłocząc od góry wodę surową i wypłukując na zewnątrz do studzienki kanalizacyjnej odmuliny oraz część szlamu. W momencie ustabilizowania się barwy wody odmulanie uważa się za zakończone i można przystąpić do właściwego czyszczenia.

Aby utrzymać wymagany poziom roztworu w zbiorniku, należy upuścić z układu tyle wody, ile zajmie dozowany preparat. Po odpowiednim ustawieniu zaworów agregatu w pozycji mieszania, należy partiami wysypać (wlać) odmierzoną ilość preparatu, a po wymieszaniu uruchomić grzałki i ponownie zmienić ustawienie zaworów agregatu, tłocząc roztwór od dołu czyszczonego układu. Spowoduje to, że powstałe natychmiast gazy będą, zgodnie z kierunkiem cyrkulacji, przemieszczać się do góry. Dzięki temu, zwłaszcza w początkowym etapie czyszczenia, kiedy roztwarzaniu podlegają związki węglanowe, w czyszczonym układzie nie będą się tworzyć poduszki gazowe, wypychające znajdujący się przed nimi roztwór do zbiornika agregatu (rys. 12).

Czyszczenie w danym etapie przy użyciu określonego preparatu prowadzi się z reguły przez 3-4 godziny, zmieniając co 15 min. kierunek cyrkulacji. Dzięki temu obie strony skraplacza (parownika) zostaną oczyszczone w takim samym stopniu. Po upływie wyznaczonego czasu, w odstępach 20-minutowych należy rozpocząć pomiar pH roztworu i oznaczenie stężenia. Ustabilizowanie się wyników świadczy, że roztwór czyszczący uległ wyczerpaniu, a więc dany etap czyszczenia dobiegł końca (rys. 13).

Między etapami czyszczenia, a zwłaszcza przy przejściu z roztworu kwaśnego na zasadowy, czyszczony układ należy ponownie odmulić i dokładnie wypłukać wodą surową. Dzięki temu nowy preparat nie będzie ulegał neutralizacji, zmniejszając tym samym stężenie roztworu, ale cały zostanie wykorzystany do usuwania osadu.

W odmienny sposób realizowane jest czyszczenie skraplaczy drycooler. Ponieważ osad wnikał między lamele od dołu, 10 proc. roztwór czyszczący preparatu Kamix Zn należy natryskiwać od góry, uważając, aby nie zalać silników wentylatorów. Po napełnieniu wykonanej przy pomocy folii budowlanej tacy ociekowej wodą, należy zalać pompę agregatu nr 1, która, pracując

Nowości w naszej ofercie



Chłodnice uniwersalne typu **UCMO™**, **NP™** i **HM™** przeznaczone dla małych i średnich instalacji freonowych i glikolowych

Chłodnice przemysłowe pchające **TAK16™** i ssące **JAK16™** dedykowane dla przechowalni owoców i warzyw w wersji freonowej lub glikolowej



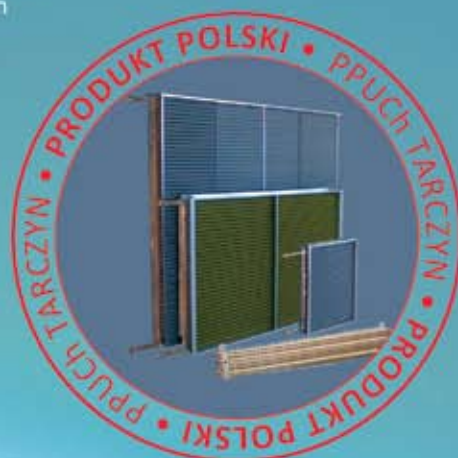
Skraplacze typu **S™** i typu **SB™** przeznaczone dla średnich i małych instalacji freonowych w zakresie od 0,7 kW do 104,37 kW

Przemysłowe skraplacze typu **SB™** i typu **VB™** oraz chłodnice cieczy (dry-coolers) typu **DB™** i **VB™** w zakresie od 79,6 kW do 726,5 kW



Bloki skraplacza powietrznego typu **SH™** o wydajności od 3,6 kW do 104 kW przeznaczone do budowy i naprawy agregatów skraplających

Wymienniki lamelowe przeznaczone dla nowych oraz do napraw istniejących instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych budowane na rurach o średnicy 5/16", 3/8", 1/2" i 5/8" Produkujemy również parowniki do mebli chłodniczych



Zapraszamy do współpracy

Katalogi urządzeń i cennik do pobrania z naszej strony www.ppuch.pl

jako ssąca, będzie tłoczyć roztwór z tacy do agregatu nr 2 (rys. 9). Stąd poprzez rozdzielacz, roztwór kierowany będzie węzami 1/2" do dwóch tryskaczy przełożonych pod łopatami wentylatora (rys. 14).

Wykorzystując przygotowane tryskacze, systematycznie natrykuje się roztwór na górną powierzchnię lameli, skąd spływa on na dół, wchodząc natychmiast w reakcję z kamieniem wodnym, a następnie spływając do tacy ociekowej, skąd tłoczony jest ponownie do agregatu nr 2 (rys. 15).

Po zakończeniu czyszczenia roztwór po reakcyjny neutralizuje się, aby zubożnić do pH 6,5÷9 i schłodzone do temperatury 35°C popłuczyny można było spuścić do kanalizacji.

Neutralizacja roztworów poprocesowych

Zobojętnianie kwaśnych roztworów poreakcyjnych najszybciej i najłatwiej wykonać można przy użyciu wodorotlenku sodu. Możliwe jest także stosowanie tańszego wapna hydratyzowanego, jednak wówczas powstanie obfite piany i wydłuży się czas zobojętniania. Natomiast roztwór poreakcyjny preparatu DUO+ można zneutralizować kwasem.

Neutralizację należy prowadzić w następujący sposób:

1. Po wyłączeniu pompy, należy zamknąć zawór, a wąż powrotny podłączyć do wody surowej.
2. Po odkręceniu zaworów, woda surowa będzie wypierała roztwór poreakcyjny do zbiornika agregatu. Po jego całkowitym napełnieniu, należy ponownie zamknąć zawory i przystąpić do właściwego zobojętniania.
3. Ustawiając zawory agregatu w położeniu mieszania, należy włączyć pompę i mieszać popłuczyny w zbiorniku, dosypując neutralizator i okresowo (co 3 min.) mierzyć pH popłuczyn za pomocą paska pehametrycznego.
4. Po ustabilizowaniu się pH na poziomie 6,5÷9, można wypompować zneutralizowane popłuczyny do kanalizacji.

Neutralizację wg czynności 1.-4. należy powtarzać, aż do zobojętnienia całego roztworu.

Ocena chemicznego czyszczenia

Po zakończeniu czyszczenia i dokładnym wypłukaniu urządzeń, przeprowadza się rewidę wewnętrzną, w celu oceny wykonanej pracy. Innym sposobem jest uruchomienie agregatu, odczyt jego parametrów temperatury i porównanie ich z parametrami rejestrowanymi przed czyszczeniem. Pomocne



Rys. 16. Stan rurek skraplacza agregatu po trzech latach eksploatacji



Rys. 17. Stan rurek po 6-godzinnym czyszczeniu 10% roztworem preparatu KAMIX



Rys. 18. Stan rurek skraplacza po dwóch latach eksploatacji



Rys. 19. Stan rurek po 4-godzinnym czyszczeniu 10% roztworem preparatu KAMIX KW



Rys. 20. Stan lameli przed czyszczeniem



Rys. 21. Stan lameli po 5-godzinnym natrysku 10% roztworem preparatu KAMIX Zn

mogą okazać się zdjęcia wykonane przed czyszczeniem, które umożliwiają dokonanie stosownego porównania.

Aby zilustrować skuteczność zaprezentowanych w niniejszym artykule technologii oraz sposobu wykonania chemicznego czyszczenia instalacji chłodniczych i klimatyzacyjnych, na rysunkach 16.-21. przedstawiono stan powierzchni wymiany ciepła przed i po wykonaniu chemicznego czyszczenia. Komentarz jest chyba zbędny.

Podsumowując temat, należy zauważyć, że dzięki uzyskanym efektom, a w konsekwencji zmniejszeniu zużycia energii elektrycznej, koszt odkamienienia urządzeń zwraca się po około 6 miesiącach, a więc przez następne 18 miesięcy eksploatacja przynosi znaczne oszczędności, w stosunku do urządzeń, których powierzchnia wymiany ciepła jest zakamieniona. W takim też reżimie zaleca się prowadzenie odkamieniania metodą chemicznego czyszczenia.

W następnym numerze „Chłodnictwa i Klimatyzacji” zostanie opublikowana cz. 3. artykułu pt. Chemiczne czyszczenie wież chłodniczych i skraplaczy natryskowo-wyparnych.

Zdjęcia: Leszek Ziółkowski i Tomasz Zienkiewicz