

3) materiałowe

- wyniki dotychczasowych badań niszczących i niszczących metalu poszczególnych elementów;

4) dotyczące warunków pracy

- wyniki badań stanów dynamicznych oraz ich tendencje,
- wyniki pomiarów temperatury, różnic temperatury, szybkości przyrostu temperatury.

Wymienione badania i pomiary dotyczą elementów krytycznych turbiny i powinny być prowadzone w sposób ciągły.

Podsumowanie

- Zintegrowane czynności diagnostyczne pozwalają na ustalenie stanu elementów krytycznych turbiny, a dokonane na ich podstawie diagnozy i prognozy mogą służyć do określenia okresów i zakresów remontów turbin.
- Według zebranych dotychczas doświadczeń krajowych i zagranicznych dla niektórych turbin można znacznie zmniejszyć częstość remontów kapitalnych, wydłużając okresy międzyremontowe nawet do 30 000—40 000 przepracowanych godzin.



Mgr inż. Ewa Zbroińska-Szczuchura

Pro Novum — Katowice

Uszkodzenia skraplaczy wskutek wytarcia rurek kulkami korundowymi

Na wewnętrznych powierzchniach mosiężnych rur kondensatorowych podczas eksploatacji powstają warstwy osadów, które powodują pogorszenie się współczynnika przenikania ciepła. W środowisku wodnym na stopach miedzi powstają warstwy ochronne — tlenkowe. Z reguły zmieniają się one pod wpływem działania wody chłodzącej, której skład chemiczny wpływa na jakość i budowę warstwy tlenkowej, np. na powstanie cienkiej i szczelnej warstwy z nikłym oporem cieplnym.

Ciała stałe, rozpuszczone i zawieszone w wodzie, osadzające się na powierzchni rur zdecydowanie pogarszają warunki wymiany ciepła. Przekroczenie równowagi roztworu, np. przez podwyższenie temperatury wody chłodzącej, może powodować osadzanie się na powierzchni rury soli zawartych w wodzie, co zaburza prawidłową pracę kondensatora. Przy przekroczeniu dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń warunki wodne stają się wyjątkowo niekorzystne. Okresowe niedotrzymywanie zalecanego poziomu najbardziej agresywnych składników wody chłodzącej, tj. jonów chlorkowych Cl^- i siarczanowych SO_4^{2-} , w każdym przypadku wpływa negatywnie na trwałość warstw ochronnych i przyspiesza procesy korozji elektrochemicznej. Podobnie wpływa zasolenie ogólne.

W eksploatacji, ze względu na wysokie stężenie siarczanów i chlorków (np. w wodzie dodatkowej) powstają trudności w utrzymaniu ich granicznego stężenia. Dodatkowo niekorzystny skład chemiczny wody, wysoka twardość magnezowa oraz obecność koloidów nieorganicznych są przyczyną m.in. niestabilności twardości węglanowej i wypadania osadów w rurkach — kamienia. Gorszą sprawność układów kondensacji można wiązać z tworzeniem się kamieniotwórczych osadów, przy dużym udziale:

- produktów korozji pochodzących z korozji rurek mosiężnych,
- tlenków żelaza z korozji stalowych urządzeń w obiegu chłodzącym,
- siarczanu żelazowego z procesu koagulacji wody dodatkowej przy użyciu FeSO_4 .

Z doświadczeń wynika, że najgrubszy osad powstaje na górnym półobwodzie i w środku długości rury kondensatorowej.

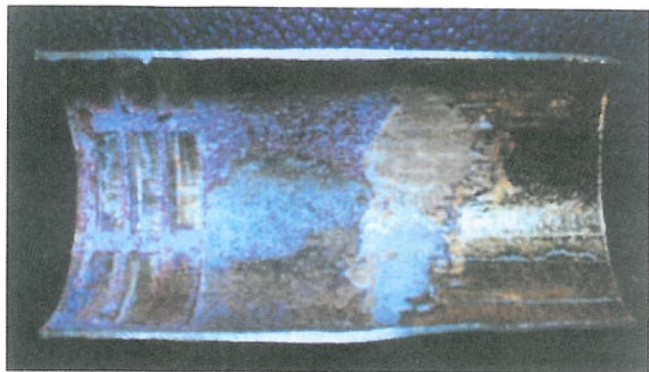
Osadzaniu soli można zapobiegać lub osady te usuwać przez obróbkę chemiczną wody chłodzącej i/lub czyszczenie kondensatorów. Przeważającą część osadów można usuwać dzięki zastosowaniu ciągłego czyszczenia przy użyciu recyrkulacyjnych kulek gąbczastych pokrytych korundem. Użycie kulek korundowych jest uzasadnione w przypadkach występowania następujących osadów:

- zawierających związki magnezu, które podobne są do warstewek utworzonych z dużym udziałem żelaza (osady twarde),
- siarczanowych, utworzonych w wyniku działania wody o przekroczonych wskaźnikach chemicznych,
- z dużym udziałem chlorków, które powstały w czasie postoju, w związku z zaniechaniem przepłukiwania rurek wodą pitną.

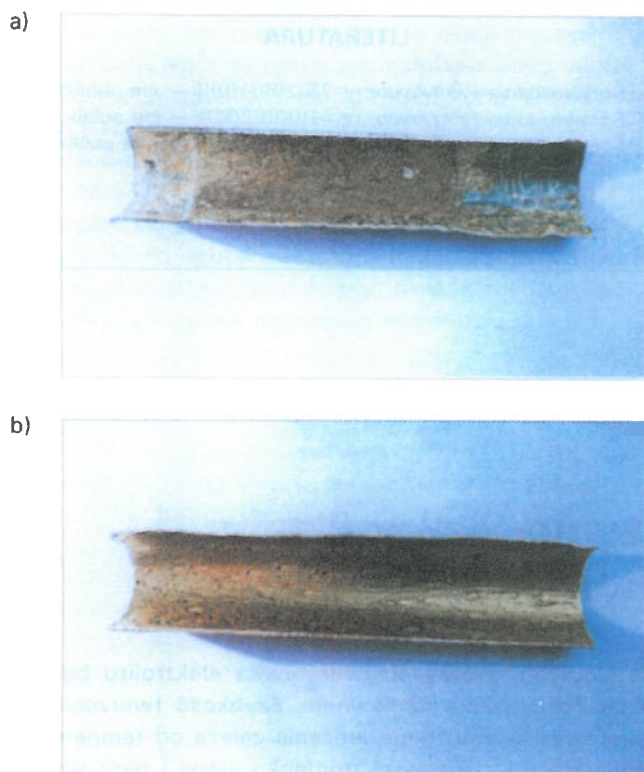
W przypadku stosowania kulek korundowych (np. firmy *Taprogge*) o średnicy równej średnicy wewnętrznej rurek w miejscu rozwalcowania osad pozostaje na całym obwodzie (rys. 1).

Gdy osady w rurkach są niesymetryczne (np. na górnym półobwodzie), kulki korundowe powodują wytarcie powierzchni rurek na dolnym półobwodzie aż do meta-

licznego połysku (rys. 2). Mogą także spowodować znaczne ubytki grubości ścianek (erozjo-korozja) aż do perforacji włącznie, np. w przypadku wgnieceń (rys. 3). W miejscach, gdzie nie ma osadów stwierdza się ubytki ścianki sięgające 0,4 mm, co znajduje również potwierdzenie w ubytku masy jednostkowej 36-43%/m w stosunku do stanu wyjściowego niezależnie od gatunków mosiądzów (rys. 4). Prędkość ubytku zależy od średnicy kulki korundowej i czasu pracy (rys. 5).



Rys. 1. Osad w części rozwalcowanej i metaliczna powierzchnia poza nią

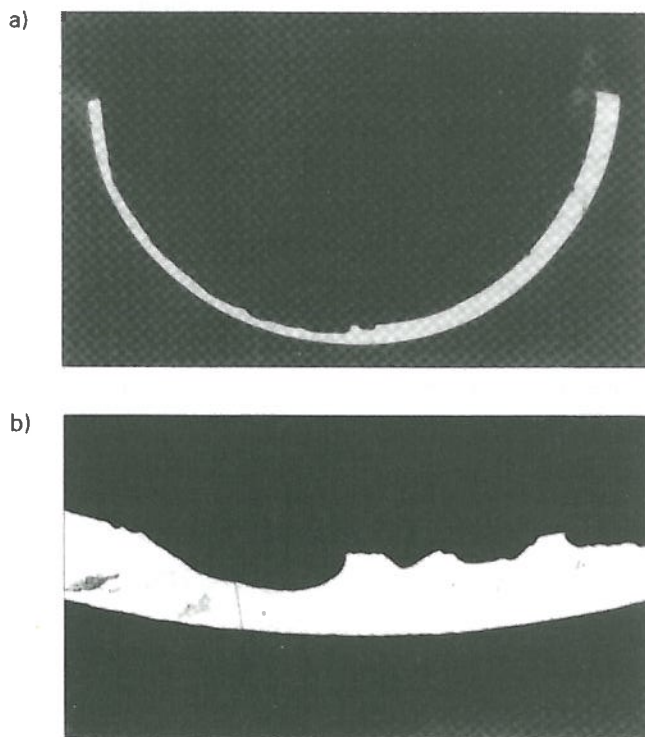


Rys. 2. Górna połowka rurki kondensatora z osadem na wewnętrznej ścianie (a) i dolna połowka rurki bez osadów (b)

Zazwyczaj przy tego rodzaju uszkodzeniach nie stwierdza się ubytków wywołanych korozją selektywną. Znacznie groźniejsze od ścierania metalu jest to, że oczyszczanie kulkami korundowymi powoduje całkowite zniszczenie warstewek ochronnych. Efektem tego jest intensywne rozpuszczanie się tworzywa rurek przechodzącego do wody w postaci jonowej, co nie sprzyja tworzeniu się pożądanej zwartej warstewki ochronnej Cu_2O .

Problem niestabilnych warstw ochronnych stopów miedzi można rozwiązać poprzez stosowanie inhibitorów korozji lub naniesienie obcych warstw ochronnych np. przez dawkowanie siarczanu żelazowego, jednak należy się liczyć z tym, że dawkowanie siarczanu bez systematycznego oczyszczania rur prowadzi do powstania grubych, luźnych warstw o dobrych właściwościach ochronnych (antykorozyjnych), jednak w znacznym stopniu zmniejszających współczynnik przenikania ciepła.

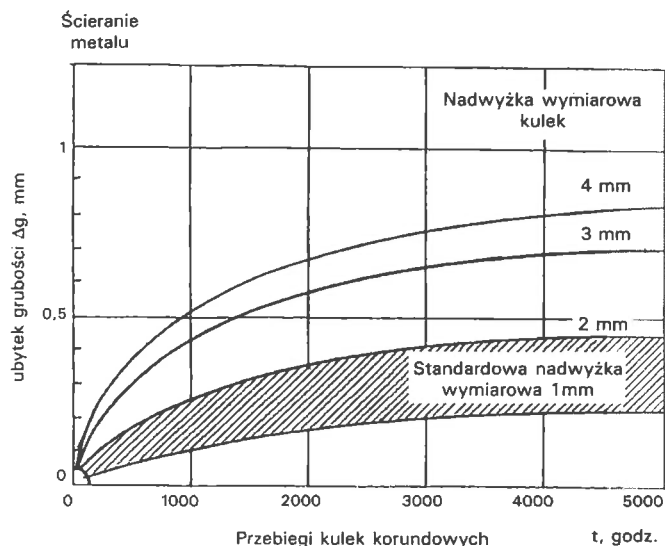
Kulki korundowe można stosować nie dłużej niż kilka dni. Najczęściej wystarcza 200-krotny ich przebieg przez poszczególne rurki. Następnie, by nie spowodować zbyt dużego zniszczenia materiału rurek, wprowadza się kulki gąbczaste. Czas poszczególnych cykli pracy kulek korundowych i gąbczastych nie pokrytych korundem ustala się doświadczalnie.



Rys. 4. Przekrój poprzeczny wycinka dolnej połowki rurki kondensatora porażonej korozją
a) pow. 3 x, b) pow. 16 x



Rys. 3. Wytarcie od strony wewnętrznej w miejscu wgniecia



Rys. 5. Ścieranie metalu kulkami korundowymi (wg Taprogge)
— nadwyżka wymiarowa w stosunku do średnicy wewnętrznej rurek

Stan cieplny kondensatora opisywany jest najlepiej przez współczynnik przenikania ciepła. Śledząc zmiany jego wartości można ustalić czas przewidziany do czyszczenia powierzchni rurek lub w przypadku sterowania ciągłego czyszczenia, dodania nowych kulek i usuwania zużytych.

Do oceny wartości współczynnika przenikania konieczna jest znajomość następujących parametrów:

- temperatury wejściowej wody chłodzącej,
- temperatury wyjściowej wody chłodzącej,
- szybkości przepływu wody chłodzącej w rurek,
- temperatury kondensatu,
- zawartości tlenu w kondensacie,
- próżni w skraplaczu.

Wartości tych parametrów mogą być monitorowane i zbierane przez komputer, a następnie wykorzystywane w obliczeniach wg sporządzonego programu komputerowego.

Podsumowanie

- Stan cieplny kondensatora najlepiej charakteryzuje współczynnik przenikania ciepła, który zależy m.in. od grubości warstw osadów tworzących się na powierzchni wewnętrznej rurek kondensatora.
- Osady na powierzchni rurek kondensatora można usunąć za pomocą kulek czyszczących (np. znane w elektrowniach instalacje czyszczące firmy Taprogge).
- W celu zapobieżenia osadzaniu się twardych osadów należy odpowiednio dobrać częstość uzupełniania i wymiany zużytych kulek czyszczących.
- Stosowanie kulek korundowych w rurek z osadem rozłożonym niesymetrycznie (górny półobwód) powoduje większe ścieranie rurki w dolnym półobwodzie.
- System ciągłego czyszczenia rurek skraplacza powinien właściwie zapobiegać wydzielaniu się osadów, a nie usuwać już istniejące. Przed zastosowaniem ciągłego czyszczenia powierzchnie rurek od strony wody powinna być oczyszczona.

LITERATURA

- [1] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 73.299/1993 — nie publik.
- [2] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 4.1006/2000 — nie publik.
- [3] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 12.1133/2001 — nie publik.



Dr inż. Antonina Kozłowska, inż. Alfred Śliwa
Instytut Mechaniki Precyzyjnej — Warszawa Pro Novum — Katowice

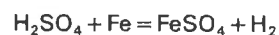
Zabezpieczenie antykorozyjne elektrofiltrów wodnymi roztworami inhibitorów fosforanowych

Powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne elektrofiltrów ulegają korozji zarówno w czasie eksploatacji jak i podczas ich postojów.

Główną przyczyną korozji powierzchni zewnętrznych jest zawilgocenie izolacji termicznej. Powierzchnie wewnętrzne ulegają procesom korozyjnym głównie w czasie postoju elektrofiltru. Podczas ruchu zagrożenie korozyjne tych powierzchni występuje w przypadkach przekroczenia punktu rosy i wykroplenia się kwaśnych roztworów na powierzchniach metalowych. Dane literaturowe i doświadczenia eksploatacyjne wykazują, że przy spadku temperatury poniżej 150°C na powierzchniach

metalowych tworzy się warstewka elektrolitu będąca roztworem kwasu siarkowego. Szybkość tworzenia się warstewek kwasu i jego stężenie zależą od temperatury powierzchni i zawartości trójtlenku siarki i pary wodnej w skroplinach.

Osadzony kwas siarkowy reaguje z żelazem zgodnie z reakcją



Podczas postoju elektrofiltru, kiedy wzrasta wilgotność i zawartość tlenu, siarczany żelaza dwuwartościowego