

Rys. 4. Analiza technicznych i ekonomicznych aspektów przedłużenia eksploatacji elementów bloku energetycznego

są głównie tym wszystkim, którzy przypadki uszkodzeń starają się wyjaśnić na drodze analizy konstrukcji i warunków eksploatacji.

Podsumowanie

Niezależnie od szczegółowych celów odnowy lub modernizacji, celem głównym pozostaje możliwie najkorzystniejszy wynik ekonomiczny przedsięwzięcia. Z tego powodu wnioski z analizy ekonomicznej powinny stanowić podstawę do wyboru wariantu odnowy lub modernizacji oraz oceny poprawności przyjętego postępowania. Aktualna kondycja elektrowni, obecne i prognozowane warunki zakupu paliwa i sprzedaży energii prowadzą do wniosku, że dominować powinien proces etapowo realizowanej odnowy z konieczną modernizacją.

Modernizacja powinna dotyczyć tych elementów i węzłów konstrukcyjnych, które w ekonomicznie uzasadniony sposób zapewnią osiągnięcie:

- ◇ wymaganej trwałości indywidualnej,
- ◇ wymaganego poziomu emisji pyłu, SO_2 i NO_x ,
- ◇ poprawy sprawności.

Przedłużenie eksploatacji niekoniecznie musi wiązać się z modernizacją, która z kolei niekoniecznie powinna ograniczać się do przedsięwzięć kosztownych i technicznie spektakularnych. Zasada eliminacji, w pierwszej kolejności, błędów konstrukcyjnych lub rozwiązań konstrukcyjnie i technologicznie przestarzałych, powinna obowiązywać niezależnie od przyjętego scenariusza dalszej pracy bloku. Na tej drodze można wydłużać nie tylko trwałość, ale i podnosić sprawność.

Zachowanie wysokiej dyspozycyjności urządzeń starszych to także poprawa warunków ich eksploatacji — prawdopodobnie najtańszy i teoretycznie najprostszy sposób przedłużania ich trwałości. Do rangi istotnego problemu w końcowym etapie pracy urządzeń urasta problem kontroli warunków ich eksploatacji. Odpowiednie monitorowanie pracy elementów pozwala weryfikować na bieżąco prognozy trwałości i korygować warunki eksploatacji w taki sposób, aby wydłużony, docelowy czas pracy bloku został osiągnięty. Odnosi się to w szczególności do elementów, które podlegają odnowie (np. wały wirników turbiny, walczyki) lub są odnawiane bądź modernizowane w pierwszym etapie (np. skraplacze).

prosum

Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz

Pro Novum — Katowice

UKD 621.181.832:539.413

Ugięcia komór przegrzewaczy pary

W eksploatacji kotłów parowych często zdarzają się przypadki ugięcia komór przegrzewaczy pary. Takie ugięcie ma charakter trwały (odkształcenie plastyczne), poraża jedynie komory ułożone poziomo, a strzałka ugięcia jest skierowana do dołu. Dopuszczalne ugięcie powinno być ograniczone z uwagi na niebezpieczeństwo przekroczenia dopuszczalnego odkształcenia metalu, jak również trudności z odwodnieniem ugiętej komory.

Jedną z częstych przyczyn ugięcia jest zalewanie komór wodą, której temperatura jest znacznie niższa od temperatury metalu. Zjawisko takie może wystąpić np. podczas uruchomienia kotła ze stanu gorącego, gdy z węzłowic przegrzewaczy

są wciskane „korki” zimnego kondensatu do komory lub gdy niewłaściwie działają schładzacze wtryskowe.

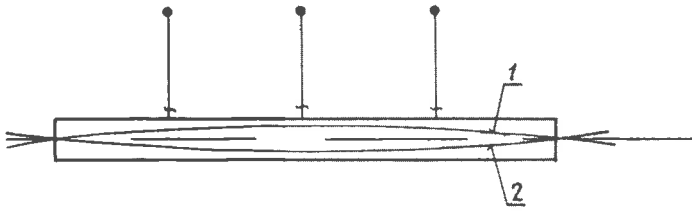
W przypadku dostatecznie dużej różnicy między temperaturą metalu i wody powstające naprężenia zginające mogą przekraczać granicę plastyczności metalu, a wtedy po wyrównaniu temperatur na przekroju komory pojawiają się w jej ściankach naprężenia własne (o znaku przeciwnym) oraz ugięcie (rys. 1).

Jeżeli komora ma zamocowanie ciągnowe, to po schłodzeniu następuje zwolnienie cięgien środkowych, a po wyrównaniu temperatur — cięgien skrajnych. Naprężenia osiowe σ_1 w warstwie trwałego odkształcenia metalu można obliczyć ze wzoru:

$$\sigma_1 = \beta E \Delta t \quad (1)$$

β — współczynnik rozszerzalności liniowej,
 E — moduł Younga,

$\Delta t = t - t_p$ — (t — temperatura metalu po ochłodzeniu, t_p — temperatura metalu przed ochłodzeniem).



Rys. 1. Fazy ugięcia komory

1 — po schłodzeniu dolnej tworzącej, 2 — po wyrównaniu temperatur

Podczas ochładzania $\Delta t < 0$, a naprężenie rozciągające σ_1 ma znak „+”.

Łączne naprężenie można opisać wzorem:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_4 \quad (2)$$

$$\sigma_2 = \frac{P}{F} \quad \sigma_3 = \frac{M}{J} \quad \sigma_4 = \frac{pD_z}{4s}$$

P — siła działająca na powierzchnię przekroju poprzecznego rury F ,

M — moment zginający,

J — moment bezwładności przekroju,

p — ciśnienie,

D_z — średnica zewnętrzna,

s — grubość ścianki.

Moment zginający po wyrównaniu temperatur komory można opisać wzorem:

$$M_r = M' + M \quad (3)$$

Gdy nagłemu schłodzeniu podlega dolna część komory (dolna tworząca), moment M powoduje ugięcie komory do góry. Moment M' , którego wartość bezwzględna przekracza znacznie wartość M , powoduje zgięcie komory do dołu.

Trwałe odkształcenie środka komory można w przybliżeniu obliczyć ze wzoru:

$$f = \frac{M_r L^2}{8EJ} \quad (4)$$

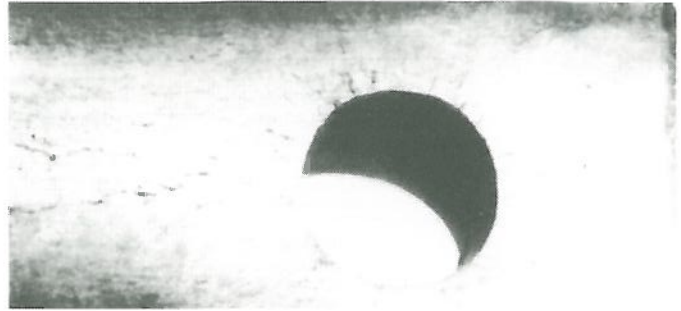
(L — długość komory).

Należy podkreślić, że obecność otworów w ścianie komory zwiększa strzałki ugięcia. Otwory zwiększają objętość metalu podlegającego nagłemu schłodzeniu i zmniejszają moment bezwładności przekroju, są koncentratorami naprężeń i odkształceń. Można założyć, że wskutek koncentracji naprężeń i odkształceń wokół otworów jest możliwe cykliczne nawarstwianie ugięcia nawet wtedy, gdy:

$$\sigma < 2R_{et},$$

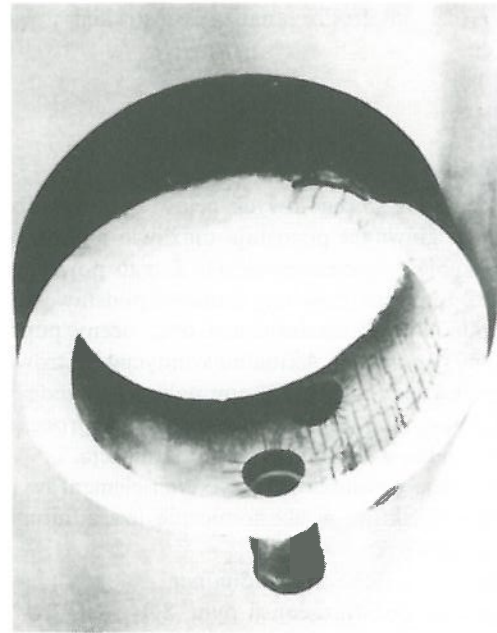
tj. przy małych różnicach między temperaturą metalu i wody.

W ten sposób można tłumaczyć stałe narastanie ugięcia ze wzrostem liczby nagłych schłodzeń komory, co uzasadnia konieczność obliczenia dopuszczalnego ugięcia komór [1]. Ponadto należy wziąć również pod uwagę fakt, że nagłe zmiany temperatury ścianki powodują nie tylko ugięcie komory, lecz również są przyczyną pęknięć „termoszkokowych” pojawiających się na wewnętrznej powierzchni, zwłaszcza na krawędziach otworów (rys. 2).

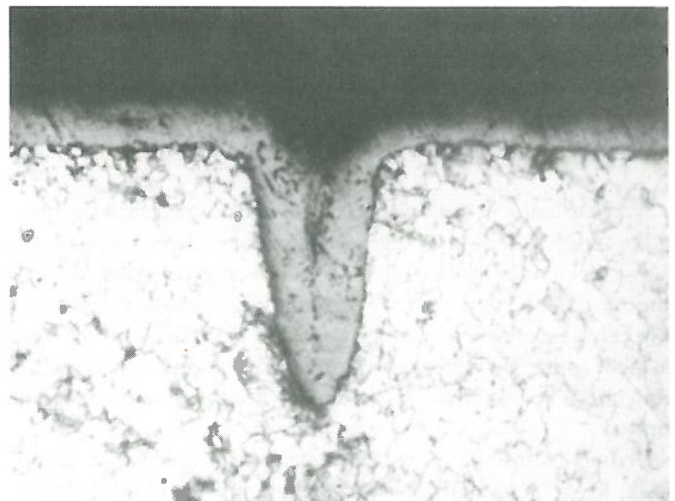


Rys. 2. Pęknięcia „słoneczkowe” na krawędzi otworów oraz siatka pęknięć

Naprężenia osiowe (od zginania i ciśnienia) dają na mostkach pęknięcia, aż do nieszczelności włącznie. Naprężenia cieplne sumują się z osiowymi i obwodowymi i dają siatkę pęknięć na mostkach oraz krawędziach otworów (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Komora porażona pęknięciami



Rys. 4. Przekrój poprzeczny przez pęknięcie „termoszkokowe”

Należy podkreślić, że „prostowanie” komory przez regulowanie zamocowań lub wszelkiego rodzaju ich wzmacnianie to czynności całkowicie niecelowe. Jeżeli komora ugina się z powodu nagłego schładzania, to wymienione operacje nie mogą zapobiegać temu procesowi, a doprowadzają jedynie do wzrostu naprężeń w ściankach komory i na zamocowaniach, co przyspiesza procesy uszkodzenia komór (pęknięcia poprzeczne) oraz niszczenia zamocowań.

W celu usunięcia przyczyn ugięcia komór należy poznać źródło i czas ich powstawania przez pomiar temperatury ścianki na górnej i dolnej tworzącej w różnych stanach pracy kotła.

Jeżeli występują przypadki nagłego schładzania, to należy zastosować środki zaradcze mające na celu usunięcie tego nie-

korzystnego zjawiska. Przydatność do pracy ugiętej komory należy oceniać przez porównanie strzałki ugięcia z wartościami dopuszczalnymi oraz przez sprawdzenie stanu powierzchni wewnętrznej na obecność pęknięć. Ugięte komory (bez pęknięć) można poddać prostowaniu metodą termiczną, oczywiście po usunięciu przyczyn ugięcia.

LITERATURA

[1] Dobosiewicz J., Wojczyk K.: Dopuszczalne ugięcia komór w energetycznych kotłach parowych. *Energetyka* 1978, nr 7

pro novum

Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz

Pro Novum — Katowice

UKD 620.197:621.165

Korozja naprężeniowa rurek skraplaczy

Oprócz odcynkowania rurek wykonanych ze stopów miedzi równie groźne, a niekiedy o wiele groźniejsze dla pracy bloków bywają uszkodzenia wywołane korozją naprężeniową. Pojawiają się one nagle w postaci podłużnych lub poprzecznych pęknięć (rys. 1 i 2) już po bardzo krótkim czasie eksploatacji.

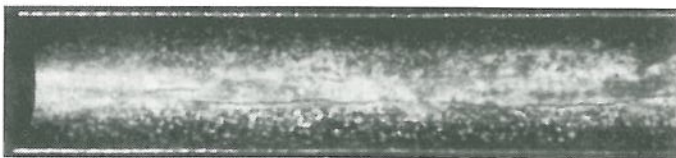
Nieszczelności będące skutkiem tych uszkodzeń są znaczne w wyniku nagłego pęknięcia, a nawet złamania rurki (rys. 3) — powodujących wytrysk strumienia wody chłodzącej do skroplin.

Uszkodzenia mają postać pęknięć śródkrystalicznych lub międzykrystalicznych (rys. 4 i 5). Pęknięcia te są umiejscowione najczęściej w górnej połowie rurki lub na całym obwodzie w przypadku wystąpienia uszkodzenia w okolicy zawalcowania (rys. 6).

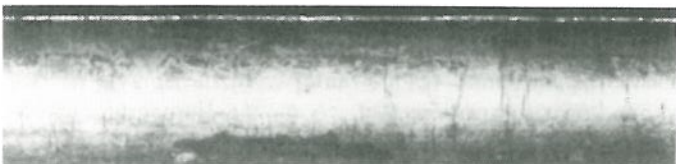
Pęknięcia zawsze biorą swój początek na powierzchni wewnętrznej. Częściej uszkodzeniom ulegają rurki ze stopów inhibitowanych (dodatek As, Sb, P).

Z reguły początek pęknięcia ma charakter śródkrystaliczny, a dalszy jego ciąg — charakter międzykrystaliczny. Zdarza się, że uszkodzenie ma w całości charakter między- lub śródkrystaliczny. W sąsiedztwie pęknięcia głównego występują od strony wewnętrznej liczne równoległe drobne pęknięcia. Wszystkie pęknięcia od strony wewnętrznej mają brzegi zaokrąglone (rys. 7).

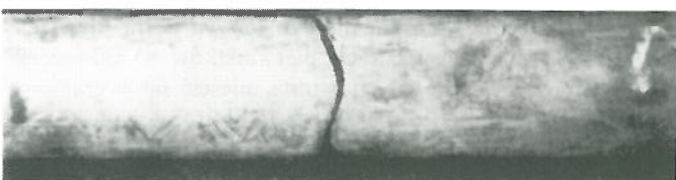
Stopy metali lub metale zawierające zanieczyszczenia, pod wpływem jednoczesnego działania odpowiedniego środowiska korozyjnego i naprężeń statycznych, mogą ulegać korozyjnemu pękaniu naprężeniowemu, zwanemu potocznie korozją naprężeniową. Zjawisko pękania korozyjnego występuje najczęs-



Rys. 1. Korozja naprężeniowa — pęknięcie podłużne



Rys. 2. Korozja naprężeniowa — pęknięcie poprzeczne



Rys. 3. Złamanie rurki



Rys. 4. Śródkrystaliczny charakter pęknięcia