

Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz, dr inż. Jerzy Trzeszczyński

Pro Novum — Katowice

UKD 621.181.02.004.14

Trwałość walczaków kotłów parowych

Jednym z ważniejszych kierunków działalności naszej firmy jest wykonywanie ocen stanu technicznego walczaków kotłów parowych. Zagadnienie to staramy się traktować kompleksowo tj. zajmujemy się także:

- metodyką badań niszczących, nieniszczących i pomiarów,
- obliczeniami naprężeń-odkształceń, stopnia wyczerpania trwałości oraz propagacji pęknięć zmęczeniowych i lawinowych (kruchych),
- kontrolą i rejestracją warunków eksploatacji,
- technologią napraw.

Na obecny kształt stosowanej przez nas metodyki oceny stanu technicznego w istotny sposób wpłynęły wnioski z analizy awarii walczaków w EC-3 Łódź i Elektrowni Łaziska (w tym ostatnim przypadku byliśmy autorami końcowego raportu z badań). W związku z tym z dużym zainteresowaniem przeczytaliśmy artykuł mgra inż. Zenona Różyckiego (*Dozór Techniczny* 1991, nr 3) pt. „Pękanie grubościennych walczaków kotłowych ze stali miedziowoniklowej po długim okresie użytkowania”. Treść tego artykułu w kilku sprawach prowokuje do polemiki oraz wymaga uzupełnień o szereg dodatkowych informacji:

1. Przedstawiony przez Autora mechanizm inicjowania i wzrostu pęknięć nie może być traktowany jako uogólniony opis pęknięcia płaszczy walczaków, zwłaszcza wtedy, gdy walczaki bada się nie tylko po to, aby stwierdzić uszkodzenia, ale także by określić i usunąć lub ograniczyć ich przyczyny.

2. Bardzo kontrowersyjna wydaje się nam przedstawiona przez Autora klasyfikacja najważniejszych przyczyn uszkodzeń, ze względu na brak najważniejszej, tj. warunków eksploatacji. Pod pojęciem warunki eksploatacji rozumiemy nie tylko globalne warunki pracy walczaka, ale przede wszystkim lokalne przebiegi czasowe temperatur i różnic temperatur na grubości ścianki w strefach koncentracji naprężeń. Nasze doświadczenia, poparte zarejestrowanymi przebiegami czasowymi lokalnych temperatur i naprężeń-odkształceń wskazują, że bez uwzględnienia lokalnych historii obciążeń ilościowa analiza wyczerpania trwałości materiału jest obarczona błędem wykluczającym jej praktyczną przydatność. Nie oznacza to, że gatunek stali, z którego wykonano płaszcz walczaka jest bez znaczenia. Potwierdzamy fakt, że stal 18CuNMT wykazuje szereg niekorzystnych cech, jednak pamiętać należy o tym, że spotyka się walczaki z tej stali, które po ponad 100 000 godzin pracy nie wykazują śladów pęknięć.

3. Autor nie definiuje pojęcia „wyczerpanie materiału”, ale sposób, w jaki opisuje niektóre przypadki uszkodzeń walczaków zdaje się wskazywać, że nie uwzględnia — naszym zdaniem — istotnych kwestii, takich jak:

a) wyczerpanie trwałości materiału płaszcza walczaka zachodzi na skutek cyklicznie zmiennych naprężeń mechanicznych (próby wodne) i termicznych (uruchomienia, wyłączenia, termoszoki);

- b) proces wyczerpania trwałości materiału wskutek zmęczenia zachodzi w niewielkiej jego objętości i ma charakter lokalny;
- c) objawem całkowitego, lokalnego wyczerpania trwałości materiału jest pęknięcie;
- d) pęknięcia o rozmiarach mniejszych od krytycznych wrażliwością są zarówno przy obciążeniach monotonicznych (próby wodne, próby szczelności), jak i zmęczeniowych (niestacjonarne stany pracy walczaka);
- e) pęknięcia lawinowe (kruche) mogą wystąpić tylko wtedy, gdy:
 - lokalne naprężenia (przy płaskim stanie odkształcenia) mają charakter rozciągający,
 - inicjator w postaci pęknięcia ma rozmiary większe od krytycznych,
 - temperatura metalu jest niższa od temperatury przejścia w stan kruchy,
- f) zakładając lokalność procesu zniszczenia (także w fazie podkrytycznego wzrostu pęknięcia) można przyjąć (co potwierdza praktyka), że usunięcie strefy wyczerpanego materiału niweluje całkowicie wyczerpanie jego trwałości;
- g) pęknięcie na wskroś (przeciek) należy także traktować jako lokalne uszkodzenie, tzw. efekt leak-before-break jest od dawna analizowany w sposób ilościowy, w tym również w metodzie obliczeniowej stosowanej przez *Pro Novum*;
- h) właściwie wykonana naprawa połączona z usunięciem przyczyn (zmiana eksploatacji i/lub przekonstruowanie danego węzła) przywraca pierwotny stan techniczny i radykalnie zwiększa trwałość;
- i) naprawy i zabiegi mające na celu usuwanie przyczyn uszkodzeń mają także równie ważny aspekt ekonomiczny; ustosunkowanie się do tej sprawy wykracza jednak poza temat wymienionego artykułu.

4. Obecnie stosuje się kilka sposobów oceny stopnia wyczerpania materiału płaszcza walczaka (ASTM, TRD, GOST, *Pro Novum*). Najbardziej istotną ich wspólną cechą jest postulat korzystania z rzeczywistych danych eksploatacyjnych, w szczególności pomiarów różnicy temperatury w ściance w miejscach potencjalnych uszkodzeń.

Przy formułowaniu postulatów na przyszłość Autor powołuje się na ustalenia konferencji w RFN w 1966 roku. Szkoda, że nie są mu znane Raporty *Pro Novum* [1, 2] z badań przyczyn awarii (w 1989 roku) walczaka ze stali 18CuNMT w Elektrowni Łaziska. Część zaleceń została zaakceptowana przez Urząd Dozoru Technicznego i kilka miesięcy temu weszła do praktyki eksploatacyjnej w niektórych elektrowniach krajowych.

Popieramy inicjatywę mgra inż. Z. Różyckiego odnośnie do opracowania zespołu ujednoczonych kryteriów oceny stanu technicznego walczaków. Nowe przepisy kontroli muszą jednak dotyczyć nie tylko badań, ale także obliczeń.

W przepisach obliczeniowych dozoru technicznego z 1963 r. nie zawarto zasad określania stopnia wyczerpania trwałości materiału płaszcza walczaka, co gorsze z nieoficjalnych informacji wynika, że w pracach nad zmodyfikowanymi metodami obliczeniowymi nie uwzględnia się problematyki warunków propagacji pęknięć. Mamy nadzieję, że nasze doświadczenia i współpracujących z nami specjalistów publikowane na łamach Biuletynu *Pro Novum* przyczynią się do opracowania ujednoczonych kryteriów oceny stanu technicznego walczaków w możliwie najlepszej postaci.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J., Szopa M., Zbroińska-Szczechura E., Trzeszczyński J.: Określenie przyczyn powstania awarii walczaka kotła OP-380K nr 1 w Elektrowni Łaziska. Końcowy raport z badań. Sprawozdanie *Pro Novum* Nr 35/90. Katowice 1990
- [2] Dobosiewicz J., Zbroińska-Szczechura E., Trzeszczyński J.: Recommendations concerning the operation of OP-380 boiler drum made 18CuNMT. Report No 18.053/91. Katowice 1991



Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz

Pro Novum — Katowice

UKD 621.644.2.005.2

Pomiar przemieszczeń cieplnych głównych rurociągów parowych

Ekonomicznie ograniczone możliwości rozwoju krajowej energetyki stawiają nowe wymagania przed użytkownikami elektrowni; należy do nich:

- przedłużenie okresu międzyremontowego,
- przedłużenie trwałości urządzeń,
- zapewnienie dalszej niezawodnej i bezpiecznej pracy bloków,
- rozwiązanie problemów ekologicznych.

Prace nad przedłużeniem trwałości i zapewnieniem niezawodności urządzeń oraz wydłużeniem okresu międzyremontowego muszą być poprzedzone oceną stanu elementów krytycznych bloku, do których między innymi należą rurociągi parowe. W ocenie stanu tych rurociągów istotne jest oszacowanie przemieszczeń cieplnych, spadów montażowych i pracy zamocowań, które decydują o łącznych naprężeniach w ściankach rurociągów.

Podczas pracy rurociągów mogą wystąpić odchylenia rzeczywistych naprężeń od ich wartości obliczeniowych. Przyczynami tego stanu rzeczy mogą być:

- błędy obliczeniowe,
- błędy montażu,
- błędy eksploatacyjne,
- niekonserwowanie zamocowań,
- niedokładne dane materiałowe.

W ostatnich latach znacznie udoskonalono metody obliczeniowe w związku z czym dawniejsze obliczenia — a więc również rozwiązania — nie odpowiadają obecnemu stanowi wiedzy i doświadczenia. Ponadto doświadczenia eksploatacyjne wykazują, że nawet przy dokładnych obliczeniach założenia teoretyczne na ogół nie sprawdzają się w eksploatacji. Przyczyną jest z reguły niewłaściwa praca zamocowań, które nie zapewniają swobodnego przemieszczania się punktów zawieszenia. Wskutek tego rzeczywiste siły reakcji zamocowań różnią się znacznie od projektowych.

Dodatkowe obciążenia zwiększają wyężenie materiału, zwłaszcza w okolicach kolan, co może doprowadzić nawet do trwałego odkształcenia rurociągu (zmiana położenia). Przyjęcie położenia innego niż projektowe wiąże się z reguły ze zmianą wartości spadów montażowych, a w odniesieniu do niektórych odcinków rurociągu nawet ze zmianą ich kierunku. Kondensat zbierający się na tych odcinkach

w stanach nieustalonych pracy bloku dodatkowo obciąża zamocowanie, zmienia rozkład temperatur po obwodzie i grubości rury, co powoduje wzrost naprężeń cieplnych. Przy gwałtownym wzroście prędkości przepływu pary kondensat może być wdmuchnięty do dalszego odcinka rurociągu, co naraża go na udary cieplne oraz zniszczenie zmęczeniowe materiału rur i zamocowań urządzeń zasilanych parą.

Niewłaściwy dobór lub niesprawność zamocowań mogą być przyczyną histerezy przemieszczeń cieplnych (zwłaszcza na odcinkach poziomych), a także wzrostu naprężeń w poszczególnych przekrojach. Na tego typu zjawiska są wyjątkowo czułe rurociągi „pływające”, tj. nie mające stałych podpór na odcinkach pionowych.

Jedno z kryteriów niezawodności pracy rurociągów jest oparte na zgodności wartości naprężeń obliczonych i rzeczywistych. Najbardziej praktyczne w tym przypadku jest porównanie rzeczywistych i obliczonych wartości przemieszczeń przy zmianie temperatury pracy rurociągu. Jeżeli uzyskane wyniki są zbliżone należy oczekiwać, że również naprężenia mają podobne wartości. Pomiaru przemieszczeń dokonuje się za pomocą odpowiednich wskaźników umieszczonych w miejscach, gdzie spodziewane przemieszczenia rurociągu mogą być największe. Dla każdego punktu pomiarowego, którego przemieszczenia obliczeniowe są większe niż 10 mm, oblicza się wartości względne (histerezę) z następującego wzoru:

$$\Delta_i = \left| \frac{\Delta_o - \Delta_r}{\Delta_r} \right| 100\% \quad (1)$$

Δ_i — histereza, %; Δ_o i Δ_r — odpowiednio obliczeniowe i zmierzone przemieszczenie, mm.

Z kolei można obliczyć uśrednioną histerezę dla całego rurociągu:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n} \quad (2)$$

$\bar{\Delta}$ — uśredniona histereza rurociągu, %;
 n — liczba wskaźników na rurociągu.