

Komory przegrzewaczy pary poddaje się najczęściej:

- oględzinom,
- badaniom endoskopowym,
- badaniom magnetycznym,
- pomiarom średnic otworów i denek,
- pomiarom prostoliniowości komory,
- badaniom ultradźwiękowym,
- badaniom struktury i twardości,
- pomiarom grubości ścianki.

Podsumowanie

Komory przegrzewaczy kotłów parowych pracują w warunkach pełzania i zmęczenia cieplnego. W wyniku takich warunków pracy dochodzi do zniszczenia komór. Procesy pełzaniowe powodują nadmierną deformację w strefie otworów i mostków i są to uszkodzenia nienaprawialne. Natomiast w wyniku działania naprężeń zmiennych dochodzi

do pęknięć krawędzi otworów i ugięcia komór. Te uszkodzenia są naprawialne, ale tylko do pewnych granic (zależy to od rodzaju i rozmiarów uszkodzenia), a ich naprawa musi być poprzedzona obliczeniami wytrzymałościowymi. Do oceny stanu komór przegrzewaczy konieczne są: pomiary deformacji otworów i prędkości odkształcenia, przeliczenia wytrzymałościowe oparte na wymiarach rzeczywistych (z uwzględnieniem współczynników koncentracji naprężeń), badania endoskopowe wewnętrznej ścianki komór oraz badania strukturalne, które jednak przy ocenie komór są jedynie uzupełnieniem, a to ze względu na niemożliwość pobrania próbki z miejsc najbardziej wyjątkowych i odkształconych. Z tego też powodu bardziej miarodajne są pomiary odkształceń otworów niż średnic zewnętrznych.

pronovum

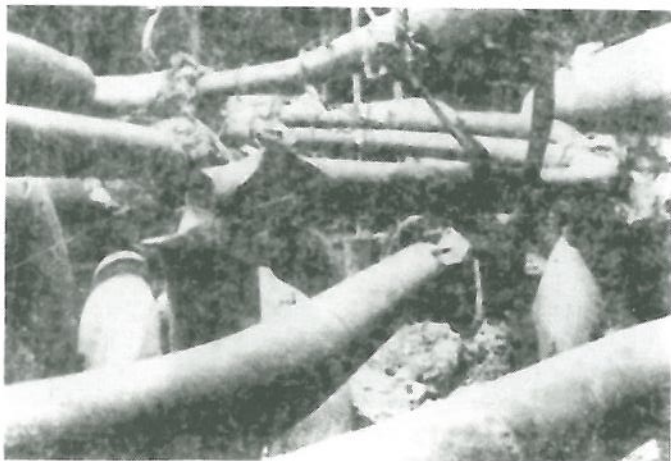
Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz, dr Wojciech Brunné

Pro Novum — Katowice

UKD 621.311:621.644.2.004.58

Ocena stanu technicznego głównych rurociągów parowych bloków energetycznych

Bloki energetyczne w krajowych elektrowniach osiągaają lub przekroczyły obliczeniowy czas pracy, tj. 100 tys. h. Możliwość budowy nowych bloków czy nawet kompleksowego zmodernizowania eksploatowanych jest i będzie w najbliższych latach bardzo ograniczona. Główne rurociągi parowe stanowią integralny element bloku energetycznego, toteż wpływają na jego niezawodność i dalszą przydatność eksploatacyjną. Łączą kocioł z turbiną, a więc w przypadku awarii (rys. 1) stwarzają największe zagrożenie dla obsługi i urządzeń technicznych bloku. Eksploatacja głównych rurociągów parowych po upływie okresu projektowego — warunkująca dalszą pracę większości krajowych bloków energetycznych — jest możliwa pod warunkiem, że będzie bezpieczna [1, 2, 3]. Podjęcie takiej decyzji musi poprzedzać ocena stanu technicznego tych rurociągów, oparta na:



Rys. 1. Przykład awarii głównych rurociągów parowych

- porównaniu stanu istniejącego z dokumentacją (inwentaryzacja rurociągu),
- analizie warunków eksploatacji,
- analizie wykrytych uszkodzeń i sposobu ich naprawy,
- analizie wyników badań i pomiarów diagnostycznych zarówno aktualnych jak i dotychczasowych,
- sprawdzeniu trasy rurociągów (spady), przeglądzie i pomiarze reakcji zamocowań,
- obliczeniach konstrukcyjnych,
- obliczeniu stopnia wyczerpania trwałości materiału (ocena stanu obecnego),
- prognozie dalszej pracy.

Inwentaryzacja rurociągu

Podczas wieloletniej eksploatacji głównych rurociągów parowych mogą być wprowadzane rozwiązania techniczne poszczególnych węzłów konstrukcyjnych różniące się od przewidywanych w pierwotnej dokumentacji. Zmiany te nie zawsze są odnotowywane w dokumentacji rurociągu. Ponadto dokumentacja, jaką dysponuje elektrownia jest często niepełna. Tymczasem, aby obliczenia konstrukcyjne były możliwie dokładne należy dysponować pełną inwentaryzacją głównych rurociągów parowych, a tam gdzie jest to konieczne — odtworzyć dokumentację z natury.

Analiza warunków eksploatacji

Pełna i możliwie dokładna ocena stanu technicznego głównych rurociągów parowych wymaga wnikliwej analizy warunków eksploatacji bloków energetycznych. Stosunkowo najłatwiejszą do uzyskania i obciążoną najmniejszym błędem jest informacja o łącznym czasie pracy i liczbie uruchomień (choć nie zawsze z podziałem na uruchomienia

z poszczególnych stanów: gorący, ciepły, zimny). Bardzo często synchronizacja bloku jest traktowana jako jedno uruchomienie i tak odnotowywana, co — jak wiadomo — nie zawsze jest prawdą, a dla oceny stopnia wyczerpania materiału ma istotne znaczenie. Szybkość nagrzewania (studenca) ścianki rurociągu i gradient temperatury na ściance to informacje często trudne do uzyskania. Ewentualne zmiany temperatury i ciśnienia roboczego są odnotowywane i kojarzone z czasem pracy, natomiast często brakuje danych o parametrach obliczeniowych i dopuszczonych. Tymczasem od kompletności i stopnia pewności danych o warunkach eksploatacji głównych rurociągów parowych bezpośrednio zależy dokładność obliczeń konstrukcyjnych i określenie stopnia wyczerpania trwałości materiałów.

Analiza wykrytych uszkodzeń i sposobu ich naprawy

Uszkodzenia głównych rurociągów parowych można podzielić na:

- uszkodzenia materiału rurociągu,
- uszkodzenia zamocowań,
- trwałe wychylenie rurociągu (zmiana trasy).

Najniebezpieczniejsze są uszkodzenia materiału rurociągu, gdyż ich konsekwencją może być utrata szczelności; dwa pozostałe rodzaje uszkodzeń prowadzą do uszkodzenia materiału rurociągu.

Uszkodzenia materiału rurociągu

Wyróżnia się trzy podstawowe typy uszkodzeń materiałowych; dwa pierwsze dotyczą kolan, trzeci — spoin obwodowych łączących odcinki proste rurociągu z kształtkami.



Rys. 2. Pęknięcia pełzaniowe na zewnętrznej powierzchni kolana

● Pęknięcia zmęczeniowo-korozyjne na wewnętrznej powierzchni, w strefie obojętnej gięcia kolan rurociągów pracujących w temperaturze do 390°C [4, 5].

● Pęknięcia pełzaniowe na zewnętrznej powierzchni, w strefie rozciąganej kolan pracujących w temperaturze wyższej niż 390°C (rys. 2); na trwałość kolan pracujących w warunkach pełzania wpływają następujące czynniki:

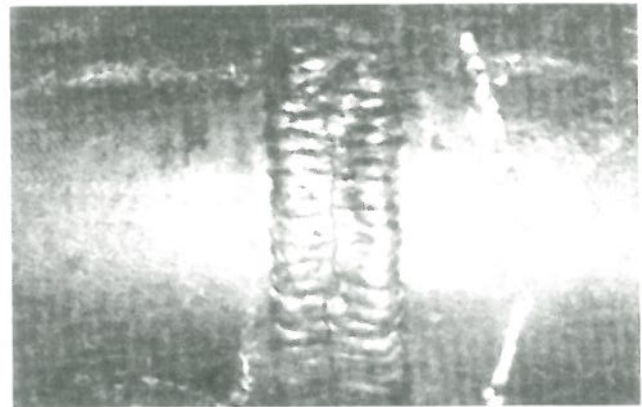
- metalurgiczne (niewłaściwa obróbka cieplna rur),
- technologiczne (owalizacja i mniejsza grubość ścianki w strefie rozciąganej),
- eksploatacyjne (pęknięcia zmęczeniowo-korozyjne).

● Pęknięcia spoin wskutek znacznego wzrostu łącznych naprężeń.

Spoiny są szczególnie podatne na pęknięcie, ponieważ z reguły mają strukturalne i geometryczne niejednorodności w postaci:

- podwyższonej twardości,
- obecności strefy wpływu ciepła,
- wad kształtu (pęcherze, brak przetopu itp.).

W rurociągach pracujących w temperaturze 530—545°C (zwłaszcza wykonanych ze stali CrMoV) powstają uszkodzenia spoin (rys. 3), których liczba rośnie z czasem eksploatacji. Uszkodzenia te są często naprawiane w sposób nieprzemyślany, bez usunięcia przyczyn ich powstawania [6, 7].

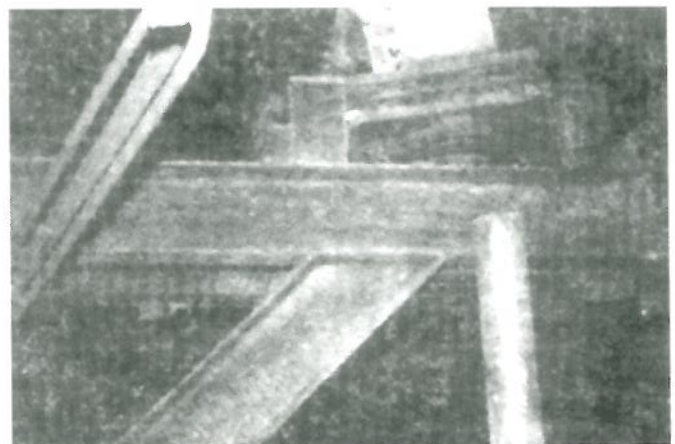


Rys. 3. Uszkodzenia spoin

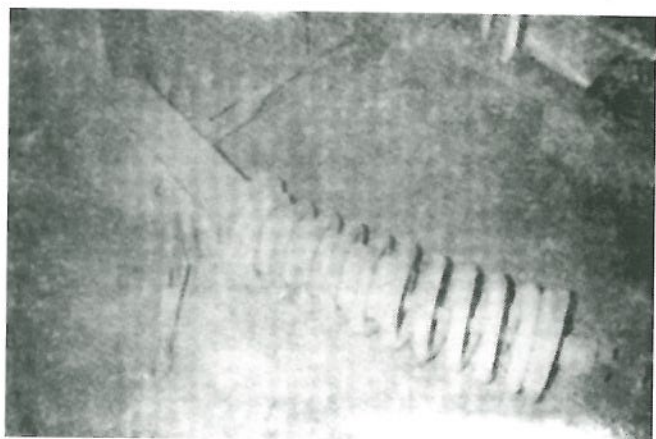
Uszkodzenia zamocowań i zmiana trasy rurociągu

Niesprawność i histereza zamocowań jak również przemieszczeń oraz niewłaściwe spadki poziomych odcinków rurociągu są przyczynami znacznego wzrostu łącznych naprężeń, które mogą osiągnąć wartości większe od dopuszczalnych i tym samym spowodować przekroczenie wyczerpania trwałości materiału.

Uszkodzenia zamocowań (rys. 4) powodują zmianę trasy rurociągu, bądź są spowodowane gwałtownym odchyleniem rurociągu od zaprojektowanej trasy (rys. 5).



Rys. 4. Uszkodzenia zamocowań



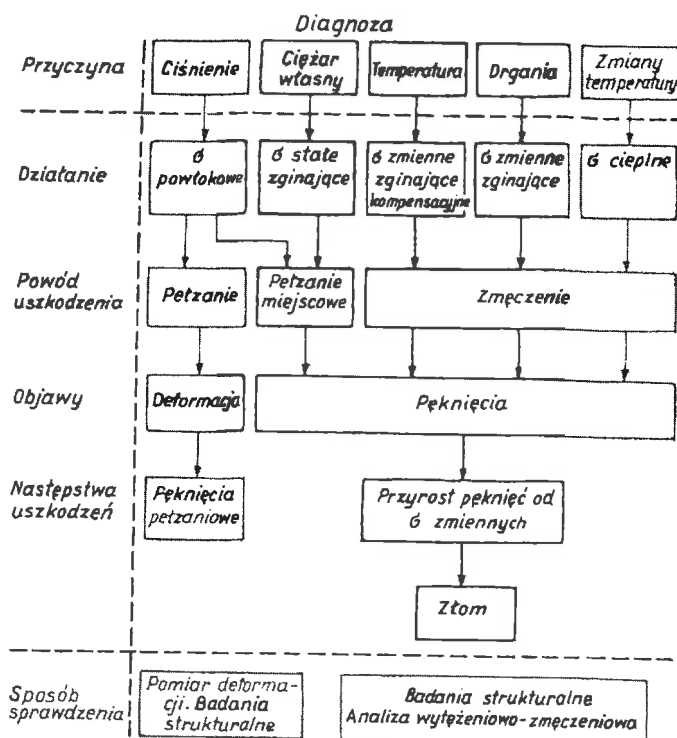
Rys. 5. Przykłady gwałtownego oachylenia rurociągu od zaprojektowanej trasy

Analiza wyników badań i pomiarów diagnostycznych

Oceny stanu technicznego głównych rurociągów parowych nie można wykonać bez gruntownej analizy badań i pomiarów diagnostycznych, na które składają się:

- badania defektoskopowe:
 - defektoskopia magnetyczna (proszkowa mokra): spoiny obwodowe i pachwinowe, strefy rozciągane kolan (gorące nitki), kształtki (zmiany kształtu),
 - defektoskopia ultradźwiękowa: strefy obojętne kolan (zimna szyna);
- badania endoskopowe: wewnętrzne powierzchnie otworów króćców, zasuw i zaworów;
- badania penetracyjne: spoiny;
- badania metalograficzne (repliki): strefy rozciągane kolan (spoiny) pracujących w warunkach pełzania;
- pomiary:
 - twardości w miejscach replik,
 - owalizacji kolan w pięciu płaszczyznach,
 - grubości ścianki kolan w pięciu płaszczyznach,
 - pełzania (na czopach pomiarowych).

Dzięki analizie wyników badań można nie tylko wykryć nieciągłości i ustalić stan materiału, ale także dokładnie określić miejsca występowania maksymalnych naprężeń, bez których znajomości trudno mówić o wiarygodnych obliczeniach stopnia wyczerpania trwałości materiału. Przedstawiony diagram (rys. 6) obrazuje sposób wnioskowania w trakcie analizy wyników badań i pomiarów diagnostycznych.



Rys. 6. Sposób wnioskowania w trakcie analizy wyników badań i pomiarów diagnostycznych

Sprawdzenie trasy rurociągów, przegląd i pomiar reakcji zamocowań

Sprawdzenie trasy rurociągu polega na:

- ustaleniu czy trasa i położenie rurociągu są zgodne z dokumentacją,
- pomiarze położenia rurociągu w stanach zimnym i gorącym (najlepiej geodezyjnie),
- obliczeniu histerezy przemieszczeń rurociągu (konieczne repery).

Przegląd i pomiar reakcji zamocowań polega na:

- pomiarze wysokości sprężyn (lub położenia ciężarów) w stanach zimnym i gorącym,
- pomiarze reakcji zamocowań (dynamometrycznie) w stanach zimnym i gorącym [8],
- ustaleniu czy stan i położenie zamocowań są zgodne z dokumentacją.

Obliczenia konstrukcyjne

W obliczeniach konstrukcyjnych należy uwzględnić wszystkie obciążenia działające na rurociąg w stanach zimnym i gorącym oraz przy przechodzeniu z jednego w drugi (w obu kierunkach). Obliczenia powinny określić naprężenia dopuszczalne i zredukowane w poszczególnych węzłach konstrukcyjnych (dla każdego ze wspomnianych stanów). Obliczenia powinny być oparte na danych uzyskanych w trakcie dotychczasowych prac nad stanem technicznym rurociągu.

Obliczenia stopnia wyczerpania trwałości materiału

Warunki pracy rurociągu — długotrwałe obciążenie ciśnieniem wewnętrznym przy jednoczesnym oddziaływaniu wysokich temperatur, stany nieustalone zwłaszcza przy rozruchach i zatrzymaniach bloku — powodują, że stopień wyczerpania materiału zależy zarówno od procesów pełza-

nia jak też zmęczenia cieplnego i niskocyklowego. W obliczeniach należy uwzględnić wszystkie te zjawiska, sumując poszczególne ułamki trwałości. Stopień wyczerpania trwałości zależy od wyjściowego stanu materiału, czasu pracy i warunków eksploatacji rurociągów.

Podsumowanie

Właściwie wykonana ocena stanu technicznego rurociągów zapewnia:

- uzupełnienie i uaktualnienie dokumentacji,
- wykrycie uszkodzeń i nieprawidłowości oraz ich usunięcie,
- określenie czasu i warunków dalszej bezpiecznej eksploatacji,
- ustalenie sposobu dalszego nadzoru rurociągu, w tym harmonogramu i zakresu kolejnych badań diagnostycznych.

Ocena dalszej przydatności eksploatacyjnej rurociągu musi być oparta na wykonaniu wszystkich wymienionych w artykule czynnościach.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami końcowy raport z oceny stanu technicznego rurociągu jest podstawowym

dokumentem dla Dozoru Technicznego przejmującego rurociąg pod własny nadzór.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J.: Przydatność elementów po przekroczeniu obliczeniowego czasu pracy. *Energetyka* 1983, nr 6
- [2] Seyna F., Ginalski J.: Warunki długotrwałej bezpieczniej eksploatacji rurociągów parowych. *Energetyka* 1987, nr 6
- [3] Seyna F., Ginalski J.: Przedłużenie eksploatacji głównych rurociągów parowych po upływie okresu projektowego. *Dozór Techniczny* 1990, nr 2
- [4] Dobosiewicz J., Wojczyk K.: Trwałość kolan rurociągów parowych. *Energetyka* 1988, nr 3
- [5] Dobosiewicz J.: Uszkodzenia kolan rurociągów parowych pracujących w warunkach pełzania. *Energetyka* 1991, nr 4
- [6] Dobosiewicz J.: Zasady naprawy niektórych uszkodzeń połączeń spawanych rurociągów parowych. *Energetyka* 1992, nr 9
- [7] Dobosiewicz J.: Pęknięcia spoin obwodowych wysokoprężnych rurociągów parowych. *Energetyka* 1988, nr 8
- [8] Jadamus H.: Sposób kontroli i regulacji zamocowań rurociągów wysokoprężnych podczas eksploatacji. *Energetyka* 1991, nr 8

panovum

Mgr inż. Ewa Zbroińska-Szczuchura, dr inż. Jerzy Trzeszczyński

UKD 621.183:628.518

Pro Novum — Katowice

Uszkodzenia walczków kotłów parowych

Z analizy statystycznej, którą objęto walczaki kotłów wysokoprężnych w krajowych elektrowniach zawodowych, wynika, że różnym uszkodzeniom (wykrytym podczas okresowych badań nieniszczących) uległo ok. 89% badanych walczków.

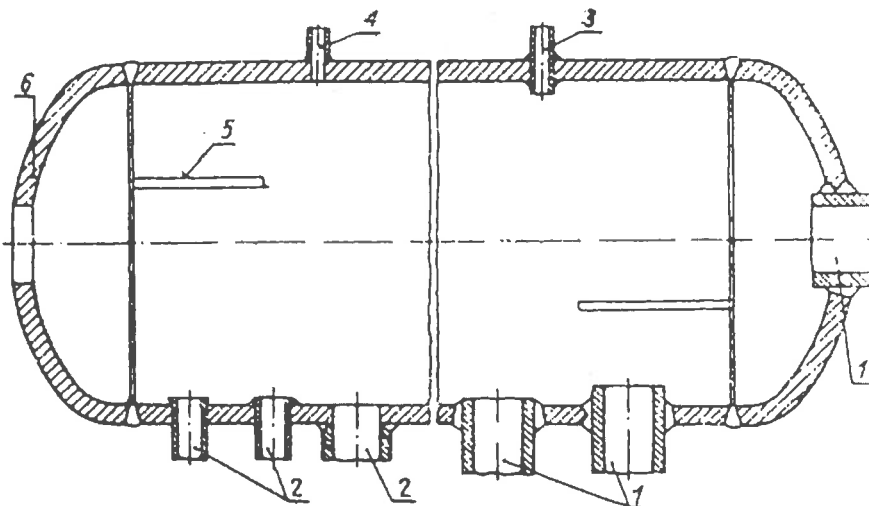
Do 1993 roku katastrofalnemu uszkodzeniu uległy 2 walczaki — w czasie wykonywania dozоровej próby ciśnieniowej. Przypadku katastrofalnego uszkodzenia walczaka podczas pracy nie opisano dotychczas w literaturze technicznej. Zdarzały się — także w kraju — nieszczelności walczaka ujawnione w trakcie jego pracy; były to zawsze nieszczelności stabilne, tzn. nie wykazujące tendencji do lawinowego wzrostu.

W badanych walczkach uszkodzenia miały postać różnego rodzaju nieciągłości materiału, umiejscowionych najczęściej w okolicach zmian ciągłości geometrycznej ścianki walczaka, w połączeniach spawanych — rzadziej w nieosłabionych miejscach płaszcza i dennice (rys. 1).

Rodzaje wykrytych uszkodzeń

Uszkodzenia złączy spawanych

Uszkodzenia spoin króćców centralnych rur opadowych i tulei włączowych stanowiły ok. 30% wykrytych uszkodzeń. Z reguły były to pęknięcia obwodowe — rzadziej po-



Rys. 1. Umiejscowienie uszkodzeń w walczaku

1 — centralne rury opadowe i tuleje włączowe, 2 — otwory rur znajdujących się poniżej lustra wody, 3 — króćce „przetykane”, 4 — króćce spawane doczołowo, 5 — spoiny główne, 6 — dennice