

## Badania diagnostyczne komór kotłów parowych

Podczas okresowych badań diagnostycznych komór w wielu miejscach na powierzchni zewnętrznej a szczególnie wewnętrznej są wykrywane pęknięcia.

Pęknięcia te z reguły wypełnione są tlenkami i mają charakter śródkryształiczny. Wewnątrz pęknięć znajdują się wysepki wolnego metalu.

Ten proces niszczenia nosi nazwę zmęczenia korozyjnego i zachodzi w przypadku jednoczesnego działania naprężeń zmiennych przekraczających granicę plastyczności i czynnika agresywnego. Czynnikiem agresywnym może być woda kotłowa, para wodna i kondensat [1, 2].

W miejscu powstałego pęknięcia zmęczeniowego niechroniony metal podlega korozji elektrochemicznej. Powstające produkty korozji wytwarzają warstwę ochronną, która ulega jednak uszkodzeniu pod wpływem działania naprężeń zmiennych, przekraczających jej wytrzymałość. Na przemienne działania tych dwóch procesów powoduje w niej uszkodzenia. Zaistniałe uszkodzenia można podzielić na trzy grupy:

- powodujące natychmiastową wymianę elementu (10%),
- wymagające natychmiastowej naprawy (40%),
- mogące być naprawiane podczas najbliższego remontu.

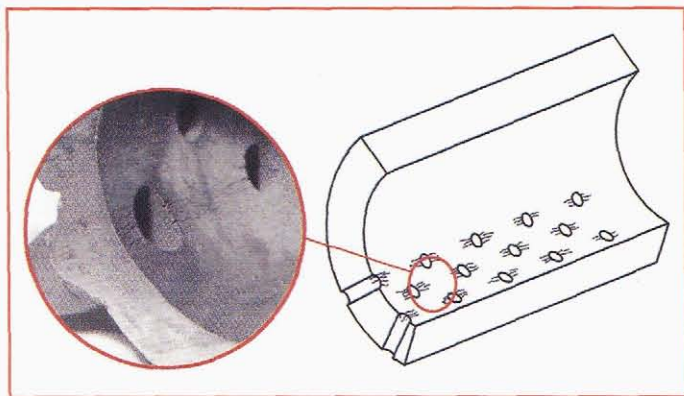
Większość uszkodzeń komór wykrywa się w czasie okresowych badań diagnostycznych. Przeważająca liczba uszkodzeń spowodowana jest pęknięciami:

- \* krawędzi i tworzących otworów oraz mostków międzyotworowych,
- \* spoin pachwinowych króćców,
- \* spoin obwodowych denek.

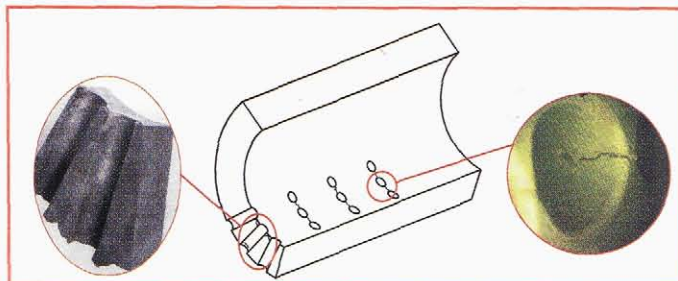
Z punktu widzenia wytrzymałości do uszkodzenia może dojść wskutek:

- ♦ Cyklicznie nagromadzonego odkształcenia w wyniku sumowania się naprężeń zmiennych i stałych w przestrzeniach naruszenia geometrycznej ciągłości. Zniszczenia w postaci pęknięć równoległych do osi komory umiejscawiają się na krawędziach otworów i na mostkach międzyotworowych,
- ♦ Cyklicznie nagromadzonego odkształcenia na krawędziach otworów. Zniszczenia w postaci gwiaździstych pęknięć porażają krawędzie i tworzące otworów,
- ♦ Cyklicznego odkształcenia sprężystego lub plastycznego na dolnych tworzących komory. Uszkodzenie z reguły ma postać trwałego ugięcia komory

Grubości ścianek komór liczone są w oparciu o naprężenia obwodowe i granicę plastyczności w podwyższonej temperaturze ( $R_{et0}$ ) lub wytrzymałość czasową ( $R_{zt0}$ ).



Rys. 1. Komory przegrzewaczy ekranów podgrzewaczy wody. Pęknięcia podłużne przy krawędziach otworów [5]



Rys. 2. Grubościenne komory przegrzewaczy. Pęknięcie obwodowe na mostkach komory przegrzewaczy [5]

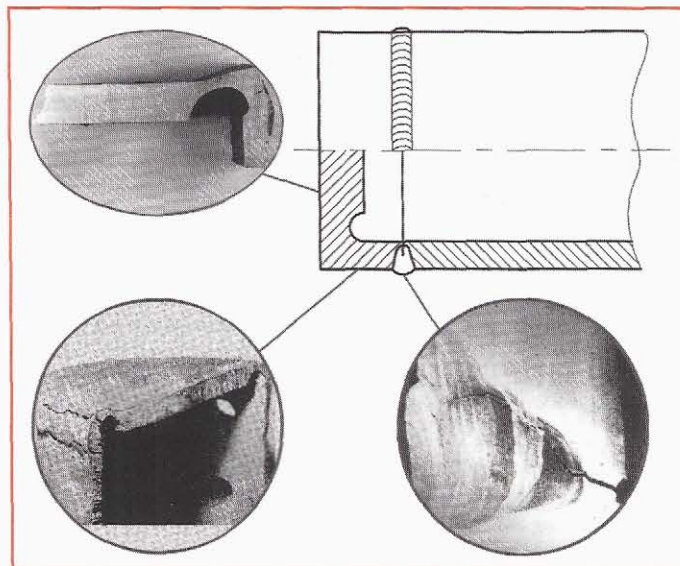
Dane literaturowe oraz doświadczenia zebrane w krajowej energetyce potwierdzają fakt, że bez względu na przepracowaną przez komory liczbę godzin na występowanie uszkodzeń spowodowanych wyczerpaniem wytrzymałościowym lub zmęczenia małowyklicznego wywołanego nadmiernymi szybkościami zmian temperatur ścianki metalu w stanach niestabilnych występuje bardzo rzadko.

Przyczyną powstawania naprężeń zmiennych powodujących uszkodzenia są z reguły termoszoki występujące w stanach niestabilnych oraz ustalonych.

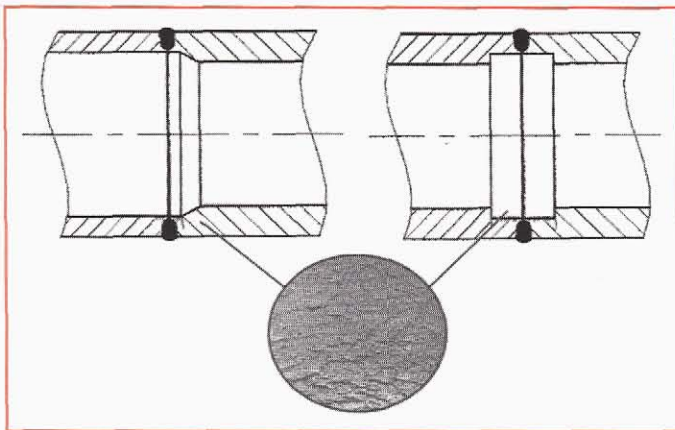
Według [3] termoszok – udar cieplny jest to zjawisko nagrzewania schładzania przy nagłej zmianie temperatury czynnika.

Udar cieplny występuje wówczas gdy współczynnik przejmowania ciepła między czynnikiem a elementem  $\alpha \Rightarrow \infty$  wtedy ogrzewane – schładzane włókna ścianki elementu szybko osiągają temperaturę czynnika zanim dalsze warstwy ścianki zdążą zmienić swą temperaturę. W ten sposób w ściance powstają naprężenia cieplne mogące przekraczać znacznie granicę plastyczności metalu ( $R_{et}$ ) a szczególnie warstwy ochronnej.

Przyczyną powstawania termoszoków w komorach z reguły jest kontakt metalu z czynnikiem którego temperatura znacznie różni się od temperatury ścianki.



Rys. 3. Okolice den komór szczególnie cienkościennych. Pęknięcia denek i spoin [5]



Rys. 4. Komory przegrzewaczy. Siatka pęknięć w miejscach zmiany średnic [5]

Bezpośrednią przyczyną termosoków jest:

- Gromadzenie się schłodzonego kondensatu w węzownicach, który przy uruchomieniu kotła ze stanu gorącego ze wzrostem ciśnienia wtłaczany jest do komory, co znacznie ochładza jej dolną część a szczególnie krawędzie otworów (pęknięcia podłużne rys. 1).
- Niewłaściwa konstrukcja komory, zbyt mała grubość mostków obwodowych co powoduje wzrost naprężeń osiowych wywołanych szybkimi zmianami temperatur w stosunku do pozostałych części komory (pęknięcia mostków obwodowych rys. 2).

T a b l i c a 1. Podstawowe przyczyny i objawy uszkodzeń komór

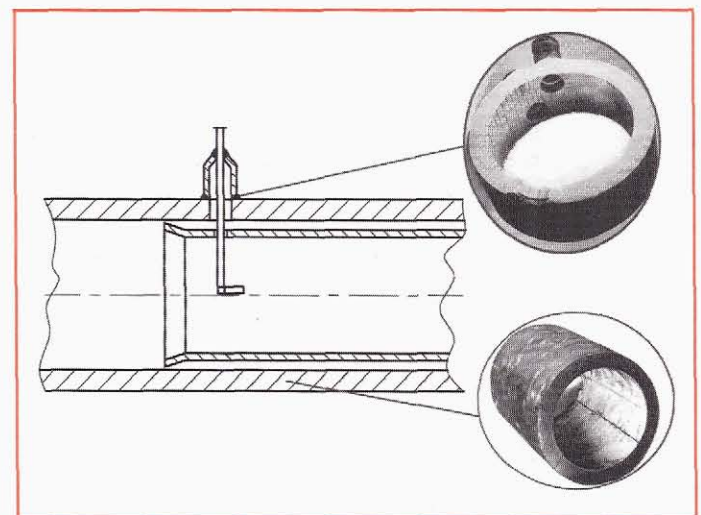
Komora	Miejsce uszkodzenia	Objawy uszkodzenia	Przyczyny uszkodzenia	Prawdopodobieństwo uszkodzenia
Podgrzewacz wody komory wlotowa	Krawędzie otworów od wewnątrz	Pęknięcia słoneczkowe	Niska temp. wody zasilającej	średnie
Parownik komory lotowe	Krawędzie otworów rur od wewnątrz	Pęknięcia słoneczkowe	Termosok, niska temp. wody przy napełnianiu do próby wodnej	małe
Przegrzewacz komory wlotowe i wylotowe	Krawędzie otworów węzownic	Pęknięcie podłużne	Wahanie obciążenia kotła	średnie
		Pęknięcia obwodowe	Niewłaściwa konstrukcja	małe
	Krawędzie otworów odwodnień, odpowietrzeń, pomiaru ciśnienia	Pęknięcia słoneczkowe	Powrót kondensatu z rurociągów Wtłaczanie zimnego kondensatu z węzownic do komór, uruchomienie ze stanu gorącego	duże
			Króćce, spoiny, dna	Pęknięcia obwodowe
Schładzacz wtryskowe	Ścianka wewnętrzna w okolicy dyszy	Siatka pęknięć	Niesprawne urządzenia wtryskowe	średnie

T a b l i c a 2. Zalecana częstotliwość i metody badań diagnostycznych komór

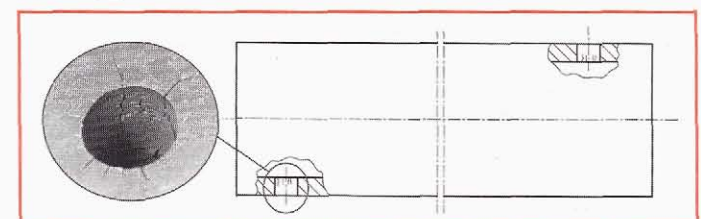
Typ badania	Czas wykonania badań
◆ Przegląd powierzchni wewnętrznej	◆ Po każdym przepracowanym max. 50 000h
◆ Badania fluoromagnetyczne spoin głównych i kątowych	◆ Po 100 000 h a następnie po każdym przepracowanym max. 50 000 h
◆ Ultradźwiękowe pomiary grubości ścianki	◆ Jednorazowo
◆ Pomiary ugięcia	◆ Po każdym przepracowanym 50 000 h
◆ Repliki i pomiary twardości	◆ Po 100 000 h a następnie po każdym max. 50 000 h
◆ Pomiar odkształcenia średnicy	◆ Po każdym przepracowanym 50 000 h

Uwaga: Ustalenie zakresu badań i ich częstotliwości powinno być poprzedzone analizą dotychczasowych warunków pracy i stanu diagnozowanych elementów.

- Gromadzenie się kondensatu na dolnych tworzących komory a szczególnie przy dnach oraz miejscach zmiany średnicy wewnętrznej np. przy spoinach obwodowych (deformacje i pęknięcia spoin denek (rys. 3) oraz siatka pęknięć w miejscach zmiany średnic (rys. 4).
- Gromadzenie się kondensatu w rurociągach pracujących okresowo (odwodnienia, odpowietrzenia, pomiar ciśnienia), który przy spadku ciśnienia (wzrost obciążenia) jest wysany do komory, schładzając krawędzie otworów (pęknięcia słoneczkowe na krawędziach otworów rys. 5).
- Nagła zmiana wydajności kotła powodująca nagły wzrost ilości ciepła doprowadzanego do kotła i nie nadążająca za nim prędkość przepływu czynnika przy ponownym spadku obciążenia wywołuje schładzanie dolnej części komory (pęknięcia wzdłużne w dolnej części komory).
- Wykonywanie próby ciśnieniowej po naprawach doraźnych na nie zupełnie wystudzonym kotle wywołuje schłodzenia krawędzi otworów



Rys. 5. Komory przegrzewaczy schładzacza. Krawędzie przewodów pracujących okresowo (odwodnienia-odpowietrzenia itp.). Pęknięcia słoneczkowe [5]



Rys. 6. Schładzacz wtryskowe. Pęknięcia podłużne w strefie niesprawnej dyszy wtryskowej [5]

wężownic i rurociągów komunikacyjnych (pęknięcia wzdłużne w okolicy otworów).

- Niesprawność schładzaczy wtryskowych lub ich praca na maksymalnej wydajności przy niskich wydajnościach kotła, powoduje schładzanie ścianek schładzaczy oraz najbliższych komór – transport kropelek wody (siatka pęknięć rys. 6).
- Uruchamianie kotła na pełnej wydajności zaworów regulacyjnych na rurociągach wody zasilającej, powoduje schładzanie ścianek komór wlotowych podgrzewacza wody (pęknięcia podłużne w okolicy otworów).
- Powrót kondensatu z rurociągów – przewodów pracujących okresowo (pęknięcia słoneczkowe na krawędzi otworów rys. 6)

Jak już wspomniano w większości wypadków wszystkie wykrywane nieciągłości są spowodowane zmęczeniem korozyjnym (tablica 1).

Dla uniknięcia powstania nieszczelności omawiane komory powinny być poddawane okresowym badaniom nieniszczącym. Typowy zakres i częstotliwość badań diagnostycznych komór podano w tablicy 2.

Zapobieganie uszkodzeniom:

- ◆ unikać nagłych zmian wydajności kotła,
- ◆ na rurociągach pracujących okresowo (odwodnienie itp.) wszelkie zamykadła zabudowywać jak najbliżej komory,
- ◆ króćce odpowierzeń oraz do pomiaru ciśnienia wykonać w postaci tzw. kielichowej z wewnętrzną osłoną chroniącą otwór komory przed nagłym schłodzeniem,

- ◆ w miarę możliwości wymienniki regeneracyjne włączać już we wczesnej fazie obciążenia bloku,
- ◆ podczas dłuższych postojów bloku stosować konserwację całego układu wodnoparowego kotła,
- ◆ odkształcone komory w miejscach maksymalnego ugięcia zaopatrzyć w dodatkowe odwodnienia lub w miarę możliwości dokonać wyprostowania.

Wykonywać okresowe badania diagnostyczne pozwalające na dokonanie oceny stanu badanych elementów oraz procesów zniszczenia w nich zachodzących.

## PIŚMIENICTWO

- [1] E. Zbroińska-Szczechura „Uszkodzenia wspomników urządzeń separacyjnych walczaków” Energetyka Nr 3, 1997
- [2] P.H. Effertez, P. Forchhammer „Schwingsunrissskorosionsschaden an Bauteilen in kraftwerken mechanismen und Beispiele” VGB nr 5, 1982
- [3] L. Cwynar „Rozruch kotłów parowych” WNT, Warszawa, 1989
- [4] E. Zbroińska-Szczechura „Uszkodzenia komór przegrzewaczy kotłów parowych” Energetyka Nr 1, 1999
- [5] J. Dobosiewicz, E. Zbroińska-Szczechura: „Diagnostyka wodnych i parowych komór energetycznych” IX Konferencja Kotłowa 2002, Politechnika Śląska Gliwice 2002

Dr inż. **BERNARD WICHTOWSKI**  
Politechnika Szczecińska

## Ugięcia suwnic pomostowych w świetle analizy i badań in situ

### Wprowadzenie

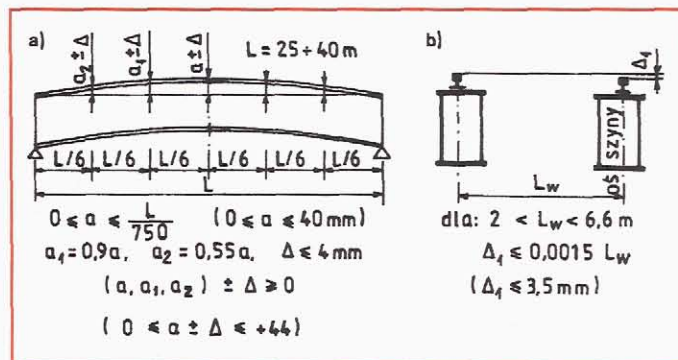
Nowa generacja norm projektowania konstrukcji stalowych rozpatruje modele konstrukcji z imperfekcjami geometrycznymi lub strukturalnymi (wstępne ugięcie lub np. przechyły wstępne). Dokładne omówienie tego zagadnienia można znaleźć w pracach Murzewskiego i Mendery [1, 2]. Rozpatruje się też interakcje niestateczności miejscowej i ogólnej przy określaniu nośności [3, 4]. Najczęściej analiza ta dotyczy konstrukcji pracujących w stanie nadkrytycznym i nie może być wykorzystana w konstrukcjach dźwignic suwnicowych.

Norma PN-90/B-03200, zgodnie z pkt. 4.2c, stanowi, iż wykorzystanie nośności nadkrytycznej jest dopuszczalne w wypadku elementów obciążonych statycznie, do których prezentowane w artykule suwnice pomostowe nie należą. W suwnicach tych problem stanowią „smukłe” ścianki wrażliwe na miejscową utratę stateczności w zakresie sprężystym [3, 5] oraz zagadnienia sztywności eksploatacyjnej konstrukcji przedstawione w niniejszym artykule.

Zgodnie z wymogami dokładności wykonania suwnic, wg normy PN-89/M-45453 [6], tabl. 3 (l.p. 6 i 10) pkt. 2.3.1, wartości liczbowe odchyłek wymiarów swobodnych wynoszą: a) „wygięcie w płaszczyźnie pionowej dźwigarów głównych mierzone przy obciążeniu dźwigarów masą własną (most podparty na czołownicach)”, w zakresie rozpiętości 25 ÷ 40 m rys.1a, b) „różnica poziomu główek szyn torów jezdnych wciągarek na mostach przy obciążeniu dźwigarów masą własną (bez wciągarki, pomostów i wyposażenia)” – rys. 1b.

Według z PN-79/M-06515, pkt. 3.4: „wymiarzy przekroju ustroju nośnego należy tak dobrać, aby przemieszczenia sprężyste i drgania nie

utrudniały funkcjonowania i eksploatacji dźwignicy”. Ostatnia uwaga jest różnie interpretowana przez konstruktorów. Autorzy opracowań [7, 8] proponują i przeprowadzają sprzężenie technologiczne ugiętych dźwigarów suwnic poprzez naspawanie dodatkowych nakładek wywołujących ich wygięcie. Przedstawiciele Fabryki Urządzeń Dźwigowych S.A. w Mińsku Mazowieckim po stwierdzeniu ugięcia poniżej poziomu podpór (strzałka ujemna) omawianych w referacie suwnic, dokonali ich dyskwalifikacji i zalecili ich złomowanie. Autor artykułu ma odmienne zdanie od w/w konstruktorów, a ugięcia poszczególnej suwnicy wymagają indywidualnej analizy.



Rys. 1. Dokładność wykonania stalowego ustroju suwnic pomostowych wg [6]: a) w płaszczyźnie pionowej, b) w przekroju poprzecznym – (w nawiasach wartości dla  $L = 30,0 \text{ m}$  i  $L_w = 2,30 \text{ m}$ )