

Rys. 3. Typowe pęknięcia w postaci klina wypełnionego produktami korozji (pow. 100x)

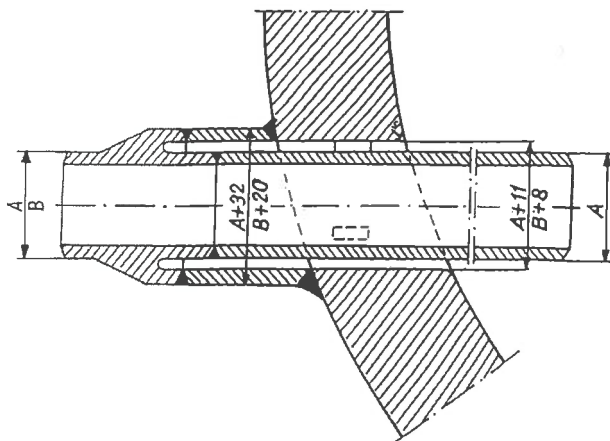
ne naprężenia zmienne przekraczające niekiedy wielokrotnie granicę plastyczności metalu;

- powstawaniu i rozwojowi uszkodzeń towarzyszą procesy korozyjne; również ważnym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu tego rodzaju pęknięć jest obecność koncentratora, jakim jest karb geometryczny (krawędź otworu).

Usuwanie objawów przez szlifowanie i naprawa przez spawanie wykrytych uszkodzeń nie zapobiegają ponownemu pojawieniu się pęknięć. W przypadku wykrycia tego rodzaju

uszkodzeń jedynym skutecznym środkiem jest stosowanie króćców o odpowiedniej konstrukcji z koszulką ochronną, chroniącą ściankę walczaka przed udarem cieplnym (rys. 4).

Podobne uszkodzenia mogą wystąpić na komorach przegrzewaczy, kadłubach turbin i rurociągach parowych w rejonie otworów odpowietrzeń, odwodnień oraz innych elementów pracujących okresowo.



Rys. 4. Właściwa konstrukcja króćca kielichowego z osłoną antyszokową

LITERATURA

- [1] Zbroińska-Szczuchura E.: Uszkodzenia wsporników urządzeń separacyjnych walczaków. *Energetyka* 1997, nr 3
- [2] Cwynar L.: Rozruch kotłów parowych. WNT, Warszawa 1989
- [3] Dobosiewicz J.: Uszkodzenia rurociągów odprowadzających parę do zasobników bezpieczeństwa. *Energetyka* 1980, nr 10

proNovum



Dr Wojciech Brunné

Pro Novum — Katowice

UKD 621.644:621.182

Propozycje zmian zamocowań rurociągów wysokoprężnych kotłów OP-650

Wysokoprężne rurociągi pary i wody w elektrowniach i elektrociepłowniach, z racji parametrów transportowanego czynnika oraz obszaru zabudowy, stanowią poważne, poten-

cjalne zagrożenie dla obsługi [1]. Na bezpieczną pracę rurociągów ma wpływ kilka głównych czynników, które można podzielić na dwie grupy:

1) odpowiedni projekt i jego realizacja (budowa):

- właściwy dobór średnicy rury, grubości jej ścianki i materiału,
- optymalny dobór trasy rurociągu,
- określenie wartości przemieszczeń cieplnych rurociągu w miejscach zabudowy zamocowań,
- dobór zamocowań do warunków pracy rurociągu: udźwig, zakres przemieszczeń roboczych, możliwość regulacji podczas eksploatacji;

2) właściwa eksploatacja:

- funkcjonujący (sprawny) układ odwodnień,
- okresowe przeglądy stanu zamocowań,
- konserwacja zamocowań.

W artykule omówiono wymienione zagadnienia, ze szczególnym uwzględnieniem poprawności doboru zamocowań do warunków przyszłej eksploatacji rurociągu, co w konsekwencji określa warunki pracy zamocowań.

Główne zasady doboru zamocowań

Poprawnie dobrany system zamocowań rurociągów wysokopiętnych powinien spełniać następujące wymagania:

- ▶ nie może wprowadzać dodatkowych naprężeń,
- ▶ nie może ograniczać przemieszczeń cieplnych,
- ▶ musi przenosić pełen zakres obciążeń roboczych.

Na drodze obliczeń konstrukcyjnych określa się zarówno zakres przemieszczeń cieplnych rurociągów, jak i optymalne miejsca zabudowy zamocowań i ich reakcje. Spełnienie powyższych wymagań w całej rozciągłości jest trudne, a często wręcz niemożliwe, gdyż system zamocowań musi współpracować z istniejącą konstrukcją kotłowni i maszynowni.

Niektóre nieprawidłowości w pracy eksploatowanych systemów zawiesznień rurociągów wysokopiętnych

W projektowanych u schyłku lat sześćdziesiątych, a budowanych sukcesywnie w latach siedemdziesiątych blokach 200 MW zaobserwowano nieprawidłowości w pracy zamocowań rurociągów [2 i 3]:

- pary świeżej (rejon czwórników),
- pary wtórnie przegrzanej (rejon czwórników),
- wody zasilającej.

W przypadku rurociągów parowych nieprawidłowości w pracy zamocowań polegały na ograniczeniu przemieszczeń cieplnych rurociągów na skutek:

- blokady zamocowań stałosiłowych-sprężynowych, które pracowały jak ciągną stałe;
- niewystarczającego przystosowania zawiesznień dźwigniowo-ciężarkowych do przenoszenia przemieszczeń poziomych, co prowadziło do przekrzywania się ramion dźwigni i częściowej lub całkowitej blokady zawiesznień (rys. 1).

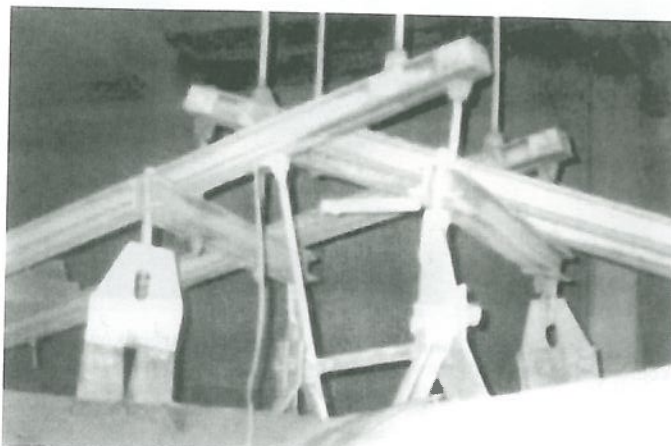
W przypadku rurociągów wody zasilającej niewłaściwa praca zamocowań polegała na:

- bardzo znacznych drganiach rurociągów, prowadzących do zmęczeniowego pęknięcia cięgien — gdy zastosowano zawieszienia sprężynowe o czterech sprężynach w kolumnie (rys. 2 i 3);

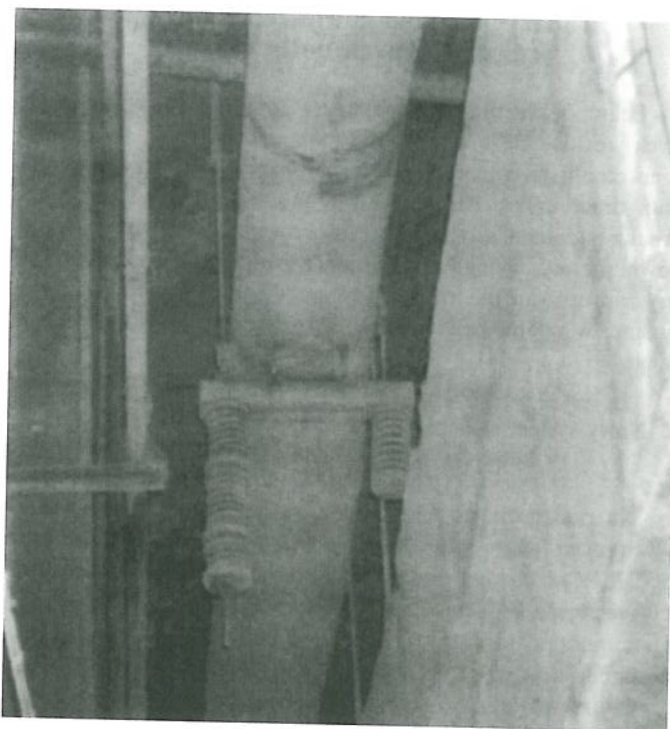
- częściowym blokowaniu przemieszczeń cieplnych rurociągu — gdy zastosowano zawieszienia dźwigniowo-ciężarkowe (blokowanie ramion zawiesznień o strop).

Omówione nieprawidłowości wynikają najczęściej z niepełnego uwzględnienia przy doborze zamocowania warunków pracy rurociągów, a ściślej pełnego zakresu przemieszczeń cieplnych rurociągów. Zastosowane zamocowania mają wymagany udźwig, ale ich zakres przemieszczeń pionowych bądź poziomych jest niższy od występujących na rurociągach.

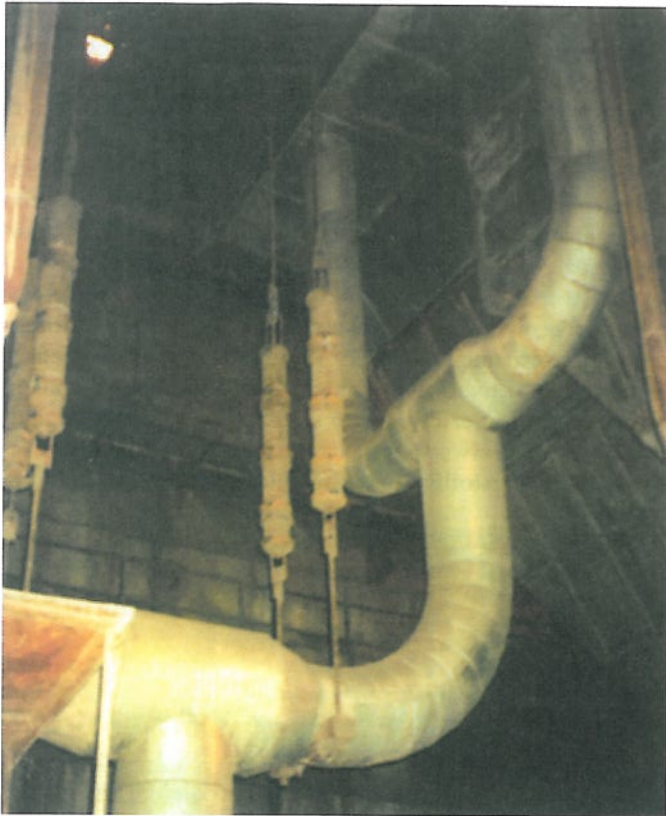
Rurociąg wody zasilającej kotła OP-650 o rozbudowanej formie przestrzennej zaprojektowano jako rurociąg latający. Zabudowanie (zgodnie z projektem) bardzo wysokich kolumn sprężynowych (po cztery długie sprężyny w kolumnie) dodatkowo sprzyja obserwowanemu efektowi silnych drgań rurociągu. Ponieważ częstotliwość drgań całego rurociągu jest bliska



Rys. 1. Zawieszienia dźwigniowo-ciężarkowe czwórnika rurociągu pary wtórnie przegrzanej bloku 200 MW



Rys. 2. Zerwane cięgna dwukolumnowe zawieszienia sprężynowego rurociągu wody zasilającej kotła OP-650



Rys. 3. Zawieszenie dwukolumnowe sprężynowe (trójników przed komorą wlotową podgrzewacza wody kotła OP-650) rurociągu wody zasilającej

częstotliwości drgań własnych kolumn sprężynowych niektórych zawieszzeń, wyeliminowanie drgań rurociągu bez zmian konstrukcyjnych (samyh zawieszzeń) jest niemożliwa [4].

Propozycje zmian zawieszzeń rurociągów wysokoprężnych kotła OP-650

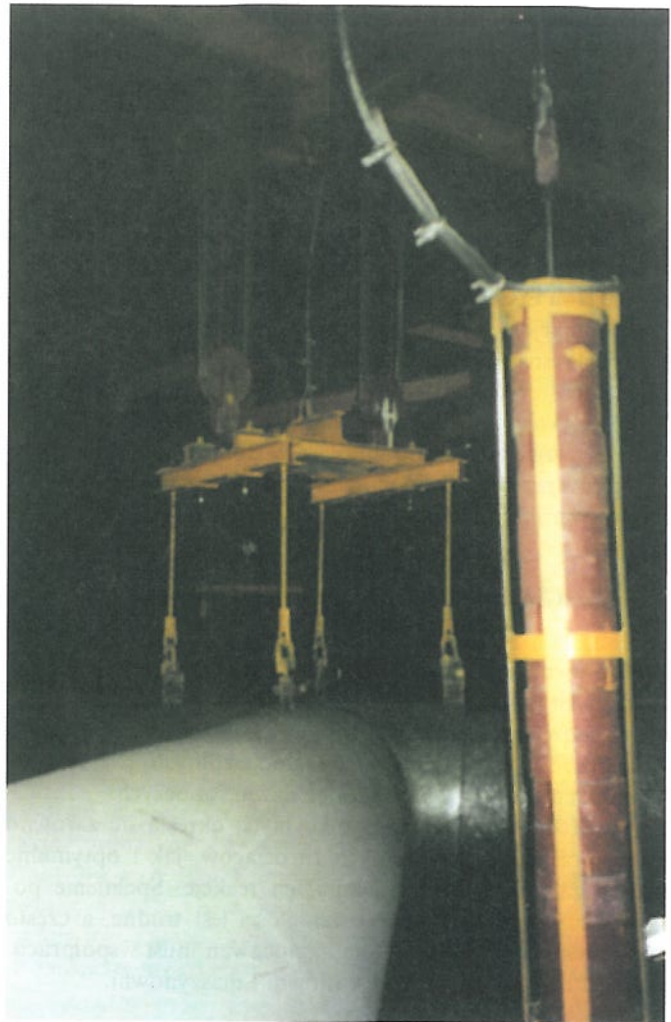
Pełne obliczenia konstrukcyjne rurociągów wysokoprężnych kotłów OP-650 pozwoliły określić wartość przemieszczeń cieplnych rurociągów w miejscach zabudowy zamocowań oraz reakcję zamocowań w stanie zimnym i gorącym. Analizując dane katalogowe zamocowań różnych typów i porównując je z wynikami obliczeń zaproponowano dwa systemy zamocowań dla rurociągów pary świeżej i wtórnie przegrzanej w rejonie czwórników oraz dla rurociągu wody zasilającej.

Nowy system zamocowań głównych rurociągów parowych kotła OP-650 w rejonie czwórników

Na podstawie doświadczeń wynikających z dotychczasowych ocen stanu głównych rurociągów parowych bloków 200 MW w elektrowniach zawodowych, obliczeń konstrukcyjnych oraz regulacji trasy i zamocowań określono cechy, jakie muszą charakteryzować zawieszenie właściwie pracujące w rejonie czwórnika, [5].

Podstawowe dwie cechy, czyli niezbędny udźwóg i przemieszczenia robocze w osi z i w płaszczyźnie $x-y$ mają:

A — stałosiłowe sprężynowo-krzywkowe zawieszenie — produkcji *Chemaru-Kielce*,



Rys. 4. Nowy system zamocowań głównych rurociągów parowych kotła OP-650 w rejonie czwórników, zbudowany przy wykorzystaniu zawiesznień wielokrążkowych sześciokrotnych

B — stałosiłowe zawieszenie rolkowo-ciężarkowe — wg projektu *Energoprojektu-Katowice*

C — stałosiłowe zawieszenie wielokrążkowe-sześciokrotne.

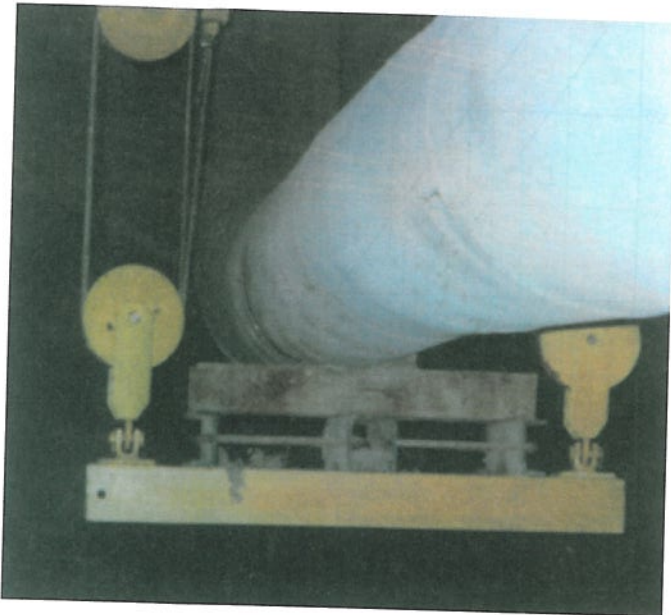
Dość prosta i niezawodna konstrukcja oraz możliwość regulacji na obiekcie to cechy charakterystyczne zawiesznień B i C. Dodatkowo, zastosowanie zamocowań B lub C nie wymaga skomplikowanych zabiegów adaptacyjnych.

Zawieszenie B jest praktycznie nieosiągalne na rynku, natomiast producentem zawieszzenia C jest między innymi kielecki *Chemar*.

Biorąc pod uwagę wymienione cechy zaproponowano wymianę istniejących zawiesznień stałosiłowych-ciężarkowych lub stałosiłowych-sprężynowych na zawieszzenia wielokrążkowe-sześciokrotne (rys. 4).

Nowy system zamocowań rurociągu wody zasilającej kotła OP-650

Na podstawie wyników obliczeń konstrukcyjnych stwierdzono, że tylko trzy ostatnie zawieszzenia sprężynowe muszą przenosić znaczne przemieszczenia pionowe ($\Delta z \geq 350$ mm); przemieszczenia pozostałych punktów zabudowy zamocowań są mniejsze ($\Delta z \cong 100$ mm) lub wręcz zerowe. W związku z tym zaproponowano zmianę całego systemu zamocowań od



Rys. 5. Zawieszenie wielokrążkowe-sześciokrotne zabudowane w końcowej części rurociągu wody zasilającej bloku 200 MW

punktu stałego do komór wlotowych podgrzewacza wody. W miejscach zerowych przemieszczeń pionowych zaproponowano podporę suwliwą. Między podporą stałą a podporą suwliwą (odcinek poziomy) zaproponowano jednosprężynowe zawieszenia dwukolumnowe (sprężyny długie $\Delta l = 140$ mm), natomiast w punktach o największym Δz dotychczasowe zawieszenia sprężynowe lub stałosiłowe dźwigniowo-ciężarkowe zastąpiono zawieszeniem wielokrążkowym-sześciokrotnym (rys. 5) [4].

Uwagi końcowe

Zaproponowane w 1994 roku nowe rozwiązanie systemu zamocowań głównych rurociągów wysokoprężnych kotła OP-650 zastosowano najpierw na dwóch kotłach. Po dwóch latach poprawnej pracy [6] nowe rozwiązanie zawieszzeń rejonu czwórników wprowadzono na siedmiu kotłach, a zmian zawieszzeń na rurociągach wody zasilającej dokonano dotychczas na ośmiu blokach.

Kontrolne pomiary geodezyjne przemieszczeń cieplnych głównych rurociągów parowych i rurociągów wody zasilającej w pełni potwierdzają wyniki obliczeń konstrukcyjnych, co oznacza, że nowy system zamocowań kotła OP-650 pracuje poprawnie.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J., Brunné W.: Ocena stanu technicznego głównych rurociągów parowych bloków energetycznych. *Energetyka* 1993, nr 3
- [2] Kuśmierski P., Szczygielski M.: Stan zamocowań głównych rurociągów parowych bloków 200 MW. *Energetyka* 1996, nr 5
- [3] Brunné W.: Wybrane problemy związane z prawidłowym działaniem zamocowań wysokoprężnych rurociągów energetycznych. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Opolu*, nr 218 *Elektryka zeszyt* nr 43. Opole, 1996
- [4] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 104.423/94 (praca nie publikowana)
- [5] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 24.343/94 (praca nie publikowana)
- [6] Brunné W.: Wytyczne nadzoru głównych rurociągów elektrowni. *Energetyka* 1996, nr 5

pro.novum



Dr inż. Jerzy Trzeszczyński

Pro Novum — Katowice

UKD 62-135:620.19

Uszkodzenia kadłubów turbin i komór zaworowych wywołane przez wady odlewnicze

Badania defektoskopowe oraz pomiary ujawniają pęknięcia oraz deformacje kadłubów turbin parowych. Oprócz czynników eksploatacyjnych (zmęczenie cieplne, termoszoki) najczęstszą przyczyną pęknięć są wady odlewnicze. Ze względu na dużą masę oraz skomplikowany kształt odlewów wykrywa

się w nich prawie wszystkie rodzaje wad sklasyfikowanych w PN-85/H-83105 [1]. Większość wad powierzchni i kształtu usuwa i koryguje producent odlewów, ponieważ w sposób ewidentny ograniczają one lub wykluczają użytkowe cechy tych wyrobów.