

Zespół redakcyjny: mgr inż. Jerzy Dobosiewicz, dr inż. Jerzy Trzeszczyński

Dr Wojciech Brunné
Pro Novum – Katowice

Uszkodzenia zamocowań rurociągów energetycznych

Ważnym, a bardzo często niezauważanym elementem rurociągów energetycznych mającym istotny wpływ na bezpieczeństwo ich eksploatacji jest system zamocowań rurociągów [1]. Celowo użyto określenia **system**, gdyż należy rozpatrywać wszystkie zamocowania rurociągu, a nie tylko przypadki jednostkowe i nie można tego robić w oderwaniu od samego rurociągu. Rurociągi energetyczne, a przede wszystkim główne rurociągi parowe [2] i rurociąg wody zasilającej, są równoprawnym ogniwem w procesie wytwarzania energii, mimo iż przez dłuższy czas pozostawały w cieniu swego „wielkiego rodzeństwa”, jakimi są kotły i turbiny. Z racji usytuowania w halach elektrowni lub elektrociepłowni ewentualne awarie (rozszczelnienia) rurociągów energetycznych są bardzo niebezpieczne. Zamocowania rurociągów, a ściślej ich dobór i regulacja, mają istotny wpływ na bezpieczną eksploatację rurociągów.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń *Pro Novum*, zdobytych w trakcie opracowywania ocen stanu technicznego rurociągów, przyczyny uszkodzenia ich zamocowań można usystematyzować w następujące grupy:

- nieprawidłowy dobór zamocowań do szeroko rozumianych warunków pracy,
- nieprawidłowo zaprojektowany rurociąg,
- błędy w eksploatacji,
- błędy w montażu,
- błędy konstrukcyjne samych zamocowań.

Pierwsze trzy grupy odnoszą się do całego systemu zamocowań rurociągu (SZR), dwie ostatnie mogą odnosić się zarówno do całego SZR, jak i do poszczególnych zamocowań. W artykule opisano wymienione przyczyny uszkodzeń zamocowań rurociągów.

Nieprawidłowy dobór zamocowań do warunków pracy

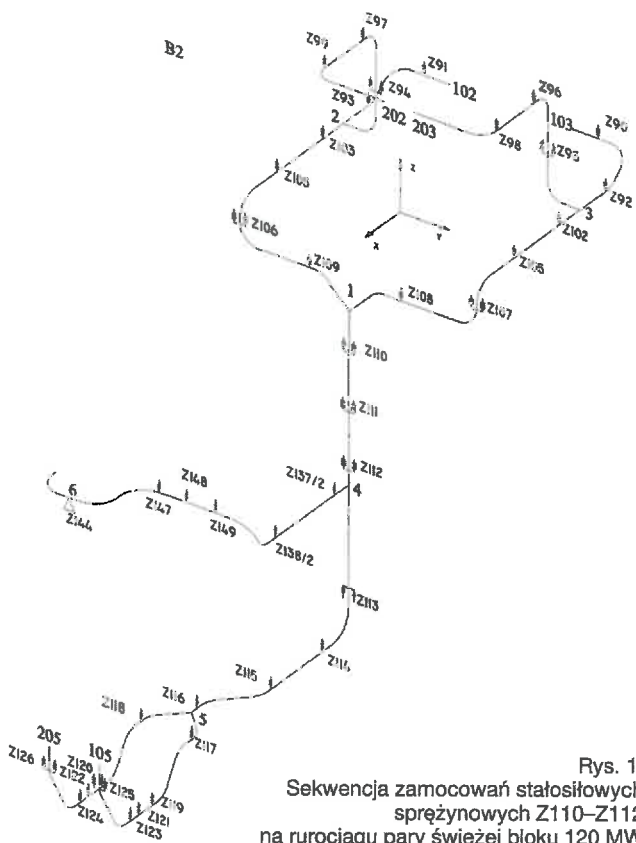
- Jednym z podstawowych błędów popełnianych przy doborze zamocowań jest rozpatrywanie konkretnego przypadku w oderwaniu od całego SZR, w jakim zamocowanie będzie pracowało.

Otrzymane w wyniku obliczeń konstrukcyjnych wymagania dotyczące:

- reakcji zamocowania w obu stanach cieplnych,
 - przemieszczeń cieplnych każdej z trzech osi współrzędnych,
 - miejsca zabudowy na rurociągu
- są bardzo ważne, należy ponadto uwzględniać wzajemne oddziaływanie zamocowań i całego SZR na rurociąg.

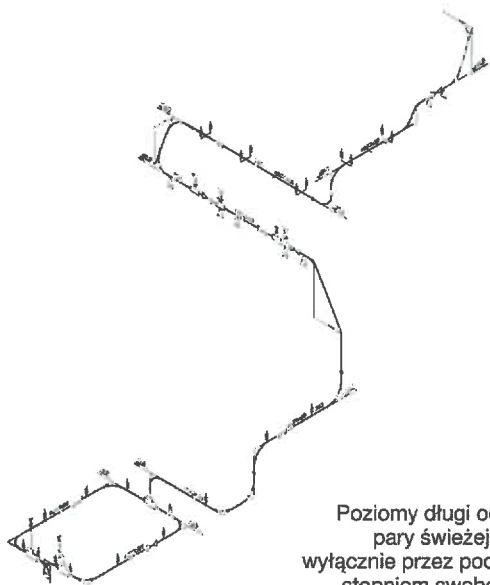
Przykłady nieprawidłowości:

- ♦ zabudowywanie bezpośrednio po sobie kilku zamocowań stałosiłowych (rys.1), co wiąże się z przekroczeniami naprężeń dopuszczalnych w samym rurociągu;



Rys. 1.
Sekwencja zamocowań stałosiłowych sprężynowych Z110–Z112 na rurociągu pary świeżej bloku 120 MW

- ◆ podtrzymywanie długich, poziomych odcinków rurociągów przez podpory stałe i suwliwe również na końcach odcinków prostych (rys. 2), co z kolei prowadzi do wyłączenia z pracy w stanie gorącym podpór suwliwych zabudowanych na końcach odcinków prostych.



Rys. 2.
Poziomy długi odcinek rurociągu pary świeżej podtrzymywany wyłączenie przez podpory z zerowym stopniem swobody wzdłuż osi Z

Równie często spotykanym błędem jest zastosowanie zamocowania, którego parametry techniczne nie odpowiadają rzeczywistym przemieszczeniom i reakcjom. Zarówno zbyt małe możliwości przemieszczeń jak i zbyt małe reakcje bądź w stanie zimnym, bądź w stanie gorącym prowadzą do tego, że zamocowanie pracuje jak cięgno stałe.

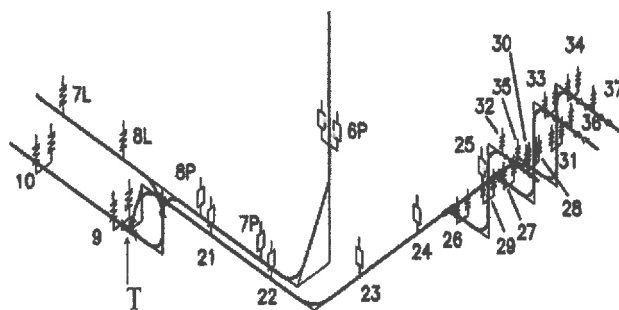
Inne nieprawidłowości:

- ◆ zastosowanie zamocowań o zbyt małej reakcji powoduje w pierwszym rzędzie zgniecenie bądź znaczne wybozczenie sprężyn (rys. 3), a następnie spiętrzenie naprężeń w materiale rurociągu, gdyż zamocowanie pracuje jak cięgno stałe;



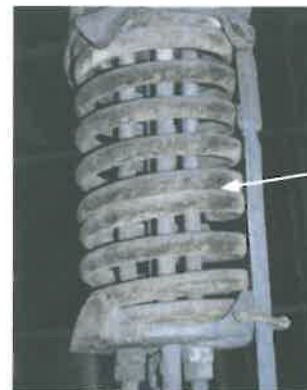
Rys. 3.
Wybozczone sprężyny przeciążonego zamocowania sprężynowego

- ◆ efektem źle dobranego i źle wyregulowanego zamocowania stałosiłowego sprężynowego (rys. 4) jest tak duże przekroczenie naprężeń dopuszczalnych na trójniku, że w konsekwencji doprowadza do pęknięcia spoiny;



Rys. 4. Rurociągi pary świeżej z kotła Op-420. Źle wyregulowane i usytuowane jedno za drugim zamocowania stałosiłowe nr 21-24 były powodem uszkodzenia trójnika T

- ◆ przeciążenie zamocowań sprężynowych bądź stałe, bądź krótkotrwałe, ale o dużej wartości prowadzi do uszkodzenia sprężyn i w konsekwencji do innej niż zakładano pracy zamocowania (najczęściej jako cięgno stałe – rys. 5). Pękniętą spoinę pokazano na rysunku 6.



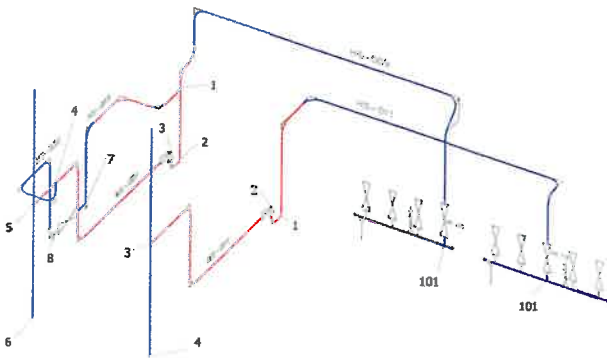
Rys. 5. Zniwelowany do zera odstęp między zwojami sprężyny, świadczący o jej złamaniu



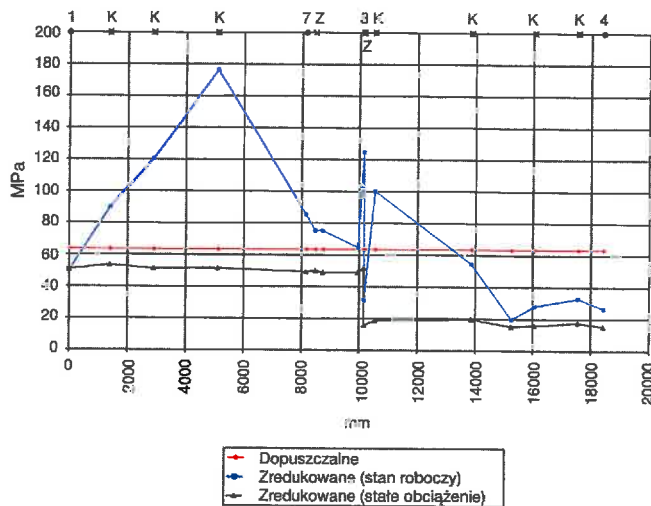
Rys. 6. Złamana sprężyna po demontażu z wieszaka zamocowania

Nieprawidłowo zaprojektowany rurociąg

Pomimo coraz lepszych narzędzi obliczeniowych projekty rozbudowy bądź modyfikacji istniejących rurociągów parowych nie spełniają podstawowego wymagania, jakim jest niższy od naprężeń dopuszczalnych poziom naprężeń zredukowanych (rys. 7 a i b).



Rys. 7a. Modernizacja trasy rurociągu (propozycja)



Rys. 7b. Poziom naprężeń zredukowanych wyższy od naprężeń dopuszczalnych wg kryterium PN-79/M-34033 dla trasy rurociągu

Powodem takiego stanu rzeczy jest najczęściej brak wolnej przestrzeni i konieczność, czasem daleko idących, zmian w już istniejącym układzie rurociągów. Jest to przedsięwzięcie kosztowne i powoduje, że podejmowane są próby poprowadzenia rurociągów taką trasą, dla której nie jest możliwy dobry dobór zamocowań.

Najczęściej spotykanym błędem dotyczącym rurociągów starszych jest nieuwzględnianie przy projektowaniu ich przemieszczeń cieplnych, co często prowadzi do kolizji z innym rurociągiem bądź konstrukcją (rys. 8).



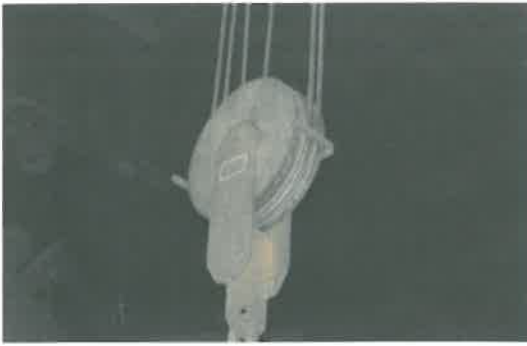
Rys. 8. Kolizja pionowego odcinka rurociągu ze ścianą kotłowni

Błędy w eksploatacji

Bardzo niebezpieczne dla rurociągu i jego systemu zamocowań są tzw. uderzenia wodne, czyli gwałtowne, znaczne przemieszczenia rurociągu spowodowane kontaktem gorącego rurociągu ze znacznie chłodniejszą wodą wtrysku (wadliwie pracujące schładzacze) bądź uruchomieniem nieodwodnionego rurociągu. Konsekwencje uderzenia wodnego dla zamocowań ilustrują rysunki 9 i 10.



Rys. 9. Pozrywana linia zamocowania wielokrążkowego sześciokrotnego na rurociągu pary do wtórnego przegrzewu bloku 200 MW



Rys. 10. Lina opasująca poza kołem roboczym zamocowania wielokrążkowego rurociągu pary do wtórnego przegrzewu bloku 200 MW

Błędy w montażu zamocowań

Z licznych błędów w montażu zamocowań przytoczono tylko najczęściej spotykane, które można podzielić na trzy główne grupy:

- ◆ niedokładny montaż obejm, polegający głównie na tym, że skręcające obejmę nie uwzględniają rozszerzalności cieplnej połączeń śrubowych, co w czasie pracy powoduje ich luzowanie (rys. 11);



Rys. 11. Luźna i pokrzywiona obejma pozioma zamocowania dwukolumnowego

- ◆ nieprawidłowy dobór długości cięgien może w praktyce całkowicie „wyłączyć” działanie zamocowania (rys. 12);



Rys. 12. Zbyt długie cięgno zamocowania

- ◆ nieuwzględnianie wielkości przemieszczeń cieplnych rurociągu przy montażu wieszaków sprężynowych może prowadzić do zablokowania się górnego talerzyka o poprzeczkę służącą do blokady zamocowania na czas próby wodnej; prowadzi to w konsekwencji do zablokowania zamocowania (rys. 13);



Rys. 13. Zablokowane zawieszenie sprężynowe, talerzyk zablokowany o poprzeczkę

- ◆ pozostawienie blokad montażowych z okresu montażu (rys. 14) lub remontu rurociągu (rys. 15).



Rys. 14. Blokada montażowa pozostawiona przez ekipy blokujące rurociąg



Rys. 15. Blokada montażowa pozostawiona przez ekipy remontowe – sąsiadujące z nią zamocowanie „wyłączone z pracy”

Błędy konstrukcyjne zamocowań

W energetyce zawodowej i przemysłowej mamy do czynienia zarówno z rurociągami kilkudziesięcioletnimi (całkowity czas pracy $\tau > 250\ 000$ h), jak i z kilkuletnimi ($\tau < 50\ 000$ h).



Rys. 16. Obejma pionowa o zbyt małej sztywności

Z tego powodu na pracujących rurociągach można jeszcze spotkać zamocowania z błędami konstrukcyjnymi, które zostały w późniejszych realizacjach poprawione.

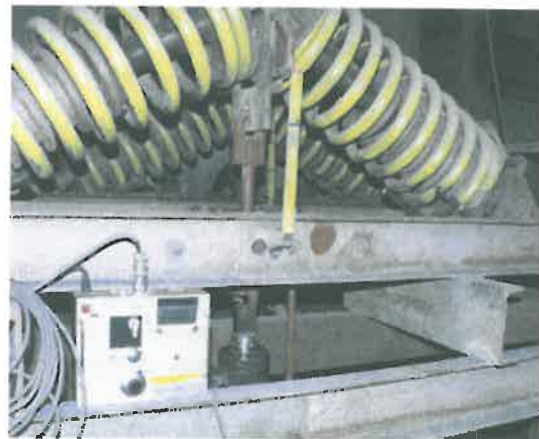
Są to najczęściej obejmy o zbyt małej sztywności (nie-wzmocnione – rys. 16) i stoły kulowe podparć, które mają zbyt małe jezdnie (rys. 17).



Rys. 17. Zbyt mała jezdnia dwukolumnowej podpory pionowej, która dodatkowo nie uwzględnia odchylenia rurociągu od pionu:
a) zbyt mała powierzchnia jezdni powoduje wysuwanie się zespołu kulowego
b) brak przegubu uchylnego dwukolumnowej podpory kulowej powoduje, że jedna ze stóp unosi się w górę o kilkanaście mm

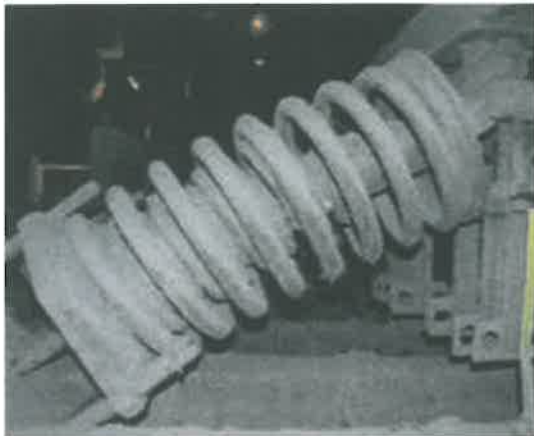
Skomplikowane mechanicznie zamocowania stałosiłowe, sprężynowe mają dwie podstawowe wady:

- ♦ brak możliwości korekty regulacji na obiekcie (zalecane wykorzystanie maszyn wytrzymałościowych) bez wykorzystania bardzo specyficznego oprzyrządowania [3] – rys. 18;



Rys. 18. Pomiar reakcji zamocowania stałosiłowego-sprężynowego za pomocą bardzo dokładnego sitomierza tensometrycznego zabudowanego w ciągnie zamocowania

- ♦ zbyt mała odporność zamocowania na istniejące warunki pracy, a zwłaszcza na zapylenie (rys. 19).



Rys. 19. Wygięty zespół sprężyn (wewnętrzna i zewnętrzna) jednego ramienia zatartego zamocowania stałośiowego-sprężynowego

Podsumowanie

W artykule podjęto próbę przybliżenia problemów, jakie wiążą się z systemem zamocowań rurociągów, a ściślej ze związaną z nimi bezpieczną eksploatacją rurociągów.

Omówione nieprawidłowości stanowią ilustrację najczęściej spotykanych przypadków i oczywiście sygnalizują, a nie wyczerpują problematyki uszkodzeń zamocowań.

Z doświadczenia *Pro Novum* wynika, że przegląd zamocowań rurociągów po długotrwałej eksploatacji wiąże się z ich remontem i/lub konserwacją.

Utrzymanie SZR w dobrym stanie wymaga przeglądów ich stanu:

- ♦ raz w roku w ustabilizowanym stanie zimnym i gorącym,
- ♦ po każdym odstawieniu awaryjnym bądź po uderzeniu wodnym.

Prace profilaktyczne nie są zbyt uciążliwe, a umożliwiają bezpieczniejszą eksploatację rurociągów.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J.: Wytyczne oceny stanu zamocowań głównych rurociągów bloków energetycznych. *Energetyka* 1994, nr 7, s. 253
- [2] Dobosiewicz J., Brunné W.: Ocena stanu technicznego głównych rurociągów parowych bloków energetycznych. *Energetyka* 1999, nr 3, s. 101
- [3] Brunné W.: Badania rzeczywistych reakcji zamocowań głównych rurociągów parowych. *Energetyka* 1993, nr 12, s. 420



Jerzy Dobosiewicz, Ewa Zbroińska-Szczechura – *Pro Novum Katowice*
Jan Kucz – *PKE SA Elektrownia Jaworzno III*

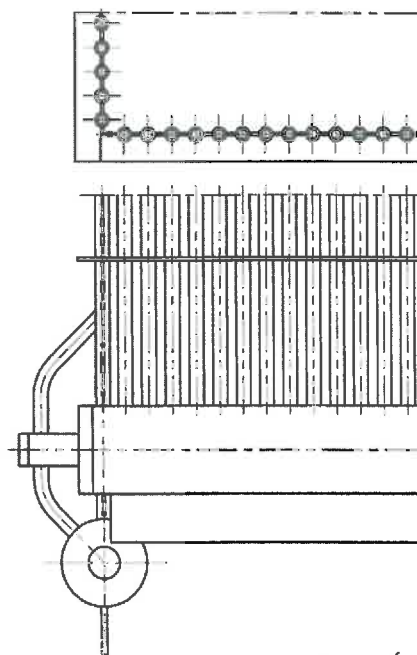
Uszkodzenia rur ścian szczelnych (ekranów) kotłów parowych

Ściany oraz stropy komór paleniskowych i drugiego ciągu współczesnych kotłów parowych tworzą szczelne płyty wykonane z rur opłétwowanych, które jednocześnie mogą spełniać funkcję elementów nośnych (rys. 1). Konstrukcja taka daje pewne korzyści, gdyż m.in:

- pozwala na zwiększenie odstępów między rurami (podziałka),
- stwarza osłonę dla zewnętrznej izolacji kotła,
- umożliwia ustawienia rur na komorach w jeden rząd, co powoduje, że wszystkie są obciążone jednakowo ciężarem własnym.

Po przepracowaniu przez kotły ze szczelnymi ścianami 50 000–80 000 h występują uszkodzenia rur w postaci [1]:

- poprzecznych obwodowych pęknięć na wewnętrznej powierzchni skrajnych króćców przy dolnych komorach drugiego ciągu,
- podłużnych pęknięć na wewnętrznej powierzchni (szczególnie po stronie ogrzewanej) w miejscu przyspawania płetwy do rur parownika,
- podłużnych pęknięć w narożach ścian komory paleniskowej oraz drugiego ciągu.



Rys. 1. Ściana płytowa, drugi ciąg