

Rys. 7. Efekty wprowadzenia organizacji o funkcjonalnie zorientowanych jednostkach autonomicznych [1]

integracji podstawowych narzędzi symulacyjnych i określeniu zasad praktycznego ich wdrażania do praktyki projektowej.

Głównymi korzyściami z wprowadzenia systemów CAx do procesów produkcyjno-wytwórczych są:

- ◀ skrócenie czasu konstruowania wyrobów i czasu opracowania ich procesów technologicznych,
- ◀ zmniejszenie nakładów na modernizację konstrukcji, zmniejszeniu wydatków na dostarczanie, kontrolę i zarządzanie danymi, wariantowaniu rozwiązań konstrukcyjnych i opracowań technologicznych, szybkiej aktualizacji danych, obniżeniu kosztów opracowania dokumentacji,
- ◀ możliwość stosowania technik symulacji, głównie procesów obróbki, umożliwiających weryfikację i modyfikację programów NC,
- ◀ integracja danych geometrycznych w zadaniach obliczeniowych, symulacyjnych czy technologicznych.

## PIŚMIENNICTWO

- [1] Chlebus Edward, Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji, WNT, 2000  
 [2] www.designnews.pl  
 [3] www.montanarii.it  
 [4] www.lift.pl

## EKSPLLOATACJA

Dr WOJCIECH BRUNNÉ  
 PRO NOVUM Sp. z o.o.

# Zamocowania rurociągów wysokoprężnych i wysokotemperaturowych po długotrwałej eksploatacji

## Wprowadzenie

W artykule omówiono jeden z czynników, który ma wpływ na stan techniczny rurociągów. Skupiono się na zamocowaniach w aspektach:

- całościowym – systemie zamocowań podtrzymujących rurociągi w obu stanach cieplnych,
- jednostkowym – pojedynczym zamocowaniem i jego roli w całym systemie.

Poruszono kwestie:

- ★ prawidłowego doboru zamocowań do przewidywanych warunków pracy,
- ★ montażu zamocowań,
- ★ regulacji i konserwacji zamocowań,
- ★ czynników zewnętrznych mających wpływ na prawidłową pracę rurociągu,
- ★ przeglądów okresowych i poawaryjnych,
- ★ uszkodzeń zamocowań.

W podsumowaniu podjęto próbę odpowiedzi na pytanie będące motywem przewodnim konferencji „Jak długo jeszcze będą mogły pracować systemy zamocowań rurociągów?”

## 1. Wstęp

Zamocowania rurociągów wysokoprężnych i wysokotemperaturowych (zwane w dalszej części artykułu rurociągami), czyli rurociągów dla których parametry stanu roboczego istotnie różnią się od stanu postoju są ważnym czynnikiem wpływającym na ich stan techniczny. Ze względu na to, że zamocowania oddziałują (w sposób oczekiwany,

lub negatywny) na rurociąg, a poprzez niego na sąsiednie zamocowania, należy je rozpatrywać jako złożony układ (system), który można porównać do „układu naczyń połączonych”.

W przeszłości kompleksowe podejście do zamocowań rurociągów nie było zbyt powszechne, a co za tym idzie dobór zamocowań nie zawsze był optymalny, a często wręcz niewłaściwy.\*)

## 2. Zamocowania rurociągów w ujęciu systemowym

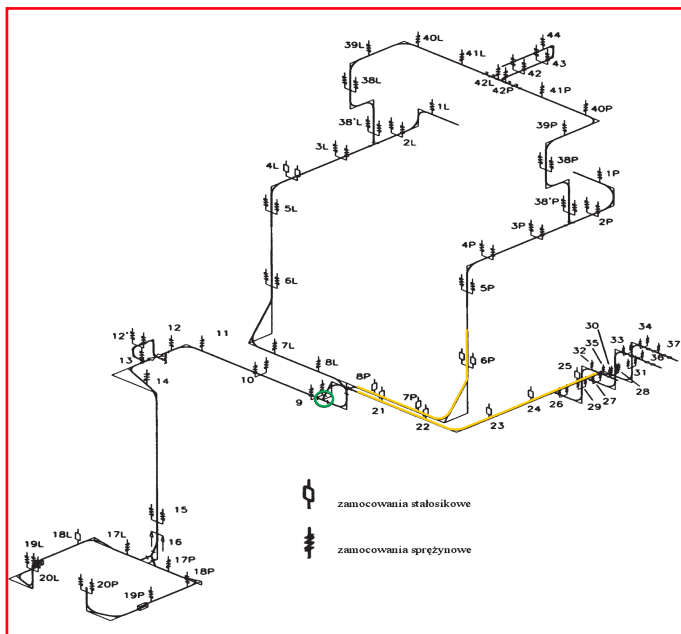
Dobrze zaprojektowany system zamocowań powinien uwzględniać trzy, ważne dla bezpiecznej eksploatacji rurociągów kwestie:

- ◆ zakres przestrzennych przemieszczeń rurociągu pomiędzy ustabilizowanym stanem roboczym (gorącym), a stanem postoju (zimnym) szczególnie w miejscach przewidzianego montażu zamocowań,
- ◆ warunki pracy zamocowania (temperatura, zapylenie, wilgotność),
- ◆ wielkość reakcji zamocowań dla obu w/w stanów rurociągu.

Dobre rozwiązanie pierwszej z wymienionych kwestii wiąże się z:

- doбором zamocowania o odpowiednim zakresie przenoszonych przemieszczeń przy zachowaniu zakładanego poziomu reakcji,
- doбором konstrukcji nośnej zamocowania gwarantującej jego prawidłową późniejszą pracę,
- określeniem tzw. „wyprzedzenia” z jakim powinno być zabudowane zamocowanie, aby prawidłowo pracowało w stanie roboczym.

\*) Artykuł został zaprezentowany na VIII Sympozjum Informacyjno-Szkoleniowy „Diagnostyka i remonty długoeksploatowanych urządzeń energetycznych. Jak długo mogą jeszcze pracować stare urządzenia ciepłno-mechaniczne”, Ustroń, 4+6 październik 2006 r.



Rys. 1. Schemat wysokoprężnych rurociągów parowych z oznaczeniem zamocowań.

- odcinki rurociągu z sekwencją zamocowań stałosiłkowych
- strefa przekroczonych naprężeń dopuszczalnych

Dobór zamocowania do określonych w obu stanach reakcji wiąże się z:

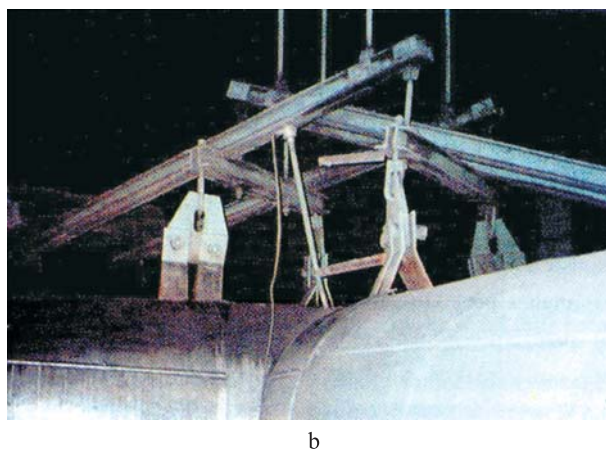
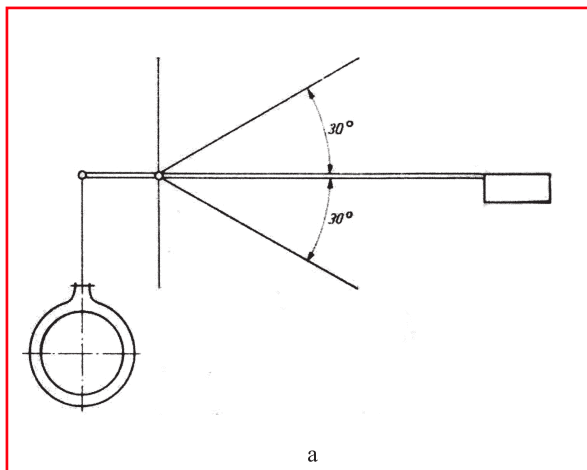
- ★ określeniem optymalnego typu zamocowania do rozpatrywanego zastosowania (stałosiłowe, sprężynowe, stałe itp.),
- ★ określenie tzw. „zakresu roboczego” reakcji jakie zamocowanie będzie musiało zapewnić,
- ★ wyborem zamocowania z katalogów producentów lub zaprojektowaniem zamocowania, które będzie uwzględniało wszystkie w/w aspekty oraz warunki „środowiskowe” pracy.

Bardzo częstym błędem przy doborze zamocowań jest stosowanie w bezpośrednim sąsiedztwie zamocowań stałosiłowych, które rozpatrywane oddzielnie spełniają oczekiwania, ale nie sprawdzają się jako układ (rys. 1). Bardzo często powoduje to lokalny wzrost naprężeń powyżej naprężeń dopuszczalnych lub związane z „wyłączeniem z pracy” niektórych zamocowań, przeciążenie zamocowań sąsiednich [3].

Praktycznym sprawdzeniem, czy dobór zamocowań in gremio jest prawidłowy, jest ponowne przeliczenie rurociągu dla wybranych lub zastosowanych zamocowań z uwzględnieniem ich parametrów technicznych.

### 3. Zamocowanie rurociągu jako element systemu

Oceniając prace zamocowania nie popełnimy błędu, gdy traktować je będziemy, jako pierwsze wśród równych. Wówczas możemy być



Rys. 4. Zamocowania dźwigniowo-ciężarkowe a – optymalny zakres przenoszonych przemieszczeń b – nieprawidłowe dobranie zamocowania

Rys. 2. Przykład zastosowania zamocowania o zbyt małej nośności. Przeciążony stojak sprężynowy – wyboczona i zgnieciona sprężyna



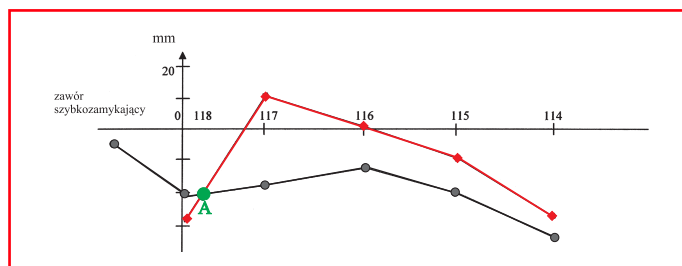
pewni, że nie umknie nam analiza wzajemnego oddziaływania zamocowań na sąsiednie, zwłaszcza w sytuacji, gdy:

- ▲ niedociążenie jednego zamocowania pociąga za sobą przeciążenie sąsiedniego lub sąsiednich,
- ▲ zablokowanie zamocowania (praca jako ciegno stałe) często całkowicie odciąża zamocowania sąsiednie, powodując równocześnie spiętrzenie naprężeń,
- ▲ źle zabudowane zamocowanie utrudniające przemieszczenia ciepłe rurociągu może wymuszać nieprawidłową pracę sąsiedniego zamocowania (np. nieosiowe obciążenia).

### 4. Główne czynniki mające wpływ na ocenę pracy zamocowań

Ocenę pracy zamocowania należy rozpatrywać w kilku niżej wymienionych aspektach:

- ◆ prawidłowego doboru,
- ◆ montażu,

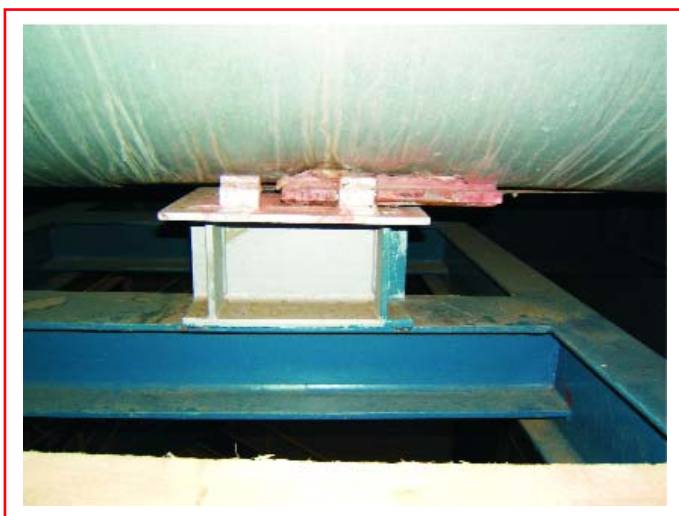


Rys. 3. Znacznie przekraczający oczekiwania udźwig zamocowania stałosiłowego A wprowadza dodatkowy moment gnący w stanie gorącym





Rys. 5. Zbyt mała jezdnia podpory kulowej pionowej



Rys. 6. Podpora suwliwa Z1 z wysuniętą górną jezdnią – stan gorący

- ◆ regulacji i konserwacji,
- ◆ czynników środowiskowych.

#### 4.1. Dobór zamocowania do warunków pracy

Sprawdzenie, czy zamocowanie zostało właściwie dobrane do warunków pracy należy rozpocząć od analizy wyników obliczeń konstrukcyjnych rurociągu. Na tej podstawie można stwierdzić czy zakres przewidywanych obciążeń mieści się w 70÷80% nośności zamocowania.

Zbyt mała nośność zamocowania w stosunku do rzeczywistych obciążeń powoduje zablokowanie zamocowania, co prowadzi często do zerwania elementu nośnego lub zablokowania sprężyn z ich równocze-

#### Rys. 8. Kolidacja ciężna zamocowania sprężynowego z innym rurociągiem



snym wybozczeniem i doprowadzenie do tego, że zamocowanie pracuje jak ciężno stałe (rys. 2) [1].

Zamocowanie o zbyt dużym udźwigu, może spowodować z jednej strony podnoszenie rurociągu w stanie zimnym, a z drugiej skutecznie blokować możliwość przemieszczeń cieplnych rurociągu wprowadzając dodatkowy, niepożądany moment gnący (rys. 3) [5].

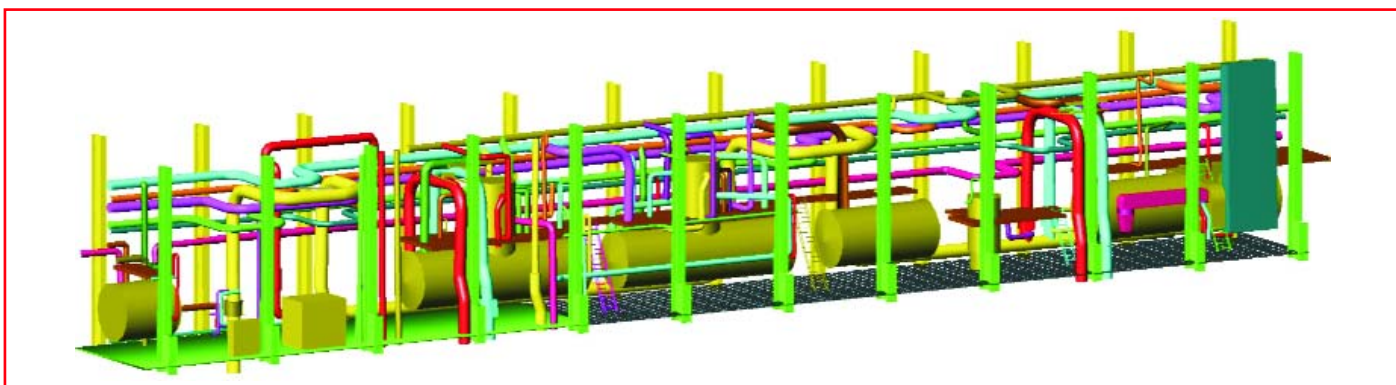
Kolejnym ważnym elementem oceny pracy zamocowania jest sprawdzenie czy budowa samego zamocowania i jego konstrukcji wspornej pozwala na przemieszczenia cieplne rurociągu. Najczęściej spotykane nieprawidłowości to:

- zbyt krótkie ciężna lub zbyt mała możliwość „przenoszenia” przemieszczeń (rys. 4) [1 i 2],
- zbyt małe powierzchnie ślizgowe (rys. 5).

#### 4.2. Montaż zamocowań

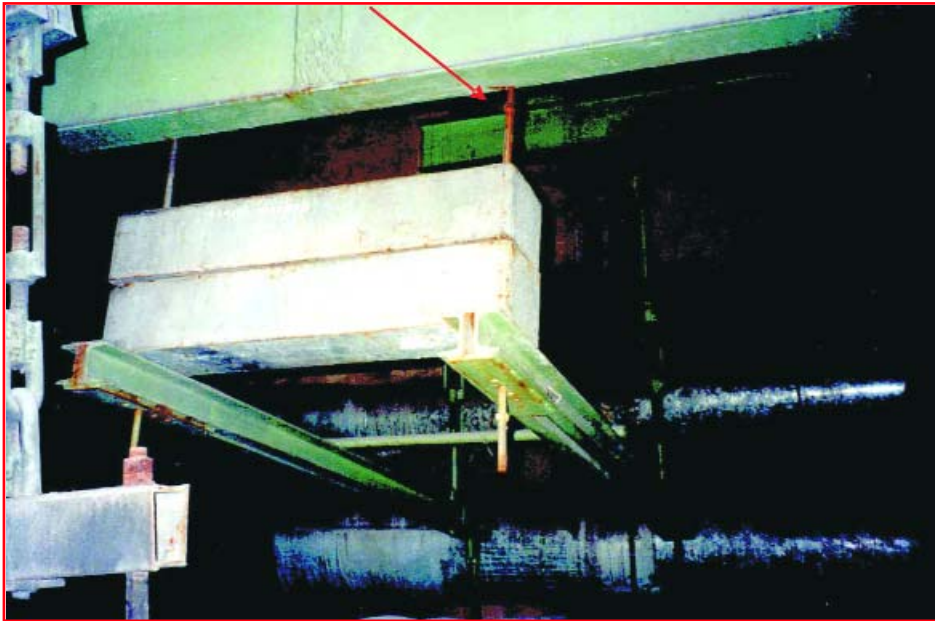
Istotny wpływ na prawidłową pracę zamocowań ma ich właściwy montaż. Niestety, i w przeszłości, i obecnie można spotkać liczne błędy montażowe. Do najczęściej występujących błędów należą:

- ◀ brak uwzględnienia przemieszczeń cieplnych rurociągu, które powoduje, że w stanie roboczym zamocowanie nie jest obciążone osiowo; można tu wyróżnić dwie grupy błędów:
  - ◆ montaż ciężen bez tzw. „wyprzedzenia”, co skutkuje tym, że w stanie gorącym ciężna nie są pionowe, a co za tym idzie, na rurociąg i na zamocowania działają siły skośne, których nie uwzględnia konstrukcja zamocowania (trwałe wybozczenie sprężyn),
  - ◆ montaż podpór ślizgowych bez wyprzedzenia, co w konsekwencji może prowadzić do nieprawidłowej pracy podpory ślizgowej (rys. 6) i znacznego wzrostu naprężeń w rurociągu,
  - ◆ zaniedbanie sprawdzenia tzw. wolnej przestrzeni do dyspozycji (rys. 7) [4] przy projektowaniu lub montażu, co w konsekwencji prowadzi do kolizji zamocowania lub jego konstrukcji nośnej z innym rurociągiem lub konstrukcją (rys. 8, 9, 10, 11),



Rys. 7. Wyniki pomiarów wolnej przestrzeni do dyspozycji w rejonie odgazowycy III Etapu





Rys. 9. Blokowanie się dźwigni zawieszenia dźwigniowo-ciężarkowego o belkę nośną konstrukcji kotłowni

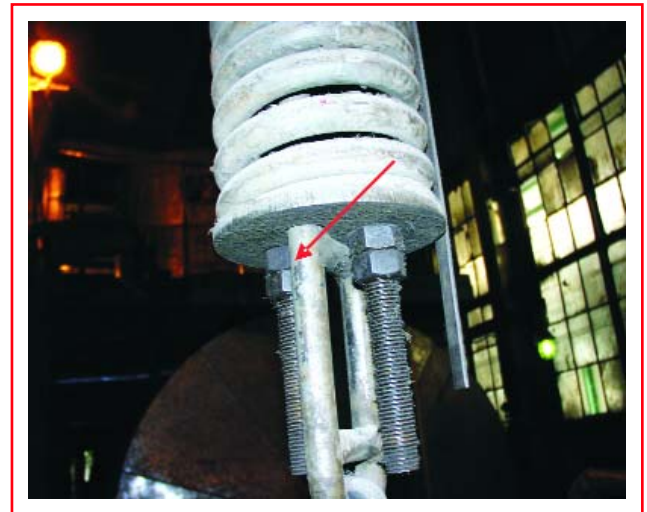


Rys. 11. Kolizja stojaka jednosprężynowego zawieszenia poziomego z kanałem powietrznym

- ◀ zabudowa zamocowań sprężynowych w krańcowym położeniu sprężyn, co w stanie roboczym powoduje bądź pełną bądź częściową blokadę zamocowania (rys. 12),
- ◀ pozostawienie blokad montażowych (rys. 13) lub blokad na czas próby wodnej (rys. 14) [5].

#### 4.3. Czynniki zewnętrzne wpływające na prawidłową pracę zamocowań

Najczęstszym i najbardziej negatywnie oddziałyującym czynnikiem jest zapylenie. Jest ono najbardziej niebezpieczne dla stałości



Rys. 12. Sprężyna opiera się o rozprękę do budowania zamocowania sprężynowego na czas próby wodnej, ponadto zamocowania zabudowano odwrotnie (do góry nogami)



Rys. 10. Kolizja obejmmy zamocowania dwukolumnowego, pionowego i ściany kotłowni

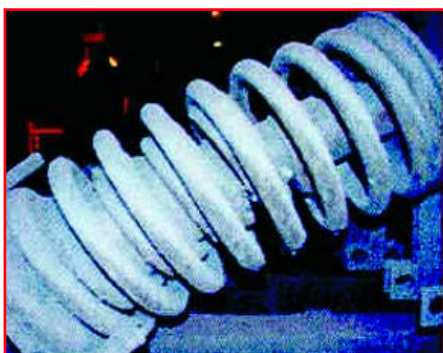


Rys. 13. Pozostawiona blokada montażowa, „wyłączone” z pracy zawieszenie sprężynowe





Rys. 14. Pozostawiona blokada na czas próby wodnej – skrzywiony stół sprężynowy



Rys. 15. Zatarcie na skutek zapylenia doprowadziło do wygięcia śruby regulacyjnej zamocowania stałosiłowego-sprężynowego

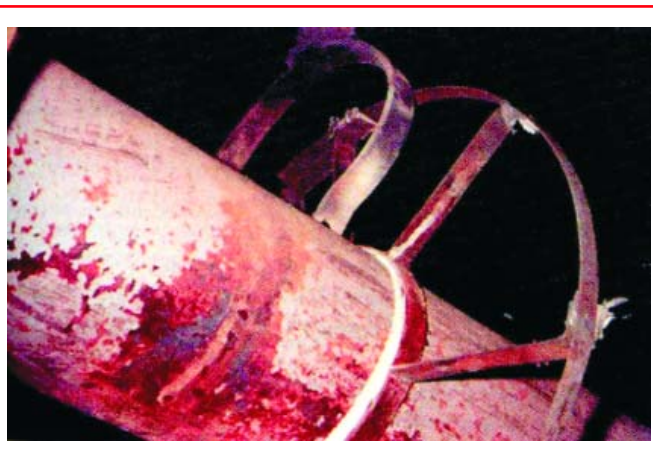
wych zamocowań sprężynowych o otwartej konstrukcji. Popiół osiadający na najczęściej trudnodostępnych zawieszaniach powoduje zacieraanie się przegubów obrotowo-suwliwych i krzywek, co często prowadzi do blokady zamocowań (rys. 15). Większość zamocowań nowej generacji posiada już zabezpieczenie przed pyłem w postaci osłon.

Kolejnym negatywnym czynnikiem zwłaszcza dla zamocowań nowej generacji jest bardzo wysoka temperatura. Wprowadzając jezdnie teflonowe do zamocowań ślizgowych często zapomina się o tym, że można je stosować gdy temperatura powierzchni trących nie przekracza  $+200^{\circ}\text{C}$ . Najczęściej stopy jezdne połączone z obejmą mają temperaturę pracy  $400^{\circ}\text{C}$  i więcej, co powoduje, że teflon skleja obie stalowe stopy ślizgowe (rys. 16) [6] i [7].

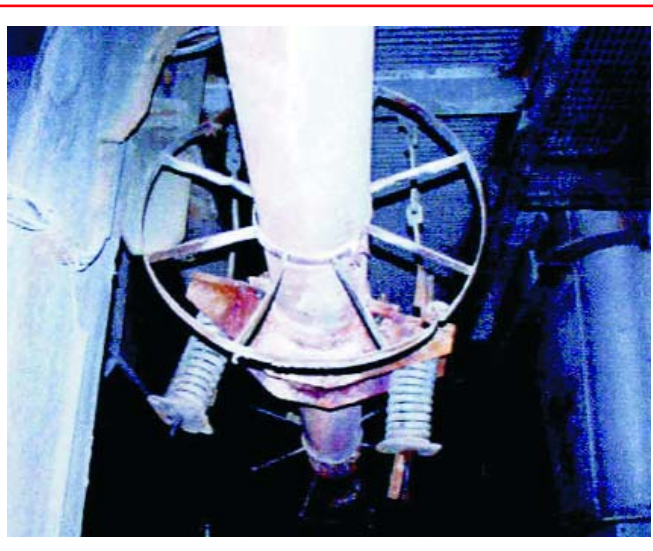
Następnym, niekorzystnym czynnikiem jest duża wilgotność prowadząca do szybkiej korozji zamocowań, a zwłaszcza sprężyn. To negatywne zjawisko dotyka głównie rurociągów prowadzonych pod gołym niebem (niektóre typy kotłów pyłowych, rurociągi technologiczne).



Rys. 16. „Sklejone teflonem” powierzchnie ślizgowe stołów sprężynowych doprowadziły do wykrzywienia zamocowania



Rys. 17. Zerwana obejma zawieszania poziomego



Rys. 18. Skrzywiona obejma dwukolumnowego zawieszania poziomego

#### 4.4. Konserwacja i regulacja zamocowań

Jedynym sprawdzonym sposobem na zminimalizowanie oddziaływania czynników zewnętrznych jest okresowe (w miarę potrzeb) odkurzenie i konserwacja zamocowań. Jest to zagadnienie o tyle trudne, że do większości zamocowań nie ma bezpośredniego dostępu nawet w czasie postoju (konieczność budowy rusztowań).

Prawidłowa regulacja zamocowań to podstawowy czynnik gwarantujący dobrą i długotrwałą pracę zamocowań.







Rys. 19. Wyboczona sprężyna zamocowania dwukolumnowego sprężynowego poziomego

mocowań i korekt regulacji. Wieloletnie doświadczenie wskazuje, że przeglądy należy prowadzić dwa razy w roku, raz w ustabilizowanym stanie gorącym, drugi raz w stanie zimnym, a także po każdej awarii lub uderzeniu wodnym [1].

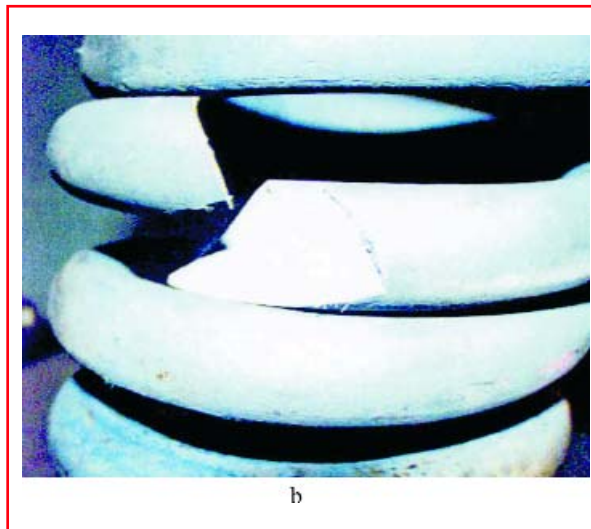
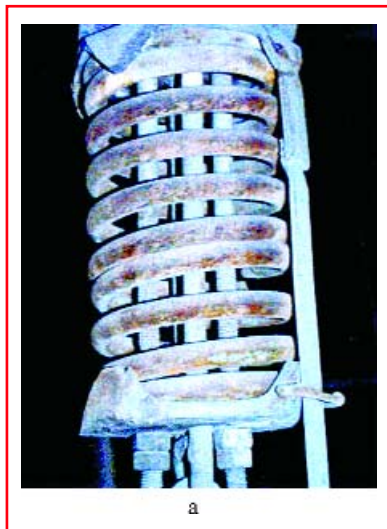
## 6. Przykłady uszkodzeń zamocowań

W trakcie przeglądu stanu zamocowań, zwłaszcza wówczas, gdy rurociąg jest rozizolowany można dokładnie sprawdzić stan poszczególnych części zamocowań, a w szczególności obejm. Poniżej pokazano typowe uszkodzenia zamocowań.

## 7. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie wieloletnich doświadczeń przy ocenie stanu technicznego zamocowań, ich doborze do warunków pracy, konserwacji i regulacji można wysnuć następujące szczegółowe wnioski:

1. Zamocowania rurociągu mają istotny wpływ na ich bezpieczną eksploatację.



Rys. 20. Uszkodzenie zawieszenia jednokolumnowego sprężynowego  
a – zablokowane zwoje świadczące o uszkodzeniu sprężyny  
b – złamana sprężyna (przełom widoczny po demontażu)

## 5. Przeglądy okresowe i powaryjne

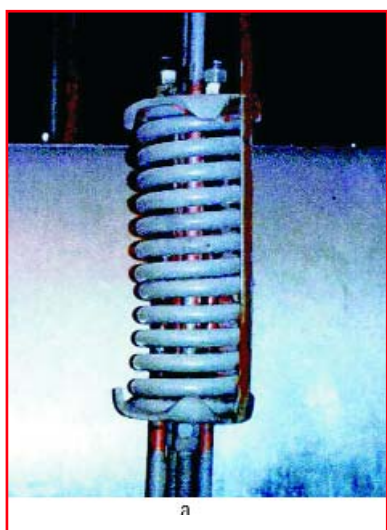
Ponieważ praca urządzeń energetycznych, oprócz stanów ustalonych, (optymalnych dla pracy rurociągów i ich systemów zamocowań) charakteryzuje się zmienną w skali roku i coraz większą liczbą stanów nieustalonych. Stąd konieczność okresowych przeglądów i stanu za-

konserwacji) lub sukcesywnie wymieniane na nowe o konstrukcji lepiej przystosowanej do ich warunków pracy.

Realizacja wyżej zaprezentowanych wniosków w kilku elektrowniach zawodowych i przemysłowych pozwoliła na wydłużenie czasu bezpiecznej eksploatacji rurociągów o dalsze 15÷20 lat. Pozwala to na stwierdzenie, że system zamocowań rurociągów nie stanowi problemu w ich bezpiecznej eksploatacji, o ile nie jest zostawiony samemu sobie.

## PIŚMIENICTWO

- [1] Brunné W.: Wytyczne nadzoru stanu głównych rurociągów elektrowni. Energetyka nr 5, 1996 str. 291.
- [2] Kuśnierski P.; Szczygielski M.: Stan zamocowań głównych rurociągów parowych bloków o mocy 200 MW. Energetyka nr 5, 1996 str. 297.
- [3] Sprawozdanie Pro Novum nr 33.1154/2001. Praca niepublikowana.
- [4] Sprawozdanie Pro Novum nr 21.1829/2005. Praca niepublikowana.
- [5] Sprawozdanie Pro Novum nr 108.1782/2005. Praca niepublikowana.
- [6] Sprawozdanie Pro Novum nr 51.1859/2006. Praca niepublikowana.
- [7] Sprawozdanie Pro Novum nr 77.1885/2006. Praca niepublikowana.



Rys. 21. Uszkodzenie zawieszenia dwukolumnowego sprężynowego  
a – zablokowane zwoje  
b – złamana sprężyna