

W przepisach obliczeniowych dozoru technicznego z 1963 r. nie zawarto zasad określania stopnia wyczerpania trwałości materiału płaszcza walczaka, co gorsze z nieoficjalnych informacji wynika, że w pracach nad zmodyfikowanymi metodami obliczeniowymi nie uwzględnia się problematyki warunków propagacji pęknięć. Mamy nadzieję, że nasze doświadczenia i współpracujących z nami specjalistów publikowane na łamach Biuletynu *Pro Novum* przyczynią się do opracowania ujednoczonych kryteriów oceny stanu technicznego walczaków w możliwie najlepszej postaci.

Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz

*Pro Novum* — Katowice

## LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J., Szopa M., Zbroińska-Szczuchura E., Trzeszczyński J.: Określenie przyczyn powstania awarii walczaka kotła OP-380K nr 1 w Elektrowni Łaziska. Końcowy raport z badań. Sprawozdanie *Pro Novum* Nr 35/90. Katowice 1990
- [2] Dobosiewicz J., Zbroińska-Szczuchura E., Trzeszczyński J.: Recommendations concerning the operation of OP-380 boiler drum made 18CuNMT. Report No 18.053/91. Katowice 1991

*pro novum*

UKD 621.644.2.005.2

## Pomiar przemieszczeń cieplnych głównych rurociągów parowych

Ekonomicznie ograniczone możliwości rozwoju krajowej energetyki stawiają nowe wymagania przed użytkownikami elektrowni; należy do nich:

- przedłużenie okresu międzyremontowego,
- przedłużenie trwałości urządzeń,
- zapewnienie dalszej niezawodnej i bezpiecznej pracy bloków,
- rozwiązanie problemów ekologicznych.

Prace nad przedłużeniem trwałości i zapewnieniem niezawodności urządzeń oraz wydłużeniem okresu międzyremontowego muszą być poprzedzone oceną stanu elementów krytycznych bloku, do których między innymi należą rurociągi parowe. W ocenie stanu tych rurociągów istotne jest oszacowanie przemieszczeń cieplnych, spadów montażowych i pracy zamocowań, które decydują o łącznych naprężeniach w ściankach rurociągów.

Podczas pracy rurociągów mogą wystąpić odchylenia rzeczywistych naprężeń od ich wartości obliczeniowych. Przyczynami tego stanu rzeczy mogą być:

- błędy obliczeniowe,
- błędy montażu,
- błędy eksploatacyjne,
- niekonserwowanie zamocowań,
- niedokładne dane materiałowe.

W ostatnich latach znacznie udoskonalono metody obliczeniowe w związku z czym dawniejsze obliczenia — a więc również rozwiązania — nie odpowiadają obecnemu stanowi wiedzy i doświadczenia. Ponadto doświadczenia eksploatacyjne wykazują, że nawet przy dokładnych obliczeniach założenia teoretyczne na ogół nie sprawdzają się w eksploatacji. Przyczyną jest z reguły niewłaściwa praca zamocowań, które nie zapewniają swobodnego przemieszczania się punktów zawieszenia. Wskutek tego rzeczywiste siły reakcji zamocowań różnią się znacznie od projektowych.

Dodatkowe obciążenia zwiększają wyczerpanie materiału, zwłaszcza w okolicach kolan, co może doprowadzić nawet do trwałego odkształcenia rurociągu (zmiana położenia). Przyjęcie położenia innego niż projektowe wiąże się z reguły ze zmianą wartości spadów montażowych, a w odniesieniu do niektórych odcinków rurociągu nawet ze zmianą ich kierunku. Kondensat zbierający się na tych odcinkach

w stanach nieustalonych pracy bloku dodatkowo obciąża zamocowanie, zmienia rozkład temperatur po obwodzie i grubości rury, co powoduje wzrost naprężeń cieplnych. Przy gwałtownym wzroście prędkości przepływu pary kondensat może być wdmuchnięty do dalszego odcinka rurociągu, co naraża go na udary cieplne oraz zniszczenie zmęczeniowe materiału rur i zamocowań urządzeń zasilanych parą.

Niewłaściwy dobór lub niesprawność zamocowań mogą być przyczyną histerezy przemieszczeń cieplnych (zwłaszcza na odcinkach poziomych), a także wzrostu naprężeń w poszczególnych przekrojach. Na tego typu zjawiska są wyjątkowo czułe rurociągi „pływające”, tj. nie mające stałych podpór na odcinkach pionowych.

Jedno z kryteriów niezawodności pracy rurociągów jest oparte na zgodności wartości naprężeń obliczonych i rzeczywistych. Najbardziej praktyczne w tym przypadku jest porównanie rzeczywistych i obliczonych wartości przemieszczeń przy zmianie temperatury pracy rurociągu. Jeżeli uzyskane wyniki są zbliżone należy oczekiwać, że również naprężenia mają podobne wartości. Pomiaru przemieszczeń dokonuje się za pomocą odpowiednich wskaźników umieszczonych w miejscach, gdzie spodziewane przemieszczenia rurociągu mogą być największe. Dla każdego punktu pomiarowego, którego przemieszczenia obliczeniowe są większe niż 10 mm, oblicza się wartości względne (histerezę) z następującego wzoru:

$$\Delta_t = \left| \frac{\Delta_o - \Delta_r}{\Delta_r} \right| 100\% \quad (1)$$

$\Delta_t$  — histereza, %;  $\Delta_o$  i  $\Delta_r$  — odpowiednio obliczeniowe i zmierzone przemieszczenie, mm.

Z kolei można obliczyć uśrednioną histerezę dla całego rurociągu:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n}, \quad (2)$$

$\bar{\Delta}$  — uśredniona histereza rurociągu, %;  
 $n$  — liczba wskaźników na rurociągu.

Ponieważ, jak wykazuje praktyka, największa histereza występuje w płaszczyźnie poziomej (x—z), to można obliczyć jej wartość średnią (dla projektu i dla pomiarów) ze wzoru:

$$\Delta h = \frac{\Delta \bar{x} + \Delta \bar{z}}{2} \quad (3)$$

$\Delta h$  — średnie przemieszczenie w płaszczyźnie poziomej, mm;

$\Delta \bar{x}, \Delta \bar{z}$  — odpowiednio przemieszczenie w osi x i z, mm.

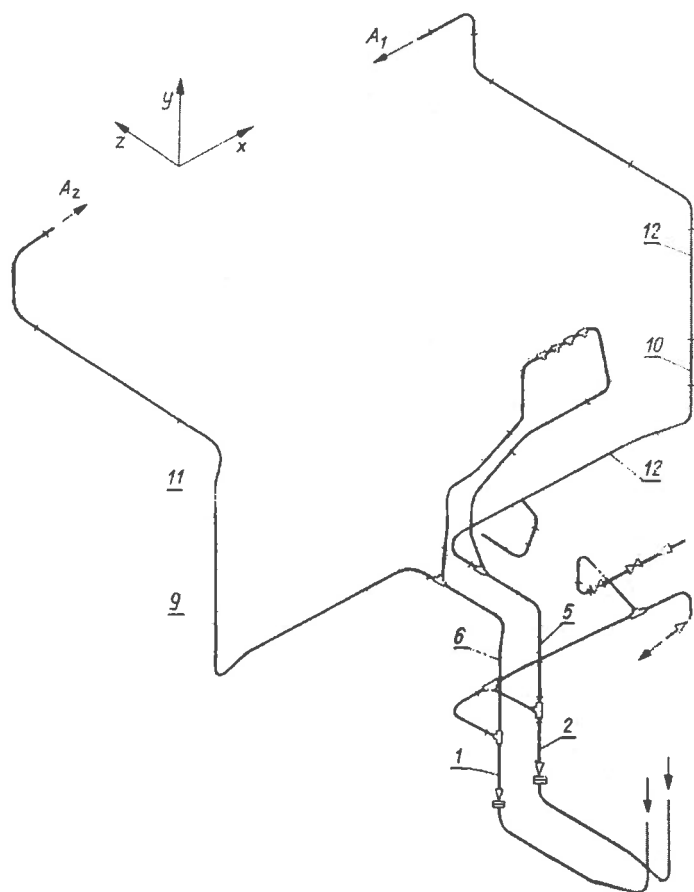
Po podstawieniu do wzoru (1) obliczonego  $\Delta h$  oraz obliczonego i zmierzonego  $\Delta h_o$  i  $\Delta h_z$  można wyznaczyć histerezę przemieszczeń w analizowanej płaszczyźnie (x—z).

Dla przykładu przytoczono wyniki pomiarów i obliczeń przemieszczeń jednego z ocenianych rurociągów. Badaniem objęto rurociąg pary wtórnej (zimna nitka) dostawy radzieckiej o następujących parametrach eksploatacyjnych:

- przepracowana liczba godzin — 13 000,
- wymiary nominalne — 325 × 13 mm,
- parametry pracy — 26 bar, 332°C,
- rozwiązanie rurociągu — pływające.

Rozmieszczenie punktów pomiarowych przedstawiono na rysunku 1, a wyniki pomiarów i obliczeń zestawiono w tabelach 1 i 2.

Z analizy pomiarów i obliczeń wynika, że występuje znaczna rozbieżność między obliczonymi a zmierzonymi przemieszczeniami, tak że histereza w niektórych przypadkach przekracza nawet 600%, przy dopuszczalnej 10%. Również kierunki przemieszczeń nie zgadzają się z obliczonymi; naj-



Rys. 1. Aksjonometryczny rysunek rurociągu z zaznaczeniem miejsc zainstalowania wskaźników przemieszczeń (maksymalne wyteżenia na kolanach w pobliżu punktów 5, 6, 9, 11 i 12)

większa zbieżność dotyczy odcinków pionowych, a największa rozbieżność występuje w płaszczyźnie (x—z). Przy dużych wartościach przemieszczeń obliczonych rzeczywiste przemieszczenia są z reguły od nich mniejsze.

Tabela 1

Obliczone i zmierzone przemieszczenia rurociągu

Nitka rurociągu	Numer wskaźnika	Wartości obliczone, mm			Wartości zmierzone, mm		
		x	y	z	x	y	z
A <sub>1</sub>	2	-3	-11	39	4	-23	52
	5	-20	30	14	5	17	46
	10	29	-61	-7	32	-64	30
	12	43	-9	-56	46	-27	50
A <sub>2</sub>	1	-21	-10	47	4	-27	46
	6	-28	30	2	16	14	2
	9	-131	-60	-6	-103	-67	-7
	11	-103	-10	-55	-50	10	-54

Tabela 2

Histereza przemieszczeń w kierunkach x, y, z oraz w płaszczyźnie x—z

Nitka rurociągu	Numer wskaźnika	Histereza, %				$\Delta h_{x-z}$ , mm	
		x	y	z	x—z	projekt	pomiar
A <sub>1</sub>	2	175	32	25	28	21	28
	5	680	76	69	68	42	25
	10	9	27	123	52	38	31
	12	4	133	212	13	49	43
A <sub>2</sub>	1	625	62	2	36	34	25
	6	300	114	0	66	15	9
	9	270	11	4	14	63	55
	11	106	200	1	48	77	52

Ogólnie rzecz biorąc można stwierdzić, że niezgodność między rzeczywistymi i projektowymi przemieszczeniami — zwłaszcza w płaszczyznach poziomych — jest tak duża, iż niektóre odcinki rurociągu oraz przyłącza do kotła i turbiny mogą być objęte niedopuszczalnym wzrostem naprężeń (rys. 1). Można przypuszczać, że przemieszczenia rzeczywiste zależą w znacznym stopniu od składowych poziomych reakcji powstających w zamocowaniach, co może świadczyć o tym, że w obliczeniach rurociągu nie uwzględniono wielu czynników. Jednym z nich może być niejednorodna sztywność poszczególnych zamocowań.

Biorąc pod uwagę wyniki analizy pomiarów i obliczeń badanego rurociągu należałoby:

- zabudowywać na rurociągach wskaźniki pomiaru przemieszczeń,
- wykonywać okresowe pomiary przemieszczeń, a otrzymane wyniki porównywać z wartościami obliczeniowymi.
- w miejscach występowania histerezy przekraczającej wartości dopuszczalne (10%) często sprawdzać stan spin obwodowych przy kolanach i kształtkach oraz dokonywać pomiaru rzeczywistych naprężeń w rurociągu i reakcji zamocowań za pomocą tensometrów i dynamometrów,
- rurociągi charakteryzujące się dużymi histerezami ponownie przeliczyć (przemieszczenia i naprężenia) i ewentualnie poddać modernizacji cały układ zamocowań.

## LITERATURA

- [1] Balaschak J. J.: Pipe Support Hanger Evaluation in Operating Fossil Power Plants. Teledyne Eng. Services, Massachusetts, USA
- [2] Seyna F., Ginalski J.: Przedłużenie eksploatacji głównych rurociągów parowych po upływie okresu projektowego. *Dozór Techniczny* 1990, nr 2
- [3] Koschel P.: Konzept zur Lebenstauer übertwachung und Ertüchtigung Kraftwerksrohrleitungen im Zeitstanbereich. *VGB* 1986, nr 10
- [4] Janeczek Z.: Nowe kierunki w analizie elastyczności układów rurociągów. *Energetyka* 1984, nr 8
- [5] Ginalski J.: Badania naprężeń montażowych w rurociągach pary świeżej bloków 360 MW. *Energetyka* 1986, nr 11
- [6] Dobosiewicz J.: Pęknięcia spoin obwodowych wysokoprężnych rurociągów parowych. *Energetyka* 1988, nr 12
- [7] Dobosiewicz J.: Ocena przemieszczeń spadów i stanu zamocowań głównych rurociągów parowych elektrowni ciepłych. Instrukcja Pro Novum 1991 (nie publikowana)



Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz, mgr inż. Andrzej Rauszer

UKD 621.373.1.004.6

Pro Novum — Katowice

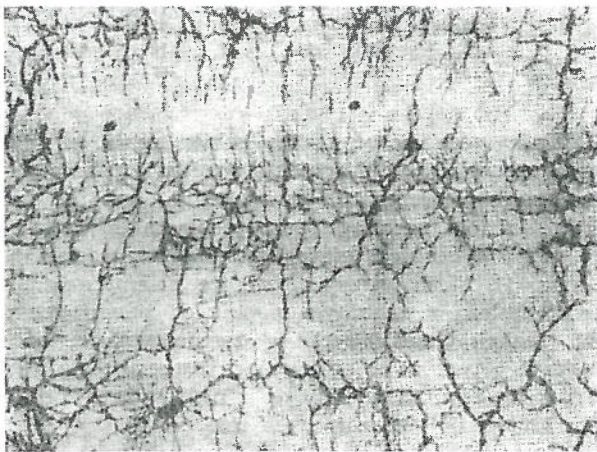
ZIAD — Bielsko-Biała

## Uszkodzenia korozyjne kołpaków generatorów w turbozespołach parowych

Podczas remontów i napraw wirników kołpaki generatorów w turbozespołach parowych różnej mocy są poddawane badaniom nieniszczącym. Celem badań jest ocena ich stanu oraz określenie przydatności do dalszej pracy.

W ostatnich latach prócz typowych, dotychczas spotykanych uszkodzeń (pęknięcia zmęczeniowe, wypalenia, elektrokorozyja) wykryto szereg uszkodzeń korozyjnych i to przeważnie na kołpakach generatorów o mocy 200 MW oraz rzadziej innych, ale wykonanych głównie ze stali 8Mn8Ni3Cr. Uszkodzeniom tego rodzaju towarzyszą z reguły następujące objawy:

- powierzchnia zewnętrzna jest porażona wżerami, a często i pęknięciami o głębokości do 0,1 mm (rys. 1);



Rys. 1. Pęknięcia na powierzchni wewnętrznej z towarzyszącymi wżerami (pow. 10 X)

- na powierzchni wewnętrznej występują wżery o głębokości do 0,2 mm i pęknięcia o głębokości 2—15 mm;
- pęknięcia rozpoczynają się we wżerach lub żłobkach po obróbce mechanicznej; na powierzchni zewnętrznej przebiegają w różnych kierunkach, a na powierzchni wewnętrznej — równoległe do głównej osi kołpaka;
- wżery i pęknięcia na powierzchni wewnętrznej występują najczęściej w okolicach osadzeń i w miejscach styku z izolacją.

Ogólnie biorąc najwięcej uszkodzeń powstaje pod osadzeniami od strony beczki wirnika [1]. Uszkodzenia występują po różnym czasie eksploatacji. Około 20% badanych koł-

paków ma uszkodzenia korozyjne, ale są i takie, które nawet po 20 latach eksploatacji nie wykazują śladów pęknięć.

Z wykonanych badań oraz danych literaturowych wynika, że przyczyną tego typu uszkodzeń jest korozja naprężeniowa.

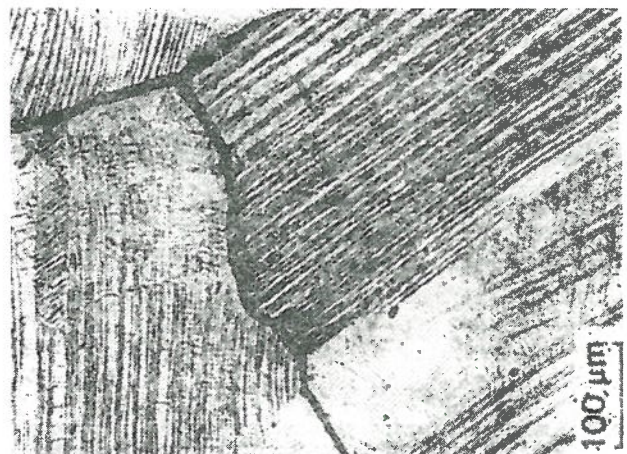
### Korozja naprężeniowa

Proces korozji naprężeniowej nie jest jeszcze dokładnie wyjaśniony. Wiadomo jednak, że stale odporne na korozję atmosferyczną (w tym stale austenityczne) mogą w pewnych warunkach ulegać korozji naprężeniowej.

Aby uniknąć korozji naprężeniowej w przypadku stali mało na nią odpornych wystarczy spełnić jeden z podanych warunków:

- ograniczyć zbyt wysokie naprężenia rozciągające działające stale lub okresowo,
- wyeliminować czynnik agresywny (który bez naprężeń wcale nie musi działać szkodliwie na metal),
- odpowiednio skrócić czas działania naprężeń i czynnika agresywnego.

Korozja naprężeniowa rozpoczyna się od płytkich, nieregularnych wżerów. W kolejnym jej stadium pojawiają się pęknięcia międzykrystaliczne, rzadziej śródkrystaliczne lub mieszane (rys. 2). Stale austenityczne w pewnych warunkach są wrażliwe na korozję naprężeniową. Również



Rys. 2. Pęknięcia międzykrystaliczne (pow. 100 X) [2]