

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].



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.

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 zawieszono rejonu czwórników wprowadzono na siedmiu kotłach, a zmian zawieszono 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., Szczygalski 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

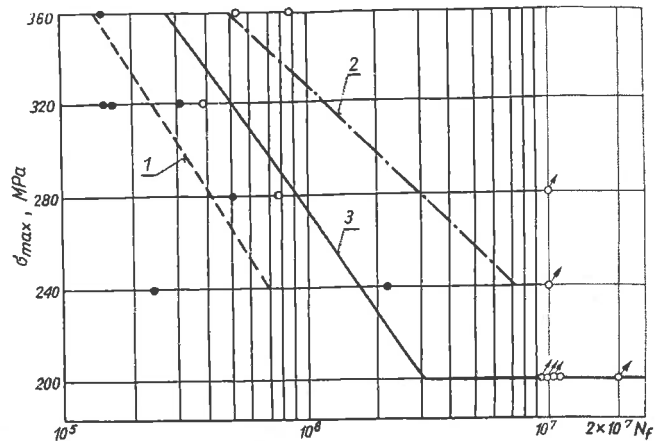
Niektóre z wad, w tym przede wszystkim:

- radziny wewnętrzne,
 - zimne krople,
 - niejednorodność struktury, jako skutek kierunkowej krystalizacji grubościennych przekrojów,
 - struktury niekorzystne (np.: gruboziarniste, z ferrytem Widmannstättena), jako rezultat niewłaściwie wykonanej obróbki cieplnej,
- pozostają w odlewach i w zależności od ich lokalizacji oraz warunków pracy ujawniają się po różnym czasie eksploatacji.

Wpływ wad technologicznych na inicjację i propagację pęknięć

Wady odlewnicze w postaci nieciągłości materiałowych (rzadziny, makro- i mikroporowatości) można traktować jako karby wywołujące spiętrzenia naprężeń, o wielkości zależnej od ich lokalizacji w stosunku do powierzchni oraz obszarów najbardziej wyciężonych. Najmniejszy, w praktyce pomijalny wpływ na inicjację i propagację pęknięć wywierają wady technologiczne w obecności naprężeń statycznych, gdyż w konstrukcyjnie przewymiarowanych ściankach kadłubów i komór zaworowych statyczne naprężenia są względnie niskie, i to nawet w strefach najwyższych temperatur.

Na etapie inicjacji w największym stopniu powstawanie pęknięć przyspieszają wady powierzchniowe, zwłaszcza te, które są zlokalizowane w obszarze dużych, zmiennych naprężeń cieplnych. Wpływ makroporowatości na tempo inicjacji pęknięć zmęczeniowych w badaniach laboratoryjnych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Wytrzymałość zmęczeniowa (wykresy Wöhlera) staliwa niskowęglowego

- 1 — wytrzymałość staliwa zawierającego mikropory < 0,5 mm,
- 2 — wytrzymałość staliwa zawierającego mikropory o wymiarach od 0,5 do 3 mm,
- 3 — średnia wytrzymałość staliwa zawierającego mikropory < 3 mm

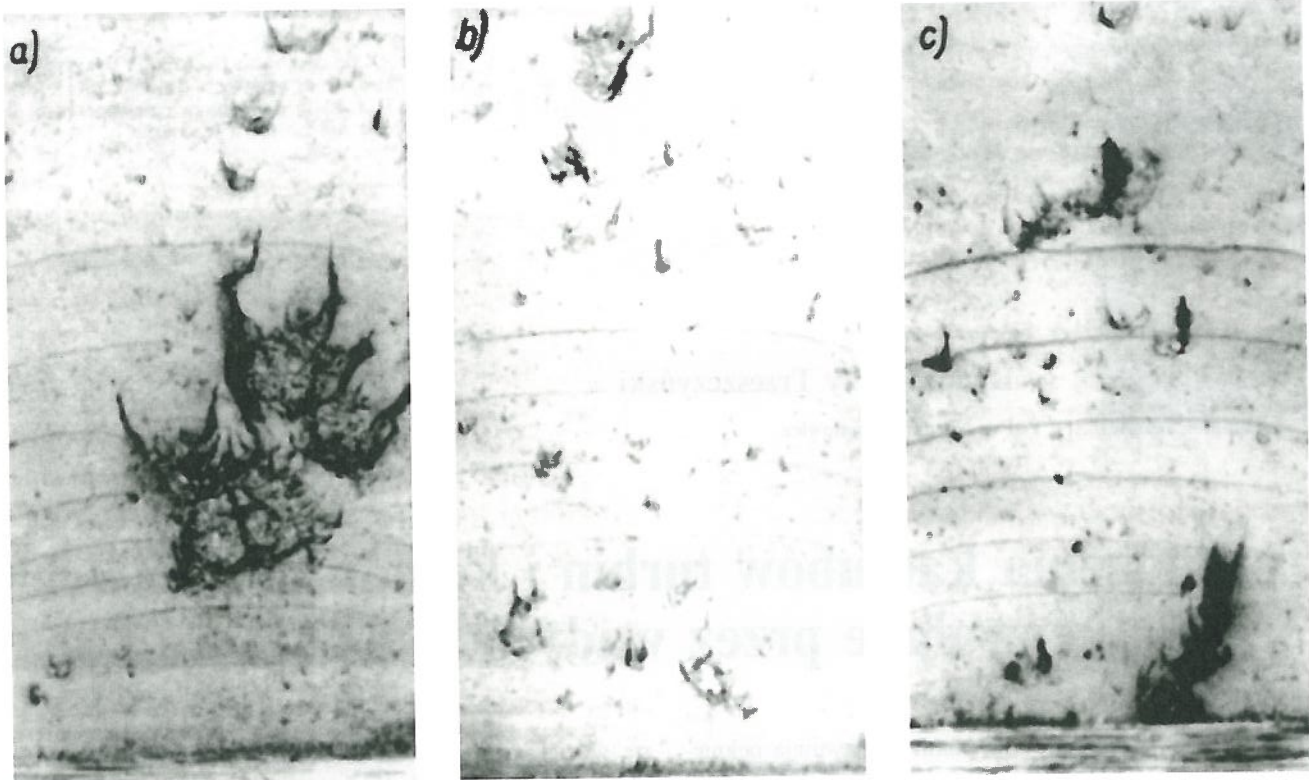
Parametrami badań były:

- ▶ temperatura otoczenia,
- ▶ naprężenia sinusoidalne zmienne (częstotliwość 34—55 Hz, współczynnik asymetrii cyklu $R=0$).

Wyniki badań podzielono na dwa podzbiory:

- gdy inicjatorami były mikropory o wymiarach do 0,5 mm,
- gdy inicjatorami były mikropory o wymiarach od 0,5 do 3,0 mm.

Bardziej niejednoznaczny wpływ na tempo propagacji pęknięć zmęczeniowych mają wewnętrzne mikropory skurczowe i rzadziny. Dane eksperymentalne (rys. 2) dostarczają dowo-



Rys. 2. Kształt frontów pęknięć zmęczeniowych na przelomach próbek compact ze staliwa niskowęglowego, badanych przy współczynniku asymetrii cyklu $R=0,02$ (a) oraz $R=0,2$ (b i c); pow. $\sim 3x$

dów zarówno na przyspieszanie propagacji pęknięć w obecności mikropor, jak również ich opóźnianie oraz brak wpływu [2].

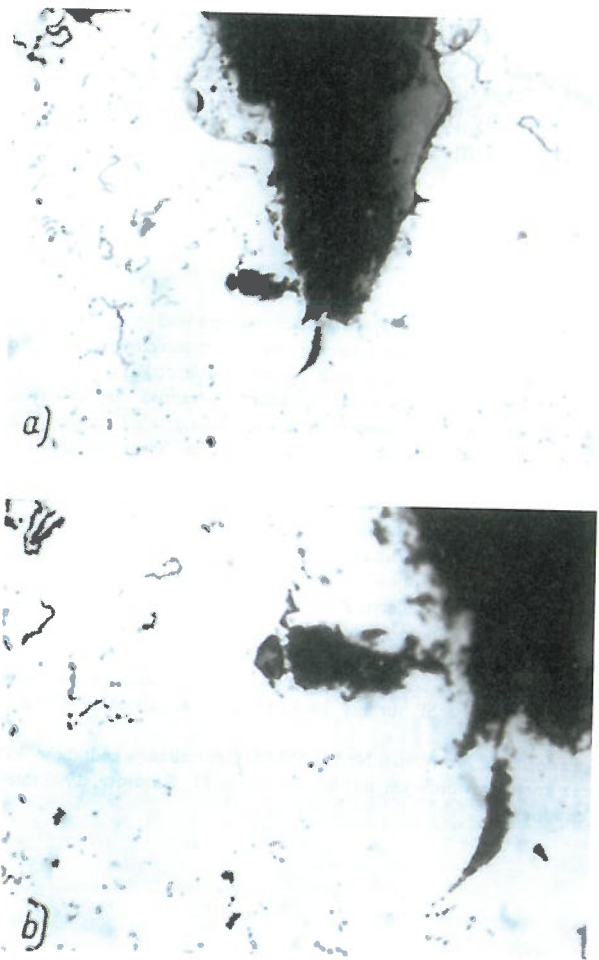
Skutki obecności wad odlewniczych

W największym zakresie wady odlewnicze są wykrywane podczas kompleksowych badań kadłubów turbin i komór zaworowych oraz w trakcie naprawy.

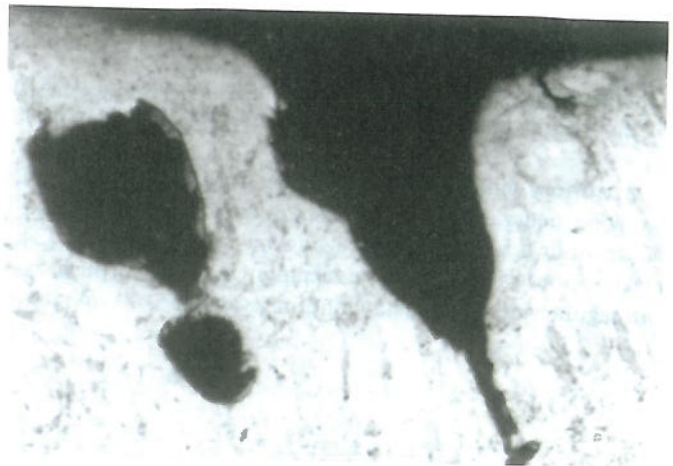
Podczas badań nieniszczących ujawnia się usunięte przez producenta rzadziny powierzchniowe oraz pęknięcia, będące skutkiem powierzchniowych lub podpowierzchniowych porowatości.



Rys. 3. Makrostruktura materiału pod siedliskiem grzyba zaworu szybkozamkającego; widoczne: struktura dendrytyczna, pory skurczowe oraz pęknięcia odlewnicze i eksploatacyjne; trawiono odczynnikami Jacewicza (na gorąco)



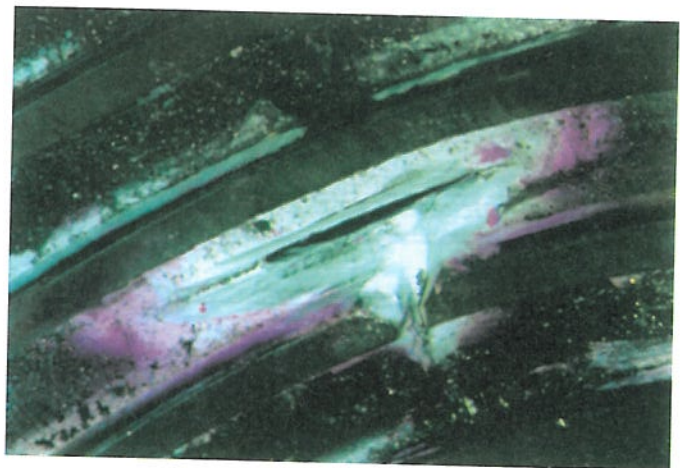
Rys. 4. Mikropory w otoczeniu pęknięcia technologicznego, zgląd nie trawiony; pow. 200x (a) oraz 500x (b)



Rys. 5. Mikropory w korpusie zaworu regulacyjnego; pow. 16x



Rys. 6. Ubytek „na wylot” po usunięciu pęknięcia i towarzyszącej mu rzadziny na krawędzi otworu wpustu w dolnej części kadłuba zewnętrznego turbiny 13UP-55-7; na przeciwległej tworzącej otworu widoczna nie usunięta rzadzina



Rys. 7. Kadłub wewnętrzny WP (część dolna — od wewnątrz) turbiny o mocy 120 MW; ubytek „na wylot” po usunięciu pęknięcia i towarzyszącej mu rzadziny

Badania niszczące (wycinki materiału odlewu pobierane mechanicznie w strefie wlotu i wylotu pary) ujawniają:

- niekorzystną strukturę (grube ziarno, gruboiglasty bainit, ferryt w układzie Widmannstättena),
- bardzo niską udarność, często nie przekraczającą 1,0 daJ/cm², a prawie zawsze niższą od wymaganej (3,5 daJ/cm²).

Mikropory, mikropęknięcia i niejednorodności struktury, ujawnione podczas badań korpusu zaworu szybkozamykającego ze staliwa L17HMF, pokazano na rysunkach 3 i 4 [3]. Przykład porowatości w węźle cieplnym odlewu korpusu zaworu regulacyjnego przedstawiono na rysunku 5.

Największą ilość rzadzisz oraz mikro- i makroporowatości — w tym także towarzyszących im pęknięć — wykrywa się podczas naprawy kałużebów.

Ujawnia się je wtedy podczas:

- usuwania pęknięć (rys. 6 i 7),
- wyżarzania — podczas odprężania powstają pęknięcia w sąsiedztwie podpowierzchniowych nieciągłości materiałowych,
- obróbki mechanicznej — wówczas są ujawniane rzadziszny podpowierzchniowe (rys. 8).

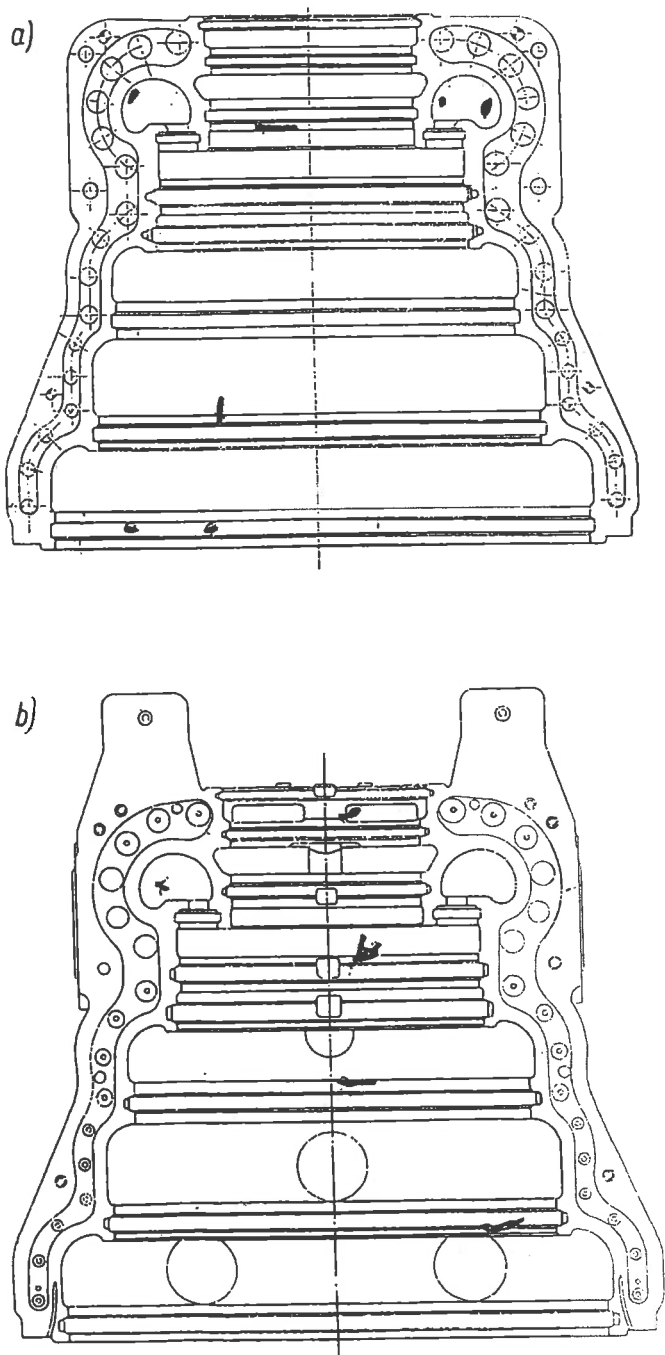
Podsumowanie

Obecność wad technologicznych w postaci rzadzisz oraz niekorzystny stan struktury (grube ziarno, gruboiglasty bainit, ferryt w układzie Widmannstättena) prowadzi do pęknięć już w pierwszych latach eksploatacji kałużebów, utrudnia klasyczną ich naprawę ze względu na skłonność do pęknięcia podczas spawania oraz sprzyja powstawaniu, stosunkowo szybko, pęknięć podczas dalszej eksploatacji.

Uwzględniając szkodliwy wpływ wymienionych wad technologicznych oraz mając na uwadze konieczność zapewnienia stabilności kształtu, wdrożono [5—8] technologię regeneracji kałużebów, która oprócz ich naprawy w odniesieniu do usunięcia pęknięć i napawiania ubytków zapewnia także poprawę struktury, korektę geometrii i stabilizację kształtu, dzięki odpowiedniej obróbce cieplnej w piecu. Dotychczasowa praktyka eksploatacyjna wskazuje, że tak naprawione i obrobione cieplnie kałużebki pracują bez pęknięć (do chwili obecnej) ponad 50 000 godzin.

LITERATURA

- [1] PN-85/H-83105: Odlewy. Podział i terminologia wad
- [2] Trzszczyński J.: Inicjacja i rozwój pęknięć zmęczeniowych w niskowęglowych staliwach konstrukcyjnych (rozprawa doktorska)
- [3] Trzszczyński J.: Analiza zmian struktury i własności cieplno-mechanicznych materiału korpusu zaworu szybkozamykającego WP turbiny 200 MW w Elektrowni Turów po długotrwałej eksploatacji. Sprawozdanie SIMPEX R-391/86
- [4] Trzszczyński J., Dobosiewicz J., Grzesiczek E., Stachura S.: Dotychczasowe doświadczenia związane z rewitalizacją kałużebów turbin parowych. *Energetyka* 1996, nr 1 (Biuletyn *Pro Novum* Nr 1/96)
- [5] Dobosiewicz J.: Zasadność regeneracji kałużebów turbin parowych. *Energetyka* 1996, nr 11 (Biuletyn *Pro Novum* Nr 3/96)
- [6] Patent P-315641: Sposób prostowania kałużebów maszyn wirujących podczas obróbki cieplnej
- [7] Sprawozdanie *Pro Novum* Nr 101. 646/96: Rewitalizacja kałużebów zewnętrznych WP i SP turbiny 13 K215 nr 7. Katowice 1996 (nie publikowane)
- [8] Sprawozdanie *Pro Novum* Nr 112.657/96: Rewitalizacja kałużebów WP i SP oraz komór zaworowych turbiny TK200 nr 11. Katowice, 1996 (nie publikowane)



Rys. 8. Rzadziszny podpowierzchniowe ujawnione podczas obróbki mechanicznej; powierzchnie wewnętrzne górnej (a) i dolnej (b) części kałużeba SP turbiny TK-200