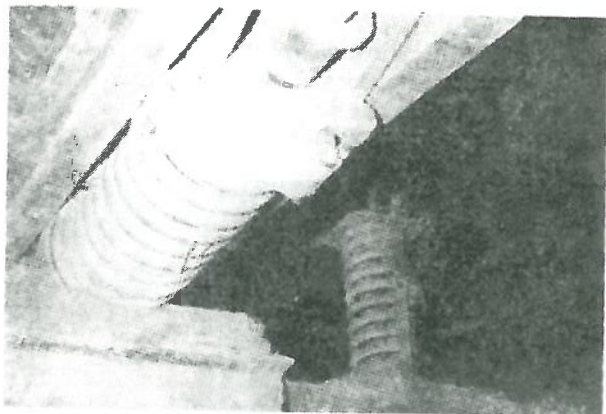


Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów podpory stałosiłowe sprężynowe C9 i C10 zmieniono na zawieszania stałosiłowe dźwigniowo-ciężynowe.



Rys. 8. Zniszczone stałosiłowe podparcie sprężynowe zamocowań C9 i C10

## Podsumowanie

Dodatkowa ważna informacja o rzeczywistych reakcjach zamocowań pozwala na dokładną regulację zamocowań, a zatem umożliwia lepszą ich pracę. Pomiary obciążeń w węzłach konstrukcyjnych, które uległy uszkodzeniom podczas eksploatacji, pozwalają na poprawny dobór rodzaju zamocowań i właściwą ich regulację.

Dzięki pomiarom reakcji zamocowań można doskonalić systemy obliczeniowe i przybliżać wyniki obliczeń do rzeczywistych wartości obciążeń i przemieszczeń głównych rurociągów parowych.

## LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J., Brunné W.: Ocena stanu technicznego głównych rurociągów parowych bloków energetycznych. *Energetyka* 1993, nr 3
- [2] Jadamus H.: Sposób kontroli i regulacji zamocowań rurociągów wysokoprężnych podczas eksploatacji. *Energetyka* 1991, nr 8

penovum

Mgr inż. Jędrzej Hlebowicz

Institut Elektrotechniki — Warszawa

UKD 621.165:621.373.1.001.4

# Badania stanu powierzchni osiowych otworów wirników turbin i generatorów

(artykuł dyskusyjny)

W dużych odkuwkach wałów wirników wady technologiczne koncentrują się z reguły w pobliżu osi odkuwki, toteż konstruktorzy najczęściej projektują wirniki z przelotowym otworem osiowym, eliminującym większość takich wad. Wykonanie otworu osiowego (najczęściej nazywanego przez energetyków otworem centralnym) daje dodatkowo możliwość wykonania badań defektoskopowych od strony otworu, co ma ogromne znaczenie dla oceny jakości wykonania wału wirnika.

Wykonanie otworu centralnego zmienia jednak niekorzystnie stan naprężeń wirnika, gdyż na powierzchni tego otworu naprężenia obwodowe są dwukrotnie większe od naprężeń obwodowych w wirniku pełnym [1].

Jeżeli w warstwie przyściennej otworu występują wady materiałowe w postaci szczeliny (pęknięcia) lub wady szczelinopodobne (wtrącenie niemetaliczne o ostrych krawędziach), to przy dużych naprężeniach może następować propagacja szczeliny. Powiększa się ona skokowo po każdym uruchomieniu wirnika, aż jej lawinowy wzrost może doprowadzić do całkowitego zniszczenia wirnika.

W strefach wirnika narażonych na działanie wysokich temperatur dodatkowo należy spodziewać się uszkodzeń wywołanych pełzaniem.

Tak więc otwór centralny i warstwa przyścienna otworu są obiektami szczególnego zainteresowania diagnostyków turbin, co przejawia się zintensyfikowaniem badań nieniszczących, zmierzających do oceny stanu tej strefy. Ocena tak powinna umożliwiać zlokalizowanie wad, określenie ich rodzaju, orientacji i rozmiarów.

Istotnym czynnikiem decydującym o wyborze metody badań nieniszczących jest prawdopodobieństwo wykrycia wady. W przypadku badań stanu powierzchni i warstwy przyściennej otworu centralnego prawdopodobieństwo to zależy w głównej mierze od długości wady. Na dobrze oczyszczonej powierzchni otworu można z powodzeniem metodą penetracyjną i metodą magnetyczno-proszkową wykrywać wady długości 2 mm, natomiast metodą prądów wirowych — wady długości minimum 5 mm.

Metoda endoskopowa w zależności od stosowanego powiększenia pozwala na wykrywanie wad powierzchniowych długości powyżej 1 mm, z tym że na wykrywalność wad najbardziej wpływają sposób, jakość oczyszczania i oświetlenia badanej powierzchni.

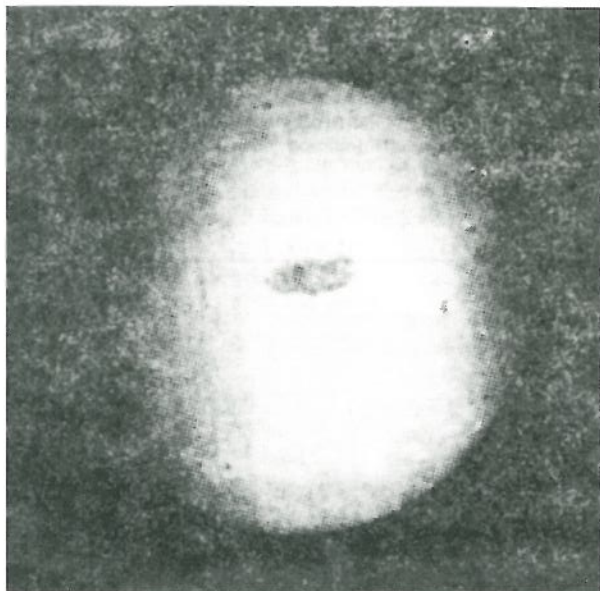
I tu dochodzimy do problemu przygotowania powierzchni otworu centralnego wirników turbin i generatorów do badań defektoskopowych.

Kompleksowe badanie wirników od strony otworu centralnego stosowane przez takie firmy, jak *ABB*, *Westinghouse* czy *Siemens* obejmują oprócz wspomnianych metod również metodę ultradźwiękową, która pozwala na ocenę stanu objętości całego wału wirnika, od otworu centralnego do powierzchni zewnętrznej wału.

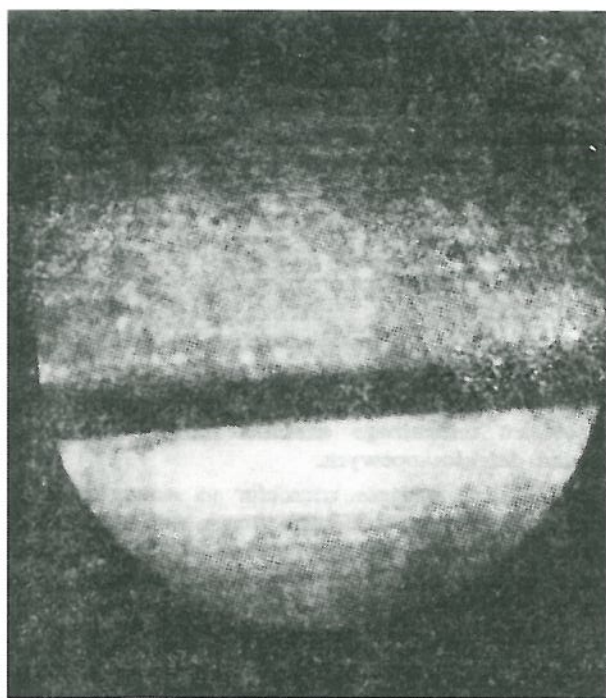
Badanie takie, wspomagane komputerową analizą wyników, wymaga przygotowania powierzchni przez honowanie otworu, zazwyczaj do głębokości ok. 0,5 mm. W ten sposób jest usuwana warstwa przyścienna, której oceny właśnie oczekują diagnostycy turbiny.

Badanie stanu powierzchni otworu centralnego powinno być badaniem rutynowym, wykonywanym podczas każdego, planowanego postoju remontowego; wiąże się z tym również ograniczony czas na przygotowanie i badanie defektoskopowe.

Uwzględniając powyższe uwagi oraz fakt, że badania są prowadzone najczęściej u użytkownika — przy ustalaniu technologii badań [2] dopuściliśmy przygotowanie powierzchni przez szczotkowanie stalowymi, obrotowymi szczotkami i następnie szlifowanie papierem ściernym przy użyciu specjalnych czyszczaków.



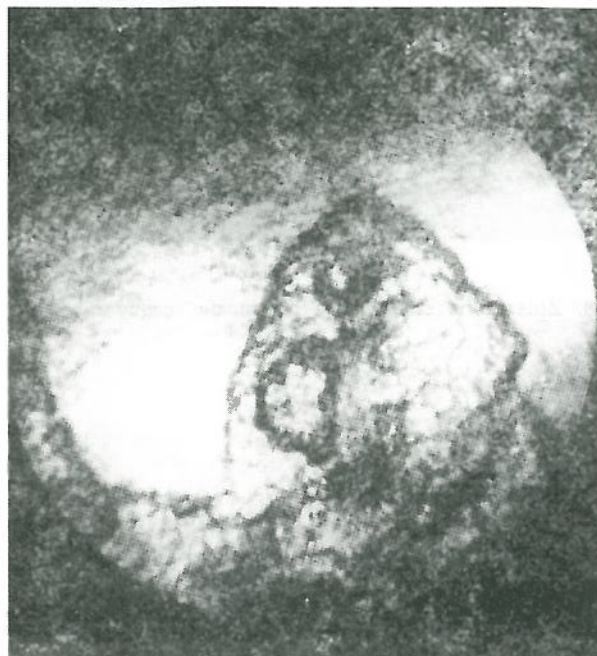
Rys. 1. Duży, pojedynczy wżer korozyjny głębokości ok. 0,2 mm, powierzchnia oczyszczona mechanicznie (pow. ok. 2×)



Rys. 2. Ostre przejście średnicy otworu w wirniku części NP (pow. ok. 3×)

W większości przypadków takie oczyszczenie (rys. 1) było zadowalające, choć głównym problemem jest występowanie w otworach wytoczeń głębokości 0,5—1,5 mm i ostrych przejść (rys. 2) przy zmianie średnicy otworu (uskoki 10—15 mm).

W kilku wirnikach turbin stwierdziliśmy dostawanie się oleju do otworu centralnego, co było przyczyną tworzenia się grubej, bardzo trudnej do usunięcia warstwy „koksików” (rys. 3). W tych przypadkach konieczne było wykonanie



Rys. 3. Duży „koksik” na powierzchni nie oczyszczonego otworu (pow. ok. 4×)

piaskowania, które powinno być stosowane z reguły do czyszczenia otworów centralnych turbin. Na rysunku 4a pokazano otwór centralny wirnika turbiny o mocy 130 MW przed piaskowaniem (widoczna lita powierzchnia „koksików”), a na rysunku 4b ten sam otwór po piaskowaniu prowizorycznym (rura z dyszą osiową).

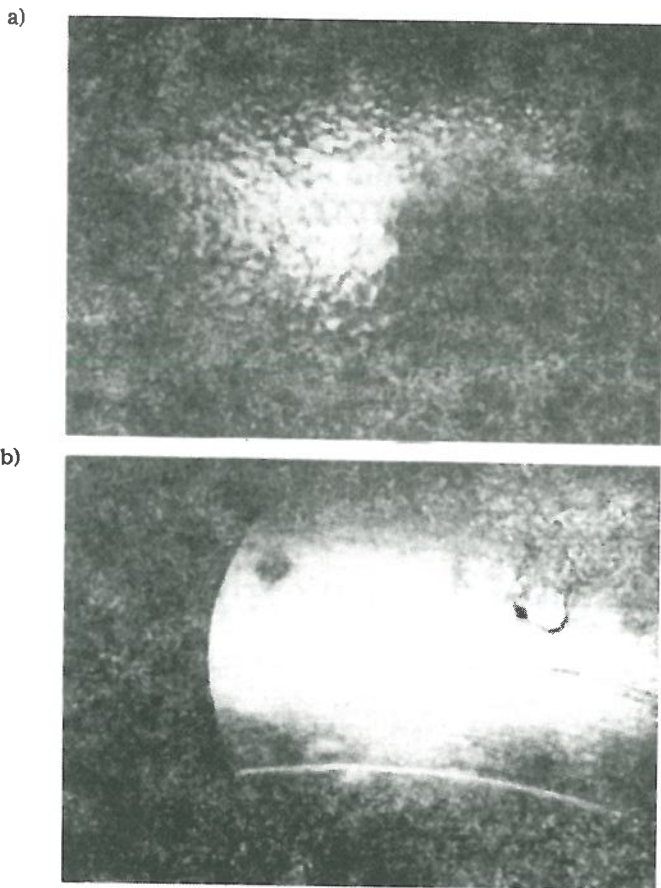
W przebadanych przez naszą ekipę ponad 30 wirnikach turbin i generatorów w ich otworach centralnych nie wykryliśmy pęknięć, natomiast często stwierdziliśmy wady pierwotne obróbki otworu (wytaczania), niekiedy bardzo rozległe.

Głębokie rysy obwodowe (rys. 5), ostre uskoki, wady powierzchni wynikające z drgania wytaczadła (rys. 6), a nawet głębokie, usytuowane osiowo rysy powstałe przy wyciąganiu wytaczadła występują w wielu wirnikach.

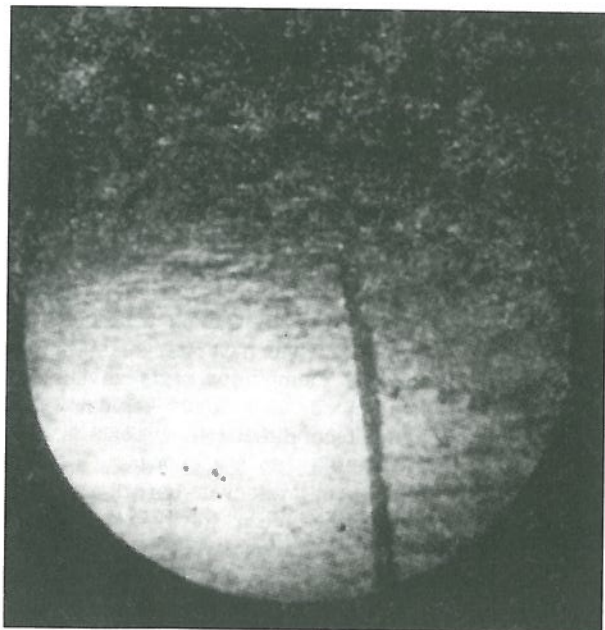
Może więc mają rację ci specjaliści, którzy preferują badania defektoskopowe prowadzone po honowaniu, a więc zdjęciu tej newralgicznej, a dość zdefektowanej warstwy?

Nie podzielam tego poglądu, zdjęcie tej warstwy przed badaniami uniemożliwia bowiem rzeczywistą ocenę stanu warstwy przyściennej, w której szukamy głównie nie wad technologicznych, lecz eksploatacyjnych.

Sądzę, że rutynowe działania powinny obejmować badanie warstwy przyściennej i powierzchni otworu oczyszczonej obróbką strumieniowo-ścierną, a w razie wykrycia wad wymagających usunięcia (pęknięcia, ostro zakończone wtrącenia, głębokie rysy usytuowane osiowo, rozległe wżery korozyjne itp.) otwór należy poddać głębokiemu honowaniu na całej długości lub szlifowaniu w obszarze nasilenia wad (ang. bottleboring).

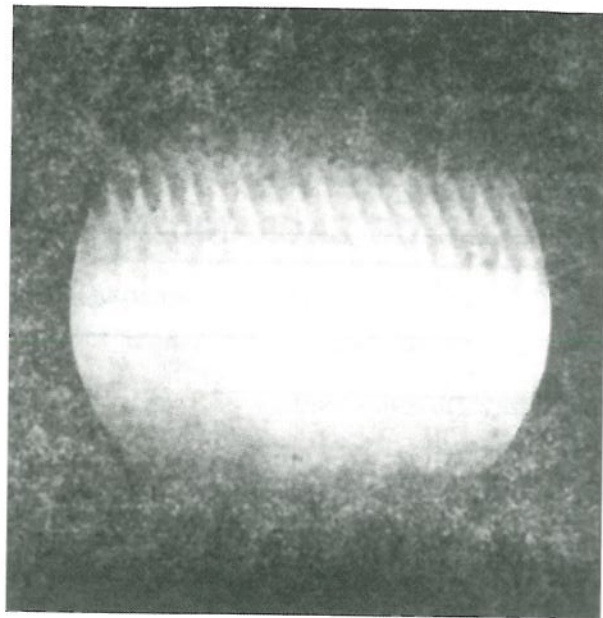


Rys. 4. Otwór centralny wirnika turbiny o mocy 130 MW przed piaskowaniem (a) i po piaskowaniu prowizorycznym (b)



Rys. 5. Głębokie zarysowanie powierzchni otworu wirnika (pow. ok. 3 X)

Warto jednak pamiętać, że taka obróbka otworu wprowadza dodatkowe naprężenia w warstwie przyściennej, co może wpływać na propagację pęknięć [3]. Stąd wynika ko-



Rys. 6. Ślady wytaczania (drżanie wytaczadła) — pow. ok. 2,5 X

nieczność ponownego wykonania badań defektoskopowych, najlepiej połączonych z badaniami ultradźwiękowymi, prowadzonymi od strony otworu centralnego.

Mam świadomość, że propozycja dwustopniowych badań jest trudna do przyjęcia zarówno przez elektrownie, jak też przez działające w Polsce, a wyposażone w honownice ekipy badawcze, realizujące swoje cele według własnych harmonogramów i procedury badań.

Jeżeli jednak nie doprowadzi się do koordynacji działań w tej dziedzinie, to nie będziemy w stanie właściwie oceniać stanu dziesiątków wirników, które w najbliższych latach takiej ocenie powinny być poddane, zwłaszcza wobec sygnalizowanej w [4] potrzeby objęcia badaniami otworu centralnego i badaniami ultradźwiękowymi również turbin małej mocy.

Uczulanie energetyków na możliwość występowania kruchych pęknięć w wirnikach turbin i generatorów [1, 5] daje już efekty. Coraz więcej elektrowni widzi konieczność prowadzenia badań otworów centralnych wirników, zbyt często jednak na przebieg badań wpływają kryterium czasu i koszty. Zbyt często również rezygnuje się z takich badań, ryzykując awarię turbiny. Nie napawa zatem optymizmem fakt, że ekonomia wygrywa z techniką.

#### LITERATURA

- [1] Łączkowski R.: Kruche pęknięcie wirników. *Przegląd Mechaniczny* 1987, nr 10
- [2] Hlebowicz J.: Badania nieniszczące otworu centralnego wirników turbin o mocy 120 i 200 MW. *Energetyka* 1992, nr 1
- [3] Scheibel J. R.: Fossil Plant Inspections: An EPRI perspective. Materiały z Fossil Plant Inspections Conference, San Antonio, 9-11.09.1986
- [4] Dobosiewicz J.: Eksploatacyjna przydatność turbin małej mocy po przekroczeniu 200 000 godzin pracy. *Energetyka* 1993, nr 7
- [5] Trzeszczyński J.: Kruche pęknięcie elementów bloku energetycznego. *Energetyka* 1991, nr 4

panovum