

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

Zgodnie z wcześniejszą zapowiedzią, poczynsz od niniejszego numeru Biuletynu rozpoczynamy zamieszczanie artykułów napisanych przez specjalistów współpracujących z naszą firmą. Cykl otwiera artykuł poświęcony badaniom otworów centralnych wirników turbin.

Redakcja Biuletynu

Mgr inż. Jędrzej Hlebowicz

UKD 621.165.001.042

Instytut Elektrotechniki — Warszawa

## Badania nieniszczące otworu centralnego wirników turbin o mocy 120 i 200 MW

W odniesieniu do wirnika turbiny stan powierzchni otworu centralnego oraz jego warstwy przysicennej jest jednym z elementów oceny stanu technicznego i wpływa na określenie warunków dalszej, bezpiecznej eksploatacji turbiny.

Na podstawie dostępnych publikacji [1, 2, 4, 5] dotyczących nieniszczących badań wirników wiadomo, że do oceny stanu powierzchni otworu centralnego jest stosowana metoda oględzin przy użyciu endoskopów, natomiast defektoskopowe badania warstwy przysicennej otworu wykonuje się metodami ultradźwiękową i magnetyczną.

W Polsce badania te ograniczały się dotychczas do oględzin endoskopowych, dopiero w ostatnim czasie do badania powierzchni otworu centralnego i jego warstwy przysicennej zastosowano inne metody badań nieniszczących, m.in. ultradźwiękową, penetracyjną i prądów wirowych.

### Oględziny endoskopowe

Endoskopy to lekkie, przenośne, najczęściej pyło- i wodoszczelne przyrządy optyczne służące do obserwacji powierzchni niedostępnych dla bezpośrednich oględzin.

W energetyce najczęściej są stosowane uniwersalne endoskopy giętkie o średnicy zewnętrznej od 6 do 11 mm i długości od 1 do 3 m, wyposażone w wymienne obiektywy umożliwiające obserwację pod różnym kątem, a nawet obserwację wsteczną (kąt 110°).

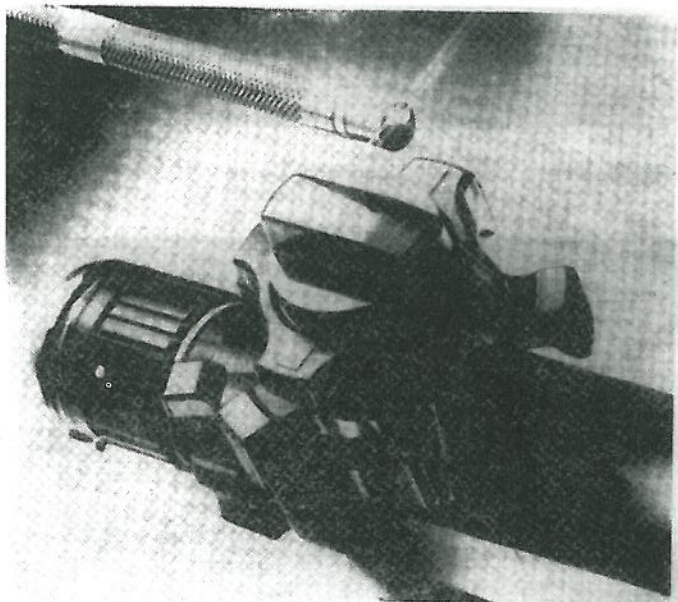
Uniwersalizacja endoskopów giętkich jest oczywiście zaletą przy badaniu różnych konstrukcji energetycznych. W przypadku badania stanu powierzchni otworu centralnego stanowi jednak utrudnienie; konieczne jest bowiem sztywne, centralne prowadzenie endoskopu, przy jednoczesnym jego obrocie o ok. 370°. Z tego powodu podczas badania otworu centralnego wirnika trzeba stosować manipulatory wyposażone w prowadnice i element mocujący końcówkę endoskopu.

W naszych badaniach używaliśmy endoskopu IF8 4D-30 umieszczonego w skręcanym manipulatorze rurowym (rys. 1, 2).

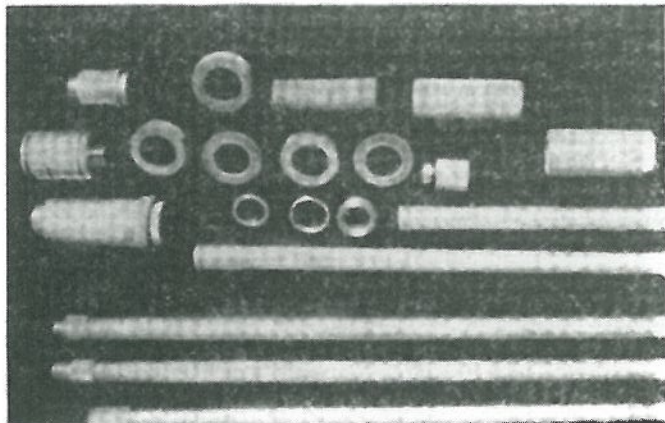
Badanie polegało na oględzinach całego obwodu otworu, a następnie przesunięciu manipulatora z endoskopem o wartość ustaloną doświadczalnie dla każdego rodzaju obiektywu, tak by oględziny obejmowały 100% powierzchni.

Funkcję obiektywu podstawowego spełniał obiektyw boczny IF8 4D-60S. Do dokładnej analizy stanu powierzchni w miejscach występowania wżerów korozyjnych lub innych nieciągłości powierzchni były natomiast używane zarówno obiektywy czołowe, jak też obiektywy boczne o kątach 10, 20 i 40°.

Największą trudność stanowi wykrycie pęknięć na tle siatki rys powstałych przy mechanicznym czyszczeniu otworu centralnego. Dużym ułatwieniem w interpretacji obrazu jest wówczas możliwość zastosowania barwnych cieczy penetrujących, nanoszonych na oczyszczoną powierzchnię otworu.



Rys. 1. Obiektyw i okular endoskopu IF8 4D-30

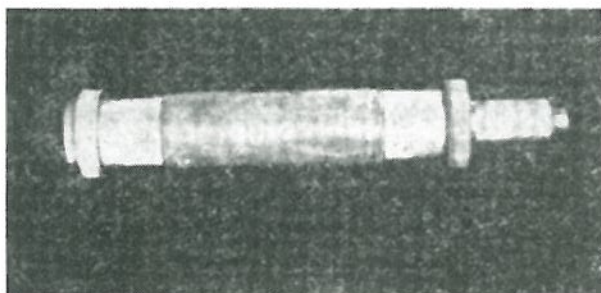


Rys. 2. Zestaw manipulatorów rurowych wraz z wyposażeniem do centrowania manipulatora, uchwytami i złączkami

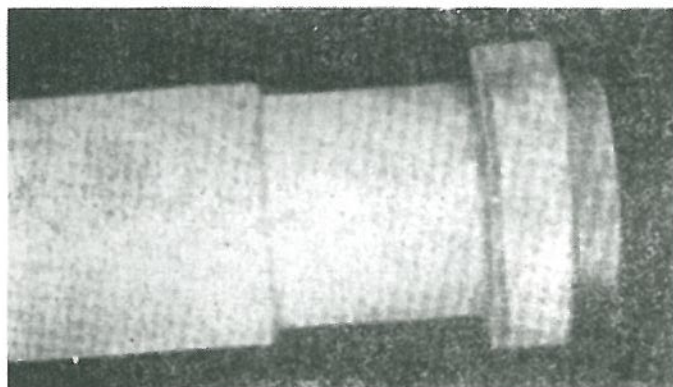
Po dokładnym usunięciu z badanej powierzchni nadmiaru cieczy penetracyjnych w obrazie endoskopowym rysy pozostają nie zabarwione, natomiast z pęknięć pod wpływem sił kapilarnych wypływa pewna ilość cieczy penetracyjnej barwiąc obrzeże wady.

### Badania penetracyjne

Zastosowano oryginalną metodę badań penetracyjnych polegającą na naniesieniu cieczy penetracyjnej, usunięciu jej nadmiaru oraz naniesieniu wywoływacza na trzpień z rozprężną, gumową tuleją (rys. 3). Tuleja wraz z wywoływaczem była dociskana sprężonym powietrzem do powierzchni otworu centralnego, a po zredukowaniu ciśnienia — wyjmowana z otworu.



Rys. 3. Trzpień z gumową, rozprężną tuleją (bez nanieszonego na tuleję wywoływacza)



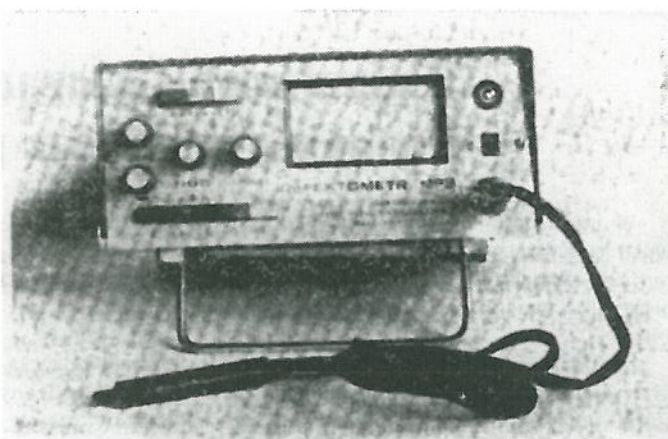
Rys. 4. Trzpień po badaniach (na warstwie wywoływacza widoczna replika penetracyjna głębokiej rysy obwodowej długości ok. 28 mm)

Otrzymany obraz stanowił penetracyjną replikę wad powierzchni badanego odcinka otworu wirnika, a wszelkie wady powierzchniowe znajdowały swe odbicie w postaci kolorowych linii lub plam utrwalonych na rdzeniu (rys. 4).

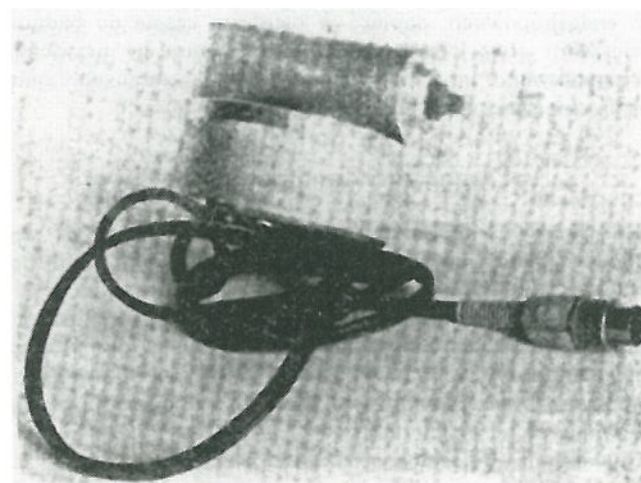
### Badania metodą prądów wirowych

Metoda prądów wirowych jest szczególnie predestynowana do wykrywania pęknięć powierzchniowych.

Rury wymienników ciepła bądź wytwornice pary elektrowni jądrowych są zazwyczaj badane sondami różnicowymi lub powierzchniowymi. Budowa takich sond dla dużych otworów byłaby jednak trudna, a uzyskiwane wyniki gorsze niż w przypadku zastosowania sondy dotykowej, tzw. ołówkowej.



Rys. 5. Defektoskop prądowirowy DEFEKTOMETR MP-3 z sondą dotykową



Rys. 6. Sonda dotykowa zamocowana w uchwycie przed założeniem na manipulator (wysunięcie sondy jest regulowane układem sprężynowym z ogranicznikiem)

Tak więc badania wykonano za pomocą przenośnego defektoskopu prądowirowego DEFEKTOMETR MP-3 (rys. 5) wyposażonego w specjalną sondę dotykową (rys. 6) umieszczoną w uchwycie manipulatora.

Czułość pomiarów ustawiano na wzorcu z wadami sztucznymi w taki sposób, aby wychylenie strzałki przyrządu przekraczało 60% skali przy przejściu końcówki sondy nad pęknięciem o głębokości 0,5 mm.

### Badania metodą ultradźwiękową

Z prób wykonanych przez I. N. Jermolowa [2] wynika, że lepsze wyniki badań metodą ultradźwiękową można uzyskać stosując zanurzeniową odmianę tej metody, a nie głowice z miejscowym sprzężeniem wodnym. Nie chcąc doprowadzać wody do otworu centralnego zdecydowano się na budowę specjalnej uszczelnianej komory głowicy, wypełnionej olejem silikonowym. Komora wraz z głowicą była przemieszczana wzdłuż badanego otworu i obracana o 370°.

Do badań użyto aparatu ultradźwiękowego oraz wykonanej na specjalne zlecenie głowicy z przetwornikiem o wymiarach 7 × 15 mm i częstotliwości 4 MHz. Kąt padania fali mógł być zmieniany, jednak do badań podstawowych użyto fali poprzecznej padającej pod kątem 70°.

Czułość pomiarów ustalano na specjalnym wzorcu tulejowym (z wadami sztucznymi) o średnicy równoważnej  $d_r$ , równej 2 i 5 mm.

### Przebieg i wyniki badań

W 1991 r. wykonano badania otworów centralnych dwóch wirników turbin o mocy 200 MW i jednego wirnika turbiny 120 MW. Poszczególne części wirnika były badane następująco:

ogłędziny endoskopowe — wszystkie części wirnika,  
metoda prądów wirowych — wszystkie części wirnika,  
metoda penetracyjna — część WP i NP,  
metoda ultradźwiękowa — część WP (jednego wirnika).

W wyniku badań stwierdzono głębokie rysy obróbcze, powstałe podczas wytaczania otworu, oraz intensywną korozję gazową (plamową i punktową) w otworach centralnych wszystkich części wirników.

Szczególnie intensywna korozja występowała w otworze części WP, przy czym warstwa zgorzeli była spękana i charakteryzowała się ostrymi krawędziami.

Badania metodą ultradźwiękową pozwoliły wykryć wady powstałe podczas produkcji wirnika, mające postać wtrąceń lub zażużeń.

### Ocena zakresu badań

Badania otworów centralnych w wirnikach turbin energetycznych są prowadzone podczas remontu, toteż muszą być wykonywane bardzo szybko i w sposób nie utrudniający jego przebiegu. Badanie otworów na całej długości i wszystkimi metodami nie jest celowe i to zarówno ze względów technicznych, jak też ekonomicznych i organizacyjnych.

Wydaje się celowe ograniczenie badań do sekwencji: ogłędziny + badania penetracyjne + badania metodą prądów wirowych z tym, że ogłędzinami należy objąć całą długość otworu, a badania penetracyjne i badania metodą prądów wirowych ograniczyć do wybranych obszarów, najbardziej narażonych na pęknięcia.

Proponowana sekwencja badań powinna być uzupełniona pomiarem średnicy otworu w celu wykrycia jego owalizacji bądź miejscowych zmian tej średnicy.

Dobrze wyposażona i przygotowana 2—3-osobowa ekipa badawcza jest w stanie wykonać kompleksowe badania otworu centralnego trzech części wirnika turbiny w ciągu 3—4 dni.

### Uwagi końcowe

Rośnie liczba turbin, które ze względu na czas pracy powinny być poddawane kompleksowym badaniom stanu powierzchni otworu centralnego i jego warstwy przysięciennej. Dlatego też należy zintensyfikować działania mające na celu objęcie tego typu badaniami możliwie największej liczby turbin.

Działania podjęte w 1991 r. przez PRO NOVUM zmierzają do zainteresowania tym problemem specjalistów z różnych ośrodków naukowo-badawczych, w tym z Instytutu Elektrotechniki. Są one niezwykle potrzebne i stanowią zarazem gwarancję, że ogromny wysiłek, jaki uczyniono dla przygotowania tego rodzaju badań, wykonania oprzyrządowania, zakupienia aparatury itp. nie zostanie zmarnowany.

I choć zabrzmi to paradoksalnie, to trzeba stwierdzić, że zła kondycja finansowa większości placówek badawczych stwarza szansę przyciągnięcia dobrych, uznanych specjalistów z różnych dziedzin badań nieniszczących do rozwiązywania trudnych, a jednocześnie niezwykle istotnych problemów eksploatacyjnych, z jakimi borykają się krajowe elektrownie.

### LITERATURA

- [1] Van Drunen G.: Recognizing limitations in eddy-current testing. *NDT INTERNATIONAL* 1994, nr 1
- [2] Jermolow I. N.: Dostizhenija w ultrazuwuhowom kontrole w eniergomaszynostrojeni SSSR. Nodestruktiwna Kontrola Materialu. Bratysława 1982
- [3] Patent nr 63764: Sposób badania elementów rurowych
- [4] Prospekty firmy OLYMPUS
- [5] Prospekty firmy VETCO Inspection

pronovum

Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz

UKD 621.165.004.64

Pro Novum — Katowice

## Wpływ eksploatacji na zmiany własności mechanicznych metalu kadłubów turbin parowych

Kadłuby turbin parowych dużej mocy z reguły są wykonane ze staliwa stopowego „trójskładnikowego” typu CrMoV. W czasie eksploatacji na materiał turbin działają ciągle wysokie temperatury i naprężenia stałe oraz okresowo naprężenia zmienne. Powoduje to stopniowe degradowanie struktury materiału, które prowadzi do jego zniszczenia. Degradacja jest wywołana procesami fizykochemicznymi, takimi jak: pełzanie, relaksacja, zmęczenie cieplne, korozja,

erozja, zmiany własności materiału (przesunięcie punktu krytycznego kruchości). Dopuszczalne zmiany wielkości kryterialnych dla poszczególnych procesów są różne. Istotne jest więc określenie stanu kadłubów oraz ich dalszej przydatności do eksploatacji.

Wyróżnia się następujące kryteria utraty przydatności kadłubów do dalszej eksploatacji:

- koniec przydatności projektowanej (z reguły 100 tys. h),