

- badaniom ultradźwiękowym w celu stwierdzenia obecności pęknięć na wewnętrznej powierzchni kolan w obojętnej strefie gięcia,
- badaniom magnetycznym spoin i zewnętrznych łuków kolan,
- badaniom struktury metalu na zewnętrznych łukach kolan metodą repliki.

Rurociągi odwadniające i odpowietrzające

Rurociągi odwadniające i odpowietrzające pracują w warunkach korozji zmęczeniowej oraz erozji parowo-wodnej. Uszkodzenia występują głównie na kolanach; ich pęknięcie może zachodzić w obojętnej strefie gięcia lub wskutek erozyjnego pocienienia ścianki od strony wewnętrznej. Pierwszy przypadek jest spowodowany korozją zmęczeniową wewnętrznej powierzchni kolan o zowalizowanym przekroju, drugi — dużymi prędkościami przepływu pary lub skroplin.

Rurociągi odwadniające i odpowietrzające poddaje się badaniom ultradźwiękowym kolan oraz pomiarom grubości ścianki kolan na łukach zewnętrznych.

Wykonywanie wymienionych w artykule badań diagnostycznych jest konieczne dla właściwej eksploatacji kotłów

Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz, dr inż. Jerzy Trzeszczyński

Pro Novum — Katowice

energetycznych. Obowiązek ich przeprowadzania spada bezpośrednio na elektrownie lub, za ich pośrednictwem, na jednostki specjalistyczne. Wyniki badań powinny być podstawą polityki remontowej elektrowni oraz — po odpowiednim opracowaniu — służyć całej energetyce, w postaci informacji, wytycznych czy instrukcji diagnostyki. Zakres badań należy każdorazowo opierać na znajomości wieku i stanu technicznego kotła. Orientacyjną częstość badań podano w tabeli 1.

Wnioski

1. Tylko badania diagnostyczne umożliwiają właściwą ocenę stanu urządzeń energetycznych.
2. Znajomość stanu urządzeń pozwala na zaplanowanie właściwych terminów i zakresów: remontów, renowacji i modernizacji.
3. Poszukiwanie oszczędności w skracaniu remontów jest nieporozumieniem, natomiast dążenie do wydłużenia okresu międzyremontowego — drogą wartą zachodu. Można to osiągnąć dzięki dokładnej znajomości stanu urządzenia.

proNovum

UKD 621.165.001.042

Dlaczego należy badać otwory centralne wirników turbin parowych?

W poprzednim *Biuletynie* [1] został opublikowany artykuł prezentujący — zalecaną przez naszą firmę — metodę badań otworów centralnych wirników turbin. Zamierzeniem niniejszej publikacji jest poszerzenie treści tego artykułu oraz próba polemiki z niektórymi znanymi nam poglądami na wymieniony temat.

Źródła i skutki uszkodzeń wirników

Źródłami uszkodzeń wirników turbin mogą być:

- wady materiałowe i technologiczne powstałe podczas procesu wytwarzania,
- wadliwe rozwiązania konstrukcyjne (np. uszczelnień wodnych w turbinach o mocy 120 MW),
- błędy w eksploatacji prowadzące do nadmiernych naprężeń termicznych (w niestacjonarnych stanach pracy turbiny).

Czas upływający do ujawnienia się uszkodzeń w postaci pęknięć zależy od tego, która z wymienionych trzech przyczyn i w jakim stopniu wystąpiła w danym przypadku oraz od ich ewentualnego łącznego działania. Ze względu na konstrukcję oraz warunki eksploatacji w każdym wale wirnika można określić tzw. potencjalne strefy zniszczenia (psz), tj. najbardziej prawdopodobne miejsca ujawniania się uszkodzeń. Stanowi to podstawę do określenia miejsc, sposobu i harmonogramu badań wirników [2].

Jednym z objawów uszkodzeń wirników są pęknięcia wykrywane podczas badań nieniszczących. W przypadku przestrzegania poprawnie określonych terminów badań, prawie zawsze można wykryć pęknięcia o rozmiarach nie wykluczających jeszcze naprawy. Fakt ten ma kapitalne znaczenie dla uniknięcia uszkodzeń o skutkach katastrofalnych, do których mogą prowadzić nie wykryte w porę pęknięcia, osiagające w warunkach eksploatacji rozmiary więk-

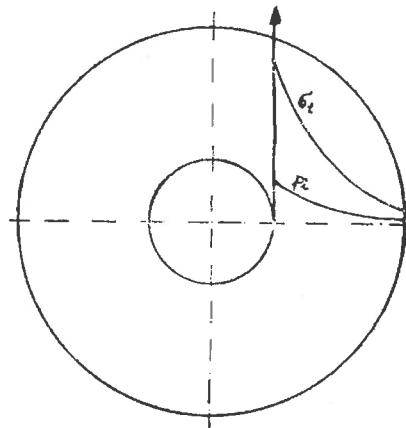
sze od krytycznych [3]. Lawinowy (kruchy) rozrost pęknięć był przyczyną kilkudziesięciu uszkodzeń, które opisano w literaturze.

Otwór centralny wirnika jako potencjalne miejsce występowania uszkodzeń

Jedną z potencjalnych stref zniszczenia w wirniku jest otwór centralny. Jego obecność wynika przede wszystkim ze względów technologicznych, tj. dużych trudności w odlewaniu wlewką o wysokiej jakości metalurgicznej, zwłaszcza w jego osi. Trudności te obecnie pokonano, jednak w starszych wirnikach otwory centralne są w większości przypadków standardowymi elementami konstrukcyjnymi.

Obecność otworu centralnego implikuje dwa istotne fakty:

- zmniejsza ryzyko występowania defektów technologicznych w wale wirnika,



Rys. 1. Rozkład naprężeń obwodowych σ_t i ryzyka wystąpienia defektów technologicznych P_t w przekroju wału wirnika z otworem centralnym

● wywołuje koncentrację naprężeń na powierzchni otworu (naprężenia obwodowe są prawie dwukrotnie większe niż w tym samym miejscu wirnika pełnego).

Sytuację tę przedstawiono schematycznie na rysunku 1. Wynika z niego, że powierzchnia otworu centralnego może być miejscem generowania pęknięć, ze względu na:

- koncentrację naprężeń,
- największe prawdopodobieństwo występowania wad materiałowych oraz obróbczych — jak wskazuje dodatkowo nasza praktyka badawcza.

Wady materiałowe, które są zlokalizowane w części wału między powierzchnią otworu centralnego a powierzchnią zewnętrzną, jeśli nawet w warunkach eksploatacji podlegają wzrostowi zmęczeniu — to propagacja ich przebiega bardzo wolno oraz w kierunku powierzchni otworu centralnego.

Wymienione spostrzeżenia są podstawą stosowanej przez naszą firmę metodyki badawczej opartej na generalnym założeniu, że w przypadku systematycznego kontrolowania (w ściśle określonych terminach) stanu powierzchni otworu centralnego, ryzyko katastrofalnej awarii wirnika (od uszkodzeń mających swoje źródło wewnątrz wału) można sprowadzić do minimum.

Stosowana przez Pro Novum metodyka badań diagnostycznych

Przyjmując za punkt wyjścia wyniki analizy przedstawione w poprzednim rozdziale, ocenę stanu powierzchni otworu centralnego sprowadzamy do następującej sekwencji badań:

1. Oględziny endoskopowe w celu:

- a) określenia jakości przygotowania powierzchni do badań,
- b) ogólnej, zgrubnej oceny stanu powierzchni, zwłaszcza:
 - stopnia zaawansowania procesów korozyjnych,
 - stanu powierzchni w miejscach błędów obróbczych i zmian średnic,
 - w miejscach ewentualnych pęknięć (dodatkowo są tam nanoszone barwne cieczki penetracyjne).

2. Badania penetracyjne poprzez zdejmowanie, za pomocą trzpienia z rozprężną tuleją, penetracyjnej repliki; wyniki tych badań odwzorowują topografię powierzchni otworu centralnego.

3. Badania szczegółowe, w miejscach określonych metodami wg punktów 1 i 2, oparte na metodach:

- a) prądów wirowych,
 - b) ultradźwiękowej,
- mające na celu potwierdzenie obecności pęknięć, ich dokładne zlokalizowanie i określenie rozmiarów.

Warunkiem prawidłowego zrealizowania przedstawionej sekwencji badań jest właściwe przygotowanie powierzchni otworu centralnego, tzn. oczyszczenie jej do metalicznego połysku. Niestety, z przyczyn technologicznych i organizacyjnych nie udało się nam do tej pory wyegzekwować przetaczania lub przeszlirowywania otworów. Dotychczas tylko w jednym przypadku nie udało się tradycyjną metodą przygotować powierzchni do stanu pozwalającego na zastosowanie naszej metodyki badawczej.

W związku z wykonaniem przez nas w opisany sposób badań w kilku elektrowniach i znacznym zainteresowaniem w wielu innych, spotykamy się ostatnio z uwagami:

- poddającymi w wątpliwość celowość tych badań,
- polemizującymi ze stosowaną przez nas metodyką,
- sugerującymi wprowadzenie bardziej wyrafinowanych technik badawczych.

Jak zdaliśmy zauważyć, znaczna część pytań i nieporozumień wynika z dużej liczby ofert na badania diagno-

styczne, jakimi są obecnie „zasypywane” nasze elektrownie. Część tych ofert ma charakter bardziej komercyjny niż merytoryczny, a te merytorycznie poprawne trafiają często do rąk osób niekompetentnych. Ponadto nie uwzględnia się faktu, iż stosowanie wyrafinowanych technik badawczych i aparatury najnowszej generacji musi znaleźć odzwierciedlenie w cenie usługi (na ogół bardzo wysokiej). Orientując się w obecnej kondycji ekonomicznej elektrowni sądzimy, że oferowanie takich technik badawczych przez krajowe firmy diagnostyczne skończyłoby się ich bardzo szybkim bankructwem.

Niewątpliwie konkurencyjną w stosunku do naszej metody badań jest metoda oparta na badaniach ultradźwiękowych, polegająca na generowaniu przestrzennego obrazu stanu zdefektowanego materiału. Technika ta jest niezbędna do badania wirników pełnokutych, bardzo starych (np. w Elektrowni Blachownia), gdy istnieją uzasadnione podejrzania, że:

- wał wirnika, zwłaszcza w jego osi, może mieć wady technologiczne,
- długi czas eksploatacji mógł wywołać rozwój wad do rozmiarów niebezpiecznych (krytycznych).

W przypadku badań diagnostycznych wirników mających otwory centralne, ocena stanu materiału w części wału między powierzchnią otworu centralnego a powierzchnią zewnętrzną ma znaczenie drugorzędne, a wartość uzyskanych informacji jest niewspółmierna do poniesionych kosztów. Badanie stref najbardziej wyłożonych jest ogólną zasadą badań diagnostycznych urządzeń cieplno-mechanicznych w elektrowniach.

Uwagi końcowe

Liczne awarie wirników jak również doświadczenia własne i specjalistycznych firm zagranicznych wskazują, że po przekroczeniu 100 tys. godzin pracy wały wirników mające otwory centralne powinny być poddane inspekcji. W zależności od uzyskanych wyników powinien zostać określony harmonogram (termin i zakres) kolejnych badań.

Ze względu na stan naprężeń w wirnikach z otworami centralnymi oraz najbardziej prawdopodobny mechanizm propagacji ewentualnych uszkodzeń, powierzchnię otworu centralnego można traktować jako uprzywilejowane miejsce powstawania i ujawniania wad. Badania jej stanu są miarodajne dla oceny stanu wirnika. Sekwencja wzajemnie uzupełniających się i korygujących badań nieniszczących (endoskopowe-penetracyjne-prądowirowe-ultradźwiękowe) prowadzi do poprawnego określenia stanu powierzchni otworu centralnego.

Warunkiem przeprowadzenia badań jest odpowiednie przygotowanie powierzchni otworu centralnego wirnika. Optymalne jest jej przeszlirowanie lub przetoczenie, które to zabiegi nie tylko pozwalają na wykonanie badań, lecz dodatkowo zwiększają trwałość wirnika dzięki usunięciu warstwy metalu charakteryzującej się zaawansowaną utratą trwałości zmęczeniowej.

LITERATURA

- [1] Hlebowicz J.: Badania nieniszczące otworu centralnego wirników turbin o mocy 120 i 200 MW. *Energetyka* 1992, nr 1 (Biuletyn Pro Novum nr 1/1992)
- [2] Dobosiewicz J. i inni: Ocena stopnia wyczerpania wirników kadłubów i tarcz nasadzanych. Etap I. Instrukcja badań nieniszczących krytycznych elementów turbin parowych
- [3] Trzeszczyński J.: Kruche pęknięcie elementów bloku energetycznego, *Energetyka* 1991, nr 4 (Biuletyn Pro Novum nr 1/1991)

pro novum