

Mgr inż. Jerzy Dobosiewicz

UKD 621.165:658.589

PRO NOVUM — Katowice

Zasadność regeneracji kadłubów turbin parowych

Kadłuby turbin parowych dużej mocy z reguły są wykonane ze staliwa stopowego „trójskładnikowego” typu CrMoV. Podczas eksploatacji na materiał turbin działają w sposób ciągły wysokie temperatury i naprężenia stałe oraz okresowo naprężenia zmienne. Powoduje to stopniowe degradowanie struktury materiału, które prowadzi do jego zniszczenia. Degradację wywołują procesy fizykochemiczne, takie jak: pełzanie, relaksacja, zmęczenie cieplne, korozja, erozja, zmiany własności materiału (przesunięcie punktu krytycznego kruchości). Dopuszczalne zmiany wartości 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 do eksploatacji:

- koniec przydatności projektowanej (z reguły 100 tys. h),
- koniec przydatności dopuszczalnej (suma ułamków wyczerpania przydatności pełzaniowej i zmęczeniowej),
- przekroczenie dopuszczalnego odkształcenia,
- wystąpienie degradacji struktury metalu (spadek wytrzymałości i plastyczności),
- wystąpienie pęknięć.

Z doświadczeń eksploatacyjnych oraz badań laboratoryjnych wynika, że w przypadku kadłubów zmiany własności, deformacji i pęknięcia metalu nie są równoznaczne z całkowitym wyczerpaniem ich przydatności do dalszej eksploatacji. Kadłuby nawet w dużym stopniu uszkodzone minimalnie pogarszają bezpieczeństwo pracy turbiny, natomiast ich naprawa bądź regeneracja są zawsze możliwe i nie wymagają dużego nakładu sił i środków.

Uszkodzenia kadłubów występują najczęściej w strefie działania maksymalnych temperatur oraz naprężeń stałych i zmiennych. W praktyce rozróżnia się następujące uszkodzenia:

- ◇ **odkształcenia**
 - kołnierzy płaszczyzny podziałowej,
 - przekroju poprzecznego;
- ◇ **pęknięcia**
 - technologiczne (rozmişczzone przypadkowo),
 - eksploatacyjne (pełzaniowe oraz zmęczeniowe, często pochodzenia termosokowego, umiejscowione w pobliżu upustów i odwodnień);
- ◇ **zmiany materiałowe**
 - zmiany struktury, a w konsekwencji własności mechanicznych metalu.

Z uwagi na duże wymiary i masę kadłubów ich materiał już w stanie wyjściowym z reguły charakteryzuje się niejednorodną strukturą oraz nieciągłościami, co w znacznym stopniu obniża własności mechaniczne metalu, głównie jego plastyczność. W wyniku tego dochodzi do występowania uszkodzeń,

zwłaszcza w przypadku niekorzystnych warunków eksploatacji.

Każdy rodzaj wymienionych uszkodzeń może istotnie ograniczyć dalszą przydatność kadłubów, zmniejszyć ich niezawodność i utrudnić eksploatację. Dlatego po pewnym czasie eksploatacji, z reguły po przekroczeniu 130 000—160 000 h, użytkownicy turbin stają przed problemem, który można rozwiązać m.in. przez:

- wymianę kadłubów,
- prostowanie przez obróbkę mechaniczną,
- naprawę przez spawanie (na zimno, na gorąco),
- zmianę warunków eksploatacji (grzanie kadłubów w czasie uruchamiania ze stanu zimnego),
- zmianę warunków eksploatacji (przedłużenie czasu rozruchu, obniżenie temperatury pracy).

Wymiana kadłubów na nowe, w przypadku gdy pozostałe elementy turbiny są stare jest bezcelowa. Prostowanie przez obróbkę mechaniczną pozostawia naprężenia w metalu kadłuba i powoduje ich wzrost w śrubach szpilkowych, co prowadzi do dodatkowych pęknięć. Sama naprawa przez spawanie nawet na gorąco z wyżarzaniem odprężającym nie usuwa zmian strukturalnych powodujących obniżenie plastyczności metalu, mającej istotny wpływ na inicjację i propagację pęknięć. Grzanie kadłubów w czasie uruchamiania ze stanu zimnego wymaga zabudowania specjalnego urządzenia, a obniżenie temperatury pary obniża sprawność i moc turbiny.

Wyjściem jest regeneracja kompleksowa kadłubów, polegająca na prostowaniu termicznym, usuwaniu i naprawie pęknięć przez spawanie i takiej obróbce cieplnej po spawaniu, która usunie wszelkie naprężenia i podniesie plastyczność obniżoną podczas eksploatacji lub podczas obróbki cieplnej u wytwórcy. Naprawiony i zregenerowany kadłub musi być ponownie obrobiony mechanicznie (płaszczyzny podziałowe, wytoczenia, wpusty na łapach, otwory śrubowe itp.) na urządzeniu zapewniającym wymaganą dokładność obróbki (0,02 mm).

Zregenerowany kadłub jest w stanie zbliżonym do wyjściowego i nadaje się do dalszej eksploatacji przez co najmniej 100 000 h, co potwierdziła praca kilku już zregenerowanych kadłubów. Koszty regeneracji wynoszą od 30 do 50% ceny nowego kadłuba, w zależności od stopnia jego uszkodzenia. W kraju wszystkie turbiny o mocy 120 i 200 MW przepracowały już 100 000 h i większość kadłubów tych turbin wymaga wykonania naprawy, która powinna polegać na całkowitej ich regeneracji. Tylko ten rodzaj naprawy może bowiem usunąć wszystkie uszkodzenia i niedomagania kadłubów bez ich wymiany, obniżenia sprawności, mocy i niezawodności oraz ułatwić remont turbiny. Obecnie do regeneracji nadają się kadłuby ok. sześćdziesięciu turbin blokowych. Czas regeneracji wynosi od 40 do 60 dni.

LITERATURA

- [1] Berland W. J. i inni: Ocienka pońnego i mieżremontnego resursow modernizowanych korpusow CWD turbin K-200-13-3LMZ po kriteriam motocyklowej ustalosti i treszczino-stojkosti. *Tiepłoeniergetyka* 1991, nr 8
- [2] Horseman G. M.: The Behavior of steam turbines after 200 000 hours Service
- [3] Coulon A.: Life Expectancy for Fossil Steam Turbine Casign and Ewaluation 100 000 hours. *Journal of Testing and Ewaluation ITE VA*, 1983, Vo. 11, No 1
- [4] Kudrman J. i inni: Strukturalni zmeny pri dlouhodobem provozu materialu parnih turbin. Konferencja „Material provoz a diagnostika parnih turbin”. Most (Czechy), listopad 1990
- [5] Dobosiewicz J.: Wplyw eksploatacji na zmiany własności mechanicznych metalu kadłubów turbin parowych. *Energetyka* 1992, nr 1
- [6] Kozłowski R.: Badania przyczyn pęknięć elementów stalowych turbin. Instytut Materiałoznawstwa i Technologii Metali Politechniki Krakowskiej, Kraków 1989
- [7] Macha H., Dobosiewicz J.: Zasady napraw kadłubów turbin parowych, *Energetyka* 1985, nr 6
- [8] Grzesiczek E.: Prostownianie kadłubów turbin parowych. *Energetyka* 1988, nr 1
- [9] Serbiński W., Buyko-Mazur K.: Wplyw obróbki cieplnej na kruchość staliwa L17HMF przeznaczonego dla energetyki konwencjonalnej i jądrowej. *Energetyka* 1980, nr 2
- [10] Dobosiewicz J., Trzeszczyński J.: Service live of steam Turbine Cylinders, Konferencja „Power Generation” Budapest, czerwiec 1996



Mgr inż. Ewa Zbroińska-Szczuchura

UKD 620.193:621.175

PRO NOVUM — Katowice

Erozja korozyjna rurek skraplacza od strony wody chłodzącej

Jednym z mechanizmów uszkodzeń rurek skraplaczy jest erozja-korozyja powodująca nieszczelność wymienników, co pociąga za sobą niekorzystne następstwa dla ruchu elektrowni. Spośród zbadanych w ciągu ostatnich pięciu lat uszkodzeń skraplaczy i chłodnic większość (ok. 90%) została spowodowana wyłącznie lub w głównej mierze korozją oraz erozją rur od strony wody chłodzącej.

Uszkodzenia erozyjno-korozyjne są ograniczone przede wszystkim do obszarów wlotu pierwszej i drugiej trasy wodnej, jak też do oddziaływania strumienia wody w miejscach z płaskimi wżerami korozyjnymi. Uszkodzenia erozyjne powstają na wewnętrznej powierzchni rur kondensatorowych. Występują one w postaci pól porażonych punktowymi ubytkami nie pokrytymi warstwą ochronną (rys. 1 i 2), pod którymi metal ulega nieznacznej deformacji (rys. 3). Intensywność niszczenia i rozmieszczania uszkodzeń rurek kondensatora na skutek działania korozji erozyjnej zależy od charakteru przepływu wody w komorach wodnych kondensatorów, zmiany charakteru przepływu wody chłodzącej na wejściu do rurki, jak również od ilości wżerów korozyjnych lub osadów stanowiących przeszkodę w przepływie wody w komorze i rurkach oraz od rozmiarów pęcherzyków powietrza i ich liczby w wodzie.

Podczas wejścia wody do rurki następuje zwężenie strugi i tworzenie się zawirowań, przy czym zawarte w wodzie pęcherzyki powietrza niszczą warstwę ochronną (rys. 3). W ślad za ciągłym odrywaniem się warstewki postępuje intensywne niszczenie metalu, a mieszanina wodno-powietrzna działa na warstwę ochronną i produkty korozji jak piana flotacyjna, odrywając je z powierzchni metalu.

Przypuszcza się, że uszkodzenia spowodowane korozją erozyjną występują z reguły wtedy, gdy szybkość ubytku



Rys. 1. Typowe uszkodzenie erozyjne wlotów rurek miedzianych



Rys. 2. Porażone pole z ubytkami erozyjnymi oraz brakiem warstewki ochronnej (pow. 2x)