

## Naprawa odlewanych elementów turbin parowych

Wiele elementów w nowoczesnych turbinach parowych wykonuje się jako konstrukcje odlewane lub odlewno-spawane. Zalicza się do nich kadłuby turbin, komory parowe, kadłuby zaworów itp. Naprawie podlegają nowe odlewy (usunięcie wad odlewniczych) jak i elementy po okresie eksploatacji 150 000 godzin i więcej.

### Naprawa elementów nowych

Naprawa nowych korpusów została przedstawiona na podstawie napraw korpusów zewnętrznych WP turbin 600 MW. Wszystkie etapy naprawy pokazano na rysunku 4. Korpusy dostarczane są z odlewni w stanie surowym tzn. są nieoczyszczone, posiadają żebra oraz wlewki staliwa. Po identyfikacji korpusu następuje, poprzez żłobienie elektropowietrzne, odcięcie żeber oraz wlewków.



Rys. 1.  
Widok korpusu zewnętrznego WP turbiny 600 MW po usunięciu żeber



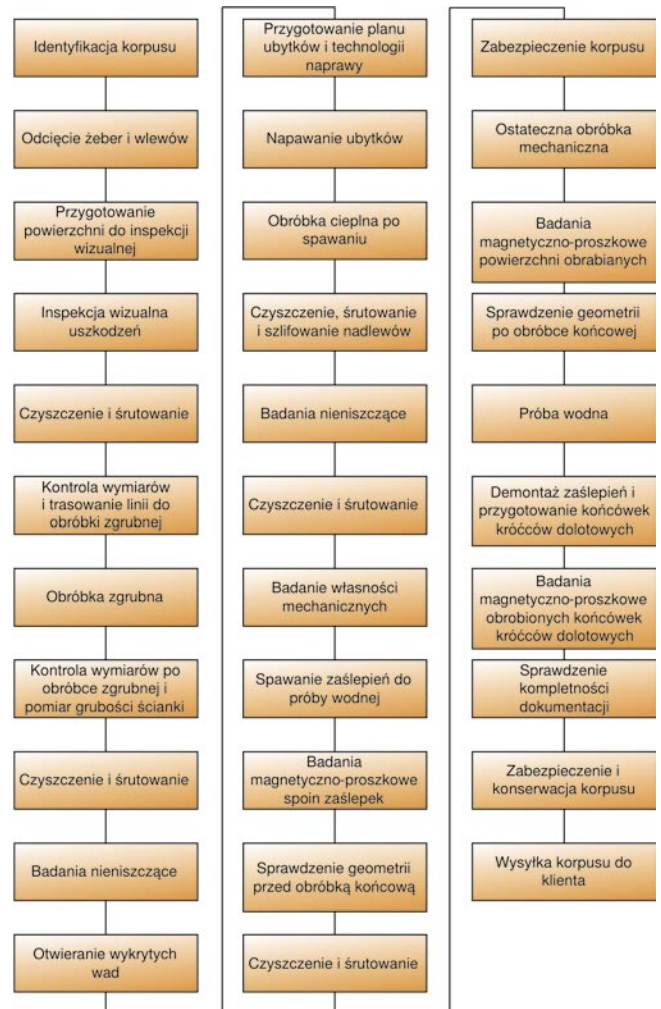
Rys. 2.  
Widok korpusu zewnętrznego WP turbiny 600 MW po częściowym usunięciu żeber

W następnej kolejności przeprowadza się inspekcję wizualną uszkodzeń, czyszczenie (poprzez szlifowanie) i śrutowanie oraz kontrolę wymiarów.



Rys. 3.  
Widok korpusu zewnętrznego WP turbiny 600 MW po obróbce zgrubnej

Trasowanie linii do obróbki zgrubnej zostaje przeprowadzone na podstawie szablonów, wykonanych wg rysunków wykonawczych, powiększonych o naddatek technologiczny.



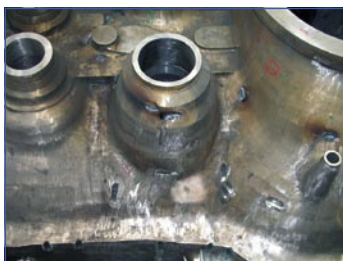
Rys. 4. Algorytm naprawy korpusów zewnętrznych WP turbin 600 MW

Widok korpusu po obróbce zgrubnej został przedstawiony na rysunku 3. Po zakończeniu obróbki zgrubnej i wykonaniu kontroli wymiarowej przystępuje się do wykonania badań nieniszczących korpusu, w skład których wchodzi:

- badania magnetyczno-proszkowe powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej,
- badania ultradźwiękowe objętości materiału,
- badania wizualne powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej,
- kontrola grubości ścianek korpusu,
- badania radiograficzne króćców dolotowych.

Na podstawie wyników badań można już określić stan korpusu i zakres naprawy. Ilość, rozmiar i głębokość znalezionych wad (pęknięcia, nieciągłości, pustki, wtrącenia, pory itd.) determinują czas trwania naprawy jak również jej koszt. Zebrane doświadczenia pozwalają wyznaczyć charakterystyczny rozkład wad na korpusie, związany z technologią procesu odlewania. Bezbłędnie można określić, które znalezione wady i w jakim zakresie kwalifikują się do naprawy. Personel przeprowadzający badania wszystkimi metodami jest kwalifikowany zgodnie z normą PN-EN 473.

Wykryte wady zostają usunięte przy pomocy szlifowania i żłobienia elektropowietrznego (rys. 5, 6, 7). Przy stosowaniu żłobienia elektropowietrznego korpusy zostają wstępnie podgrzane tak aby uniknąć zahartowania materiału rodzimego, co mogłoby doprowadzić do powstania pęknięć.



Rys. 5.  
Widok korpusu zewnętrznego WP turbiny 600 MW w trakcie żłobienia wad



Rys. 6.  
Widok korpusu zewnętrznego WP turbiny 600 MW po opisaniu ubytków

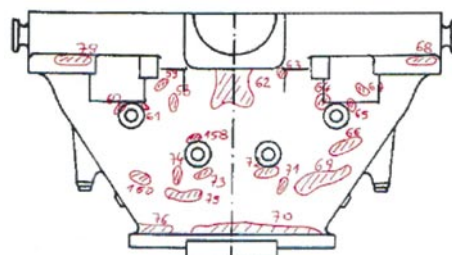
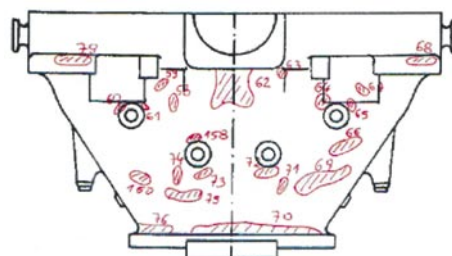


Rys. 7.  
Widok korpusu zewnętrznego WP turbiny 600 MW po opisaniu ubytków

Wszystkie ubytki powstałe po usunięciu wad, a przeznaczone do napawania zostają ponownie przebadane metodą magnetyczno-proszkową, a pozytywny wynik badania kwalifikuje korpus do napawania. Przed procesem napawania zostaje sporządzony plan ubytków oraz technologia spawania (rys. 8).

Napawanie ubytków przeprowadza się na stanowisku zabezpieczonym przed wpływami atmosferycznymi oraz przeciągami (rys. 9). Jak już wspomniano przy napawaniu korpusów turbin występuje zjawisko podhartowania spoiny i strefy wpływu ciepła (ze względu na rodzaj materiału rodzimego). Podgrzewanie wstępne do napawania ma za zadanie zmniejszenie szybkości chłodzenia w procesie spawania, ograniczenie wzrostu twardości, zmniejszenie naprężeń wewnętrznych oraz stworzenie korzystnych warunków do dyfuzji wodoru z napoiny, a w konsekwencji ograniczenie możliwości pojawienia się pęknięć w złączy spawanym.

Temperatura podgrzewania wstępnego zależy od gatunku staliwa, grubości elementów spawanych oraz rodzaju i rozwiązania konstrukcji spawanej. Do podgrzewania wstępnego stosuje się palniki gazowe, wyżarzarki indukcyjne oraz odporowe.



Rys. 8. Część szkicu planu ubytków korpusu zewnętrznego WP turbiny 600 MW



Rys. 9.  
Napawanie ubytku w korpusie zewnętrznym WP turbiny 600 MW

Po zakończeniu napawania korpus poddaje się obróbce cieplnej celem usunięcia naprężeń spawalniczych. Następnie korpus zostaje oczyszczony oraz przeprowadza się ponowne badania magnetyczno-proszkowe powierzchni wraz ze spoinami montażowymi. Badaniom ultradźwiękowym zostają poddane napoiny. Brak wskazań, tj. brak wad, kwalifikuje korpus do spawania zaślepień niezbędnych do przeprowadzenia próby wodnej. Próba wodna korpusu odbywa się po jego obróbce na wymiary ostateczne. Ostatnim etapem jest obróbka króćców dolotowych, ich badania magnetyczno-proszkowe oraz konserwacja korpusu.

## Naprawa elementów po eksploatacji

Wysoka temperatura pracy urządzeń energetycznych powoduje z biegiem czasu zmiany strukturalne materiału, które mają ujemny wpływ na własności mechaniczne staliwa. W czasie eksploatacji na metal działają obciążenia statyczne i zmienne siły spowodowane zmiennymi warunkami pracy.

Obciążenia te łącznie z niejednorodnością własności w różnych częściach elementu tworzą sprzyjające warunki do pęknięć.

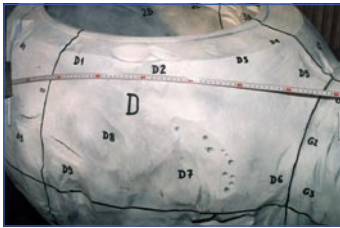


Zmniejszenie się granicy plastyczności przy długotrwałym, jednoczesnym oddziaływaniu podwyższonej temperatury i naprężeń, umożliwia rozwój zjawiska pełzania. Sposób naprawy odlewanych elementów turbin parowych po okresie eksploatacji 150 000 i więcej godzin został przedstawiony poniżej. W pierwszej kolejności elementy zostają oczyszczone oraz poddane pomiarom geometrii. Sporządza się dokumentację przedremontową oraz przeprowadza się analizę wymiarów rzeczywistych z nominalnymi.

Elementy poddaje się badaniom metodą magnetyczno-proszkową, a w miejscach niedostępnych badania przeprowadza się metodą endoskopową (rys. 10, 11). W każdym przypadku pobierane są próbki materiału celem określenia własności mechanicznych oraz sprawdzenia czy nie nastąpiło zjawisko pełzania materiału. W przypadku wystąpienia zjawiska pełzania usuwa się cały obszar materiału, w którym ono zachodzi, a następnie przeprowadza się ponowne badania metalograficzne. Elementy, w których występuje zbyt niska udarność zostają poddane obróbce cieplnej wysokotemperaturowej mającej na celu jej wzrost oraz poprawę stanu struktury materiału.



Rys. 10.  
Widok wad wykrytych badaniami endoskopowymi w korpusie zaworu szybkozamykającego WP turbiny 13K215

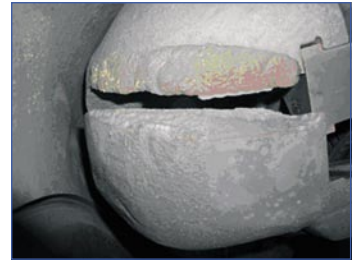


Rys. 11.  
Opisany korpus sita pary wtórnej turbiny TK 120, został przecięty mechanicznie w celu swobodnego dostępu do wszystkich miejsc naprawianych

Wszystkie wady wykryte podczas badań defektoskopowych zostają usunięte mechanicznie, a następnie przebadane magnetycznie w celu potwierdzenia ich zaniku. Technologia spawania jest uzależniona od gatunku materiału rodzimego elementu, jego kształtu oraz parametrów pracy.

Po zakończeniu spawania naprawianych elementów poddaje się je obróbce cieplnej w celu usunięcia naprężeń spawalniczych oraz zmniejszenia niekorzystnych konsekwencji procesów cieplnych w złączach. Analiza pęknięć w elementach spawanych turbin parowych wykazała, że powstają one także na skutek nieprzeprowadzenia obróbki cieplnej i mogą doprowadzić do zniszczenia elementu. Dobrym przykładem takiego zjawiska jest skrzynka dyszowa turbiny reakcyjnej o mocy 22 MW produkcji zakładów *Pierwsza Brzeńska* (rys. 12, 13, 14).

Skrzynka ta uległa rozerwaniu na skutek nieprawidłowości, jakie miały miejsce w czasie wcześniejszych napraw, nie przeprowadzanych przez *ZRE Katowice SA*. Niedopełniono wówczas warunków technologicznych – napawanie wykonano bez podgrzewania wstępnego (stopem typu INCONEL) oraz nie przeprowadzono obróbki cieplnej.



Rys. 12.  
Rozerwana skrzynia dyszowa



Rys. 13.  
Rozerwana skrzynia dyszowa



Rys. 14.  
Widok skrzyni po napawaniu i zespoleniu rozerwanych części

Po obróbce cieplnej naprawiane elementy zostają oczyszczone oraz poddane końcowym badaniom defektoskopowym, których potwierdzeniem jest protokół z badań. Ostatnim etapem naprawy jest obróbka mechaniczna elementów mająca na celu odtworzenie wymiarów nominalnych lub podanych przez klienta.



Rys. 15.  
Napawanie otworów korpusu zaworu szybkozamykającego WP turbiny 13K215



Rys. 16.  
Widok otworu po zakończeniu napawania

W przypadkach gdy dostarczone elementy posiadają uszkodzone otwory gwintowane lub pęknięcia prowadzące do nich, *ZRE Katowice SA* dysponuje technologią regeneracji gwarantującą odtworzenie ich wymiarów nominalnych. Regeneracja odbywa się poprzez usunięcie uszkodzonego gwintu oraz napawanie otworu specjalistycznym półautomatem spawalniczym (rys. 15, 16).

