

Maciej KACZOROWSKI, Henryk KLIMAS
Fabryka Kotłów RAFAKO S. A., Racibórz

BADANIA DIAGNOSTYCZNE I TECHNOLOGIA NAPRAW WALCZAKÓW KOTŁOWYCH

Streszczenie. W referacie omówiono cel i zakres badań diagnostycznych walczaków. Przedstawiono różne sposoby napraw walczaków ze szczególnym uwzględnieniem technologii naprawy przez spawanie i obróbkę cieplną. Opisano metodę oceny stanu technicznego walczaka po długotrwałej eksploatacji oraz prognozowania jego dalszej bezpiecznej eksploatacji.

DIAGNOSTIC TESTING AND RECONSTRUCTION TECHNOLOGY OF BOILER DRUMS

Summary. The paper discussed the objective and scope of diagnostic testing of drums. Various manners of drum rectifications were presented with particular regard to repair technologies through welding and heat treatment.

The evaluation method of technical condition of drums after long – lasting operation was described herein and forecasting further safe operation.

DIAGNOSTISCHE UNTERSUCHUNGEN UND REPARATURMETHODEN VON KESSELTROMMELN

Zusammenfassung. Im Referat wurde der Zweck und Bereich diagnostischer Prüfungen von Kesseltrommeln besprochen. Dargestellt wurden verschiedene Reparaturmethoden der Trommeln mit besonderer Berücksichtigung des Reparaturverfahrens mit Schweißen und Wärmebehandlung. Es wurde der Beurteilungsverfahren des technischen Zustands der Kesseltrommel nach dauerhaftem Betrieb sowie die Vorhererkennungsmethode des weiteren sicheren Betriebs der Trommel dargestellt.

WPROWADZENIE

W latach 1960–1980 zbudowano i uruchomiono w Polsce dużą ilość bloków energetycznych o mocy 50 – 200 MW. Wiedza techniczna i doświadczenie projektantów, wytwórców, montażystów oraz specjalistów uruchamiających i eksploatujących urządzenia energetyczne była zdecydowanie mniejsza od posiadanej dzisiaj. W tamtych czasach uruchomienie bloku w terminie ustalonym przez władze było o wiele ważniejsze od jakości wykonania i montażu.

Po wielu latach intensywnej eksploatacji znaczna część elementów ciśnieniowych uległa już fizycznemu zużyciu. Dotyczy to szczególnie walczków kotłowych, które pracując w trudnych i zmiennych warunkach są bardzo podatne na różnego rodzaju uszkodzenia.

W latach 1992 – 1994 RAFAKO przebadano ponad 30 walczków wyprodukowanych w latach 1953 – 1976 ze stali: CuNiS2Mo, 22K, 20M, K22M, 18CuNMT i K32Nb, a eksploatowanych w kotłach o wydajności 32–650 ton pary/h.

Producentami tych walczków były firmy polskie: RAFAKO i Huta Ferrum oraz firmy z Niemiec i z byłego Związku Radzieckiego. Stan techniczny niektórych badanych walczków był taki, że niewiele brakowało do groźnej w skutkach awarii. W badanych walczkach stwierdzono np. głębokie prawie na wskroś pęknięcia w rejonie spoiny czy udarność materiału podstawowego zaniżoną trzykrotnie w stosunku do wymaganej wartości minimalnej.

Wymiana uszkodzonych walczków na nowe wymaga olbrzymich nakładów finansowych oraz długiego okresu wyłączenia bloku.

RAFAKO na podstawie wieloletnich doświadczeń przy produkcji i naprawie walczków przeprowadza skuteczną odnowę takich walczków. Zadanie to jest ogromnie trudne, stąd też wymagane jest solidne wykonanie badań diagnostycznych, określenie przyczyny uszkodzeń, przeprowadzenie stosownej modernizacji uszkodzonych węzłów, opracowanie właściwej technologii naprawy oraz przeprowadzenie naprawy zgodnie z aktualnymi, wysokimi wymaganiami jakościowymi.

BADANIA DIAGNOSTYCZNE

Kompleksowe badania diagnostyczne mają za zadanie określenie stanu technicznego walczaka w celu podjęcia decyzji o dopuszczeniu walczaka do dalszej eksploatacji z prognozą czasu bezpiecznej pracy bądź w celu określenia zakresu naprawy i modernizacji.

Takie kompleksowe badania przeprowadza się wg programów opracowywanych indywidualnie dla każdego walczaka, biorąc pod uwagę informacje z eksploatacji, poprzednich badań i napraw oraz istniejące w nim rozwiązania konstrukcyjne.

Programy badań są uzgadniane z użytkownikiem i Inspektorem UDT, i z reguły obejmują:

- oględziny wewnętrzne i zewnętrzne walczaków,
- pomiary grubości ścianek, owalizacji i odkształcenia liniowego,
- badania ultradźwiękowe spoin króćców centralnych rur opadowych i spoin tulei włączowych,
- badania magnetyczno–proszkowe spoin głównych, spoin tulei włączowych, spoin króćców opadowych i króćców armatury przywalczakowej, spoin elementów przyspawanych od wewnątrz walczaka oraz krawędzi i mostków międzyotworowych, szczególnie w strefie wodnej,
- badania penetracyjne tworzących otworów,
- badania metalograficzne materiału dzwon i dennic oraz pomiary twardości,
- badania materiału dzwon i dennic metodą WIT.

Z przeprowadzonych badań sporządza się protokoły, a na ich podstawie orzeczenia o dopuszczeniu walczaka do eksploatacji bądź naprawy.

W przypadkach kiedy nastąpić musi naprawa przez spawanie na płaszczu walczaka, konieczne jest przeprowadzenie badań własności mechanicznych materiału z wyciętego krążka.

Badania mechaniczne materiału krążka mają odpowiedzieć, jaki jest stan materiału walczaka w stanie wyjściowym, a przede wszystkim, jakim zabiegom cieplnym poddać należy walczak w czasie naprawy, żeby mieć gwarancję uzyskania bądź przywrócenia wymaganych własności mechanicznych.

Badania materiału krążka należy wykonać zawsze dla walczaków o grubości ścianki ponad 80 mm ze stali 18CuNMT lub podobnych, które przepracowały ponad 100 tys. godzin. Przyjmowanie w naprawach parametrów obróbki cieplnej, takiej jak w końcowej fazie u producenta, jest błędem, gdyż często nie zabezpiecza uzyskania własności mechanicznych walczaka po długoletniej eksploatacji.

Na skuteczną wykrywalność wad, oprócz klasy sprzętu, doświadczenia defektoskopistów, ogromny wpływ posiada jakość przygotowania do badań. Nie jest to zwykle czyszczenie i szlifowanie, stąd dobór ekip przygotowujących walczak do badań ma niemały wpływ na wykrywalność wad, jak i na zakres ewentualnej naprawy.

Duży wpływ na jakość naprawy ma sposób usuwania wad. Spotykaliśmy przypadki, że nieumiejętne usuwanie wad w otworach powodowało znaczne zwiększenie napawania w czasie naprawy.

Badania magnetyczno–proszkowe elementów przyspawanych od wewnątrz do płaszcza nie zawsze są skuteczne w wykrywaniu pęknięć tzw. podspoinowych, a innych badań stosować się nie da z uwagi na konstrukcję węzłów. Przyjęliśmy za regułę, że w przypadkach, kiedy zachodzi konieczność naprawy płaszcza przez spawanie, niezależnie od wyników badań powierzchni-

wych należy wykonać próby nawierceń lub szlifowań celem upewnienia się, czy strefy podspoinowe są bez pęknięć.

TECHNOLOGIA NAPRAW

W zależności od rodzaju stwierdzonych w badaniach uszkodzeń, poprzecznych napraw, gatunku materiału wyników badań własności mechanicznych materiału, sposobu podwieszania walczaka opracowuje się indywidualnie dla każdego walczaka technologię naprawy.

Technologia jest zatwierdzona w Inspektoracie Urzędu Dozoru Technicznego użytkownika i bardzo często opiniowana przez inspektora Dozoru Technicznego producenta bądź naprawiającego.

Wyróżnić można kilka typowych sposobów napraw walczaków kotłowych:

- naprawa polegająca na odpowiednim rozszlifowaniu wad,
- naprawa przez spawanie np. niektórych elementów osprzętu wewnętrznego z podgrzewaniem do spawania, a w szczególnych przypadkach nawet bez podgrzewania,
- naprawa przez spawanie na płaszczu walczaka w otworach i elementach osprzętu z podgrzewaniem do spawania i tzw. termooddechem,
- naprawa przez spawanie na płaszczu walczaka w otworach i elementach osprzętu z podgrzewaniem do spawania i obróbką cieplną części albo całości walczaka.

Naprawa nie może się ograniczyć jedynie do zespawania wykrytych uszkodzeń. Konieczne jest przeprowadzenie modernizacji wadliwych węzłów konstrukcyjnych płaszczu walczaka, jak również osprzętu wewnętrznego.

W czasie napraw prowadzi się stałą kontrolę temperatur podgrzewania do spawania i obróbki cieplnej.

Szerokość stref naprawczych uzależniona jest od zakresu naprawy, konstrukcji walczaka, konstrukcji nośnej, podwieszzeń, stosowanych urządzeń i mieści się w przedziale 500–1200 mm.

W czasie napraw walczaków z pełną obróbką cieplną należy zabezpieczyć walczak przed deformacją. W tym celu wprowadza się zawieszania remontowe lub dodatkowe podparcia. Projektuje się je indywidualnie dla danego walczaka.

Po naprawie walczak poddawany jest badaniom nieniszczącym oraz próbie wodnej. Rodzaj i zakres badań zależy od zakresu przeprowadzonej naprawy. Natomiast próbę wodną przeprowadza się na ciśnienie nie przekraczające 0,8 ciśnienia obliczeniowego przy zachowaniu (w czasie całego procesu przeprowadzenia próby wodnej) temperatury ścianki walczaka nie niższej niż 50°C. Zalecenie to, szczególnie ważne dla stali gat. 18CuNMt i podobnych, wynika z charakterystyki odporności materiału na kruche pękanie. Po próbie wodnej przeprowadza się końcowe badania walczaka i dopuszcza go do dalszej eksploatacji.

OCENA STANU TECHNICZNEGO WALCZAKÓW

Ocenę stanu technicznego walczaka po długotrwałej eksploatacji oraz prognozowanie okresu jego dalszej, bezpiecznej eksploatacji przeprowadza się na podstawie:

- 1) analizy „historii eksploatacji”,
- 2) analizy wyników badań diagnostycznych,
- 3) analizy stanu naprężeń przy obciążeniach statycznych dla charakterystycznych warunków pracy,
- 4) analizy szacunkowej w zakresie inicjacji i propagacji pęknięć,
- 5) analizy szacunkowej wytrzymałości na zmęczenie niskocyklowe i wyczerpania trwałości materiału płaszcza walczaka.

Analizę stanu wytrzymałościowego walczaka w zakresie naprężeń statycznych przeprowadza się na podstawie zależności zawartych w „Warunkach Technicznych Dozoru Technicznego” – „Urządzenia ciśnieniowe” – „Obliczenia wytrzymałościowe” DT-UC-90/WO-0 oraz minimalnych wartości R_e z atestów uwzględniających także wyniki R_{et} z wyciętego krążka (jeżeli był pobierany).

Analizę warunków inicjacji i propagacji pęknięć przeprowadza się wg następującej procedury:

- obliczenie krytycznej głębokości pęknięcia,
- obliczenie progowej głębokości nierozwijającego się pęknięcia,
- oszacowanie prędkości propagacji pęknięcia lub ilości cykli zmian obciążenia, przy której pęknięcie rozwinie się od wielkości progowej do wielkości krytycznej,
- określenie warunków stabilnego przecieku.

Analizę wytrzymałości na zmęczenie niskocyklowe wykonuje się na podstawie metody zalecanej przez VGB, TRD i AD Merkblatt wg następującej procedury:

- określenie dopuszczalnej liczby prób wodnych,
- określenie dopuszczalnej liczby uruchomień i odstawień,
- określenie dopuszczalnej liczby uruchomień awaryjnych,
- określenie liczby zmian obciążeń w warunkach awaryjnych,
- określenie sumarycznego stopnia wyczerpania trwałości zmęczeniowej,
- określenie prawdopodobieństwa wystąpienia pęknięć zmęczeniowych przed upływem 100% wyczerpania trwałości zmęczeniowej.

WNIOSKI

1. Uszkodzenia poszczególnych węzłów konstrukcyjnych walczaków o tej samej konstrukcji i wykonanych z tego samego materiału występują po przepracowaniu bardzo zróżnicowanej liczby godzin. Skłonność do lawino-

wego pęknięcia wykryto, jak dotychczas, tylko w walczakach ze stali 18CuNMT. Dowodzi to, że skłonność do występowania różnego typu uszkodzeń jest złożoną funkcją:

- konstrukcji,
 - gatunku materiału,
 - technologii wykonania,
 - warunków eksploatacji,
2. Tylko kompleksowe badania diagnostyczne walczaków przeprowadzonych przez doświadczonych badaczy i przy użyciu nowoczesnego sprzętu badawczego zapewniają wykrycie wszystkich pęknięć występujących w walczakach.
 3. Dalszą bezpieczną eksploatację walczaka zapewnia pełna jego rewitalizacja przeprowadzona przez doświadczoną firmę remontową, obejmująca modernizację niektórych węzłów konstrukcyjnych oraz naprawę przez spawanie i obróbkę cieplną przywracającą własności plastyczne i obniżającą – temperaturę przejścia w stan kruchy.
 4. Ocena stanu technicznego walczaka powinna opierać się na analizie warunków eksploatacji, danych o aktualnym stanie walczaka (wyniki badań diagnostycznych) oraz kompleksowej analizie stanu naprężeń w zakresie obciążeń statycznych, zmęczenia niskocyklowego i odporności na inicjację i propagację pęknięć.

LITERATURA

- [1] Materiały Sympozjum „Badania diagnostyczne i rewitalizacja elementów ciśnieniowych kotłów”, Racibórz, 9.02.1993 r.
- [2] Materiały „Forum Materiałoznawstwa Energetycznego”, Kraków, 25–25. 11. 1993 r.
- [3] Kaczorowski M., Klimas H.: Technologia napraw i odnowy walczaków. Praca nie opublikowana.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek PRNOBIS

Wpłynęło do Redakcji 18. 08. 1994 r.

Abstract

Between 1960 and 1980 was built in Poland a significant number of utility boilers with the capacity between 50 and 200 MW. After long time of operation

many drums in the boilers are damaged and have to be repaired. In the last years RAFAKO examined more than 30 boiler drums to be cast from steels CuNiS2Mo, 22K, 20M, K22M, 18 CuNMT and K32Nb which have been made in RAFAKO, Huta Ferrum, in Germany and USSR. The examinations showed the drums to be in partly very bad condition what could bring about a serious damage. The paper presents the measure of diagnostic testing of drums as well as the repair technologies with particular regard to welding and heat treatment. The testing contains:

- preliminary shape examinations
- measurements of the drum geometry
- ultrasonic and magnetic-power survey of weldings
- examination of cracked areas
- metalographic investigations of drum material and inspection by the WIT method.

For each drum the repair method is prepared. The complex repair includes not only the repair itself but also the reconstruction of the element as well as full necessary heat treatment, what secures a significant prolongation of the service time.