

Norbert KNEFEL

Centralne Biuro Konstrukcji Kotłów
Tarnowskie Góry

Jan GÓRA

Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej - MEGAWAT
Tarnowskie Góry

DEFORMACJE KONSTRUKCJI NOŚNYCH KOTŁÓW Z TRADYCYJNYM OBMURZEM I PROPOZYCJE ICH MODERNIZACJI BEZ KONIECZNOŚCI DEMONTAŻU ELEMENTÓW CIŚNIENIOWYCH KOTŁA

Streszczenie. W referacie przedstawiono przyczyny rozszczelniania się obmurza ceramicznego kotłów, mające zasadniczy wpływ na awaryjne deformacje stalowych konstrukcji nośnych. Omówiono sposoby doraźnych napraw i modernizacji zdeformowanych konstrukcji.

1. WPROWADZENIE

Rozwój przemysłu i budownictwa w latach 50. zwiększył zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepłą, dlatego wybudowano szereg elektrowni, elektrociepłowni i siłowni zakładowych. Podstawowymi jednostkami były kotły typu OP 130, OP 230, TP-230, OP 380, OP380 b i OP650 b, będące przedmiotem tego referatu. Te dwuciągowe kotły o stosunkowo dużej wydajności ze względu na ich rozwiązanie części ciśnieniowej, mogły być zrealizowane jedynie jako wiszące. Zawieszono je na ruszcie nośnym podpartym konstrukcją stalową, którą wykorzystano jako konstrukcję wsporczą pod obmurze, izolację i obudowę kotła, zamocowanie podestów obsługowych i rurociągów wokół kotła, a także często jako zasadniczą konstrukcję wsporczą budynków kotłowni. Konstrukcje nośne kotłów wymiarowano na obciążenia technologiczne i użytkowe. Uwzględniono również obciążenia wynikające z posadowienia na terenach eksploatacji górniczej względnie sejsmicznych. Nie uwzględniono natomiast wpływu promieniowania cieplnego na elementy konstrukcji nośnej. Jednostronne nagrzewanie elementów konstrukcji staje się początkiem ciągłego i narastającego w czasie procesu deformacji i destrukcji konstrukcji, doprowadzając ją do stanu awaryjnego.

Kotły te stanowią do dzisiaj znaczący procent mocy zainstalowanej i nie przewiduje się w okresie najbliższych 20 - 25 lat zastąpienia ich nowszymi rozwiązaniami. W niniejszym referacie przedstawiono szczególnie konstrukcyjne mające zasadniczy wpływ na trwałość stalowej konstrukcji nośnej kotła, przyczyny i wielkości występujących deformacji tych kons-

trukcji oraz sposoby ich doraźnych napraw i wzmocnień, mając na uwadze poprawę ich stanu bezpieczeństwa w czasie dalszej eksploatacji. Omówiono propozycje modernizacji tych konstrukcji bez konieczności demontażu elementów ciśnieniowych.

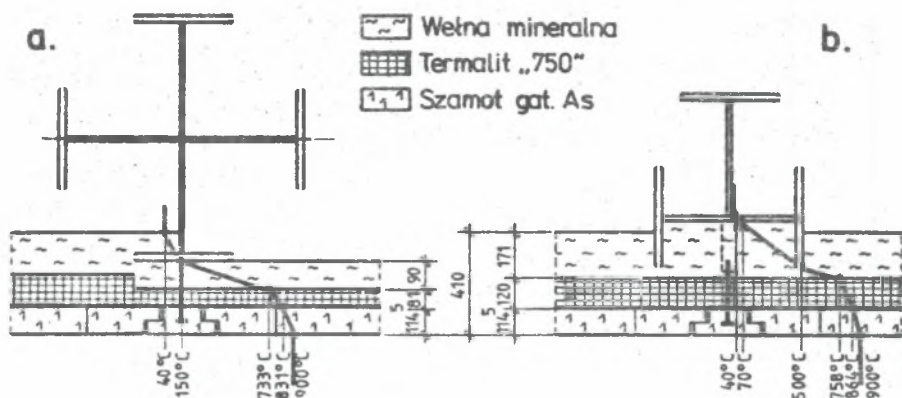
2. ISTNIEJĄCE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE POWIĄZAŃ ELEMENTÓW CIŚNIENIOWYCH I OBMURZA Z KONSTRUKCJĄ NOŚNĄ KOTŁA.

Referowane kotły charakteryzują się między innymi tym, że strop rurowy kotła oraz częściowo ekrany komory paleniskowej zostały zawieszona do rusztu nośnego kotła. Pozostała część ekranów komory paleniskowej została zawieszona na ryglach górnych ścian bocznych konstrukcji nośnej kotła. Na stropie rurowym wykonane jest obmurze z betonu żaroodpornego oraz izolacja z wełny mineralnej. Natomiast w ścianach bocznych obmurze, izolacja i obudowa kotła z blachy posadowiona jest na ryglach konstrukcji nośnej kotła rozmieszczonych na jej wysokości. We wszystkich omawianych kotłach istnieje stała odległość pomiędzy licem ekranu a licem obmurza, co podyktowane zostało warunkami technologicznymi. Grubość obmurza, izolacji i warunki konstrukcyjne obudowy ustalały położenie osi rygli, które pokrywają się z osiami słupów. To rozwiązanie można uważać za poprawne, pod warunkiem, że rygle nośne i słupy znajdują się w wolnej przestrzeni. Zasada ta nie została zachowana w kotłach o dużej wydajności. Wzrost obciążeń spowodował konieczność znacznej rozbudowy elementów nośnych. W efekcie tego elementy konstrukcji nośnej kotła, a szczególnie słupy w ścianie tylnej komory paleniskowej na wysokości międzyciągu wprowadzone zostały częściowo w izolację i obudowę kotła, rys. 1.

Wyjątkowo niekorzystny konstrukcyjnie układ słupów konstrukcji nośnej występuje w kotłach typu OP-650 b w części wystającej ponad dach budynku kotłowni. W sumie wyprowadzono osiem słupów tworzących cztery ramy poprzeczne, w ścianie przedniej i tylnej komory paleniskowej oraz w ścianie przedniej i tylnej drugiego ciągu. Ramy te na wysokości międzyciągu połączone są między sobą układem rygli, belek i stężeń, a od góry zwieńczone rusztem nośnym, tworząc strukturę wielokrotnie statycznie niewyznaczalną.

Bardzo niekorzystne warunki pracy obmurza występują w sąsiedztwie ramy poprzecznej początkującej międzyciągu. Znaczne powierzchnie pionowe obmurza ścian bocznych kotła przytrzymane są jedynie przez sprężystą podatną na odkształcenia stalową ramę poprzeczną konstrukcji nośnej. Ponadto skoncentrowanie w tym rejonie przejść elementów ciśnieniowych kotła przez obmurze stropu (rys. 2a) potęguje proces rozszczelniania się obmurza, co z kolei wpływa na wzrost nierównomiernego nagrzewania się konstrukcji nośnej. Słupy tej ramy zagłębione są w izolacji, jak pokazano na rys. 1b.

Z analizy rozkładu temperatury w ścianie obmurza wynika, że temperatura na krawędziach pasa słupa najbardziej zagłębionego w izolację kotła może



Rys. 1. Słupy konstrukcji nośnej zagłębione w izolacji kotła z linią spadku temperatury.

Fig. 1. Columns of supporting structure sunk in the boiler insulation with the line of temperature fall.

dochodzić do 500°C. W rzeczywistości temperatura ta może być znacznie wyższa, biorąc pod uwagę utrudnienia w prawidłowym założeniu izolacji z wełny mineralnej w wnęce za środkiem słupa. Wykonany dodatkowo w osi słupa konstrukcji nośnej układ kształtek kotwiących tworzący dylatacje pionowe obmurza jeszcze bardziej utrudnia prawidłowe wykonanie poszczególnych warstw izolacji.

Przeprowadzone oględziny strony wewnętrznej słupa oraz wykonane badania metaloznawcze słupów konstrukcji nośnej kotła OP-650 b potwierdzają w pełni działania wysokich temperatur na trzon słupa od strony wewnętrznej. Stwierdzono występowanie zgorzeliny na częściach przekroju poprzecznego słupa zagłębionego w izolacji kotła. Warstwa zgorzeliny dochodziła miejscami do 3mm. Ponadto słupy wykazują trwałe odkształcenie miejscowe i na odcinkach długości wybożeniowej.

Dla sprawdzenia własności mechanicznych stali słupów w miejscu działania wyższych temperatur wykonano badania metaloznawcze [1]. Ze słupów ramy początkującej międzyciąg pobrano losowo 10 wycinków stali. Zakres badań obejmował analizę składu chemicznego stali, badania ultradźwiękowe, wyznaczenie modułu sprężystości podłużnej E i poprzecznej G , liczby Poissona ν , pomiar twardości metodą Vickersa i Brinella oraz statyczną próbę rozciągania. Próbę rozciągania wykonano na próbkach o średnicy $d_0 = 10\text{mm}$ (12 próbek) oraz $d_0 = 15\text{mm}$ (8 próbek) i na tej podstawie określono umowną granicę plastyczności R_e . Wyniki badań zestawiono w tabelicy 1. Potwierdzają one, że słupy wykonano ze stali gatunku St3S, lecz wytrzymałość jej jest zaniżona do wymagań normy PN-88/H-84020.

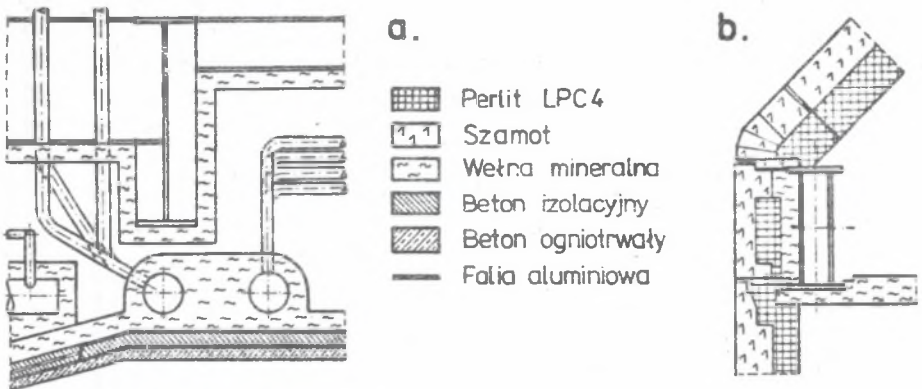
Tablica 1.

| Cecha badana | E [MPa] | G [MPa] | ν | Twardość | | R _e [MPa] | |
|------------------------|---------|---------|--------|----------|-------|----------------------|--------------------|
| | | | | MV | MB | d ₀ =10 | d ₀ =15 |
| Wartość średnia | 211087 | 82146 | 0,2879 | 142,6 | 131,3 | 219,5 | 211,4 |
| Odchylenie standardowe | 1008,4 | 258,1 | 0,0009 | 7,01 | 6,50 | 12,97 | 9,90 |

W kotłach typu OP 380 b słupy są częściowo zagłębione w izolację kotła. Rozwiązanie konstrukcyjne fragmentu wokół słupa pokazano na rys. 1a. Również i w tym przypadku na krawędzi pasa słupa bardziej zagłębionego w warstwę izolacyjną występuje wysoka temperatura w granicach około 150°C.

Natomiast rygiel górny ramy początkującej międzyciąg stanowiący jednocześnie główną poprzeczną belkę rusztu nośnego wprowadzono w przestrzeń pomiędzy strop rurowy a obudowę kotła, dla utrzymania górnego poziomu rusztu na jednym poziomie. Szczegół jego usytuowania w nawiązaniu do elementów ciśnieniowych kotła przedstawia rys. 2a. Również belka przewałowa stanowiąca drugi od góry rygiel omawianego układu ramowego wprowadzona została w przestrzeń kotłową bez możliwości naturalnego studzenia, rysunek 2b.

Na rys. 1. i 2. przedstawiono jedynie kilka charakterystycznych niepoprawnie rozwiązanych szczegółów konstrukcyjnych wzajemnego połączenia ele-



Rys. 2. Rygiel ramy w otoczeniu obmurza i elementów ciśnieniowych
 a) górny na poziomie rusztu nośnego
 b) dolny na poziomie przewału.

Fig. 2. Spandrel beam of frame system surrounded with brickwork and pressure elements
 a). top beam on the level of supporting grid
 b). lower beam on the level of furnace bridge.

mentów ciśnieniowych kotła i konstrukcji nośnej. Szczegóły te powtarzają się w rozwiązaniach prawie we wszystkich omawianych kotłach, choć z nie tak wyrazistymi błędami. Z analizy tych rozwiązań wynika, że wszystkie te kotły posiadają ten sam pierwowzór najprawdopodobniej kotła wolno stojącego z konstrukcją szkieletową, służącą jedynie jako konstrukcja spinająca a nie nośna.

3. ODKSZTAŁCENIA I DEFORMACJE KONSTRUKCJI NOŚNEJ KOTŁÓW

Stalowe szkieletowe konstrukcje nośne kotłów o strukturze geometrycznej wymuszonej dostosowanej do wymogów technologicznych kotła podlegają bardzo złożonym odkształceniom, mającym zasadniczy wpływ na trwałość obmurza, a w konsekwencji na bezpieczną pracę samej konstrukcji.

3.1. Praca konstrukcji w zakresie sprężystym.

Wykonane w ramach pracy [5] obliczenia statyczne konstrukcji nośnej kotła metodą stanów granicznych wykazały znaczne, prawie dwukrotne, przekroczenie ugięć poziomych konstrukcji pod wpływem parcia wiatru, a wynoszące od $1/379$ do $1/318$ wysokości konstrukcji. Jako dopuszczalne ugięcie poziome konstrukcji należy przyjąć ograniczenia według [8], gdzie wielkość tę określono jako $1/600$ wysokości. Wprowadzono je, mając na uwadze między innymi zapobieżenie rysowaniu się ścian wypełniających szkielet. Wyznaczone w [8] ograniczenia ugięć pionowych belek w stropach otynkowanych nie mogą przekraczać $1/350$ rozpiętości. To uwarunkowanie ma na celu zapobieżenie zarysowaniu się stropów. Ograniczenie to należy przyjąć wprost, rozpatrując ruszt nośny kotła, do którego zawieszony został strop rurowy, a poprzez niego obmurze stropu kotła wykonane z betonu ogniotrwałego wylewanego na mokro i betonu izolacyjnego.

Również sumaryczne ugięcia rygli konstrukcji nośnej kotła nie powinny przekraczać $1/350$ ich rozpiętości liczonej na krawędzi wsporników podtrzymujących obmurze. Takie uwarunkowania są konieczne, biorąc pod uwagę zsumowanie się odkształceń rygli i konstrukcji nośnej jako całości. Dla najczęściej występujących wysokości obmurza między dylatacjami poziomymi, które wynoszą około 3 m, sumaryczne odchylenie obmurza wynikające z odkształceń konstrukcji nośnej mogą być w całości przejęte lub skompensowane przez dylatacje pionowe i poziome. Przy zachowaniu tych warunków zjawisko rozszczelniania i penetracji spalin w głąb obmurza ograniczone zostanie do minimum.

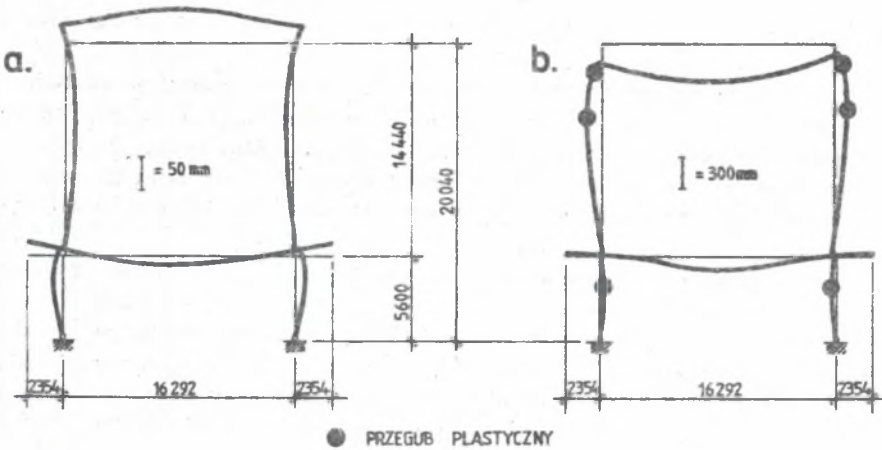
3.2. Nierównomierne nagrzewanie elementów konstrukcji nośnej.

Przedstawione uprzednio zagadnienie rozszczelniania się obmurza kotła spowodowane między innymi zbyt wiotką konstrukcją nośną oraz wzajemnym usytuowaniem ekranów, obmurza i konstrukcji omówione w punkcie 2, przyczyni-

niąją się do nagrzewania elementów konstrukcji nośnej kotła od strony wewnętrznej w zasadzie po całym obwodzie. W pracy [5] wykonano obliczenia statyczno-wytrzymałościowe ramy początkującej międzyciąg. Dla obciążenia różnicą temperatury 200°C pomiędzy stroną wewnętrzną a zewnętrzną wykazano prawie dwukrotne przekroczenie wytrzymałości obliczeniowej stali w słupach w pobliżu połączeń z ryglami. Schemat odkształceń tej ramy pokazano na rysunku 3a.

W miejscach trudno dostępnych dla prawidłowego wykonania obmurza i przewiązania warstw izolacji przy braku odpowiedniego nadzoru w trakcie wykonywania tych prac występują lokalne nieciągłości izolacji powodujące miejscowe przegrzania. Miejsca te mają decydujące znaczenie dla lokalnego nagrzewu konstrukcji, doprowadzając ją również do lokalnych deformacji. Potwierdzają to pomiary [7], które wykazały, że znacznie podwyższone temperatury występują na niewielkich powierzchniach i mają zasadniczy wpływ na konstrukcję nośną, a nieznaczny wpływ na podwyższenie temperatury otoczenia kotła.

W wyniku przegrzania wielkości trwałych odkształceń elementów konstrukcji dochodzą do kilkudziesięciu centymetrów, co często przekracza ugięcie równe $1/70$ rozpiętości, według [2], [3].



Rys. 3. Charakterystyczna deformacja ramy początkującej międzyciąg
 a). od jednostronnego nagrzewu według [5]
 b). według wykonanych pomiarów geodezyjnych [2] i [3].

Fig. 3. Characteristic deformation of supporting frame in the beginning of interdraught
 a). from onesided heating acc. to [5]
 b). in according with geodetic measurements [2] and [3].

3.3. Tworzenie się przegubów plastycznych.

Wykonane obliczenia [5] i [6] istniejących konstrukcji nośnych kotłów jako układów prętowych przestrzennych z uwzględnieniem odkształceń trwałych i wpływu nierównomiernego nagrzewania konstrukcji wykazały w szeregu przekrojach znaczne, bo kilkukrotne przekroczenie wytrzymałości obliczeniowej stali. Oznacza to, że naprężenia przekroczyły granicę plastyczności i w tych miejscach wytworzyły się przeguby plastyczne. W konstrukcjach tego typu przeguby plastyczne mogą się utworzyć w niektórych elementach konstrukcji, niekoniecznie przekształcając ją w układ mechaniczny. Konstrukcje te z nielicznymi przegubami plastycznymi można w dalszym ciągu obciążać do chwili, aż utworzy się więcej przegubów plastycznych w innych krytycznych jej miejscach. Zatem przeguby powstałe pierwotnie muszą być zdolne do dalszego odkształcania się, przed wystąpieniem zupełnego ich zniszczenia. Przyczyniają się one do większych odkształceń konstrukcji, jednocześnie w zasadniczy sposób zmieniają przyjęty do obliczeń schemat statyczny.

Dla tak złożonej struktury, jaką jest konstrukcja nośna kotła, niemożliwe jest ustalenie wszystkich możliwych miejsc krytycznych, w których mogą powstać przeguby plastyczne przy jednoczesnym zachowaniu stateczności ogólnej konstrukcji, zapewniającej dalszą bezpieczną jej eksploatację.

Sumaryczne odkształcenia ramy poprzecznej początkującej międzyciąg wraz z lokalizacją przegubów plastycznych pokazano na rysunku 3b.

4. DORAŻNE NAPRAWY KONSTRUKCJI NOŚNEJ

Pierwszym sygnałem o zaistniałej deformacji konstrukcji nośnej kotła jest z reguły zbyt duże, wyraźnie widoczne załamanie się rusztu nośnego. Od tego momentu konstrukcja nośna staje się przedmiotem zainteresowania służb eksploatacyjnych elektrowni. Podczas najbliższego postoju kotła następuje częściowy demontaż obmurza, izolacji i obudowy kotła dla przeprowadzenia oględzin i pomiarów zdeformowanej części konstrukcji. Z uwagi na zbyt krótki okres czasu, jaki pozostał do następnego sezonu grzewczego oraz fakt nieprzygotowania pod względem dokumentacyjnym i materiałowym wymiany uszkodzonych fragmentów konstrukcji, staje się konieczne wykonanie dorażnych napraw, wzmocnień najbardziej zdeformowanych fragmentów konstrukcji.

Wzmocnienia głównej poprzecznej belki rusztu nośnego kotła oraz belki przewałowej sprowadzają się z reguły do zabudowy dodatkowego pasa górnego z uzupełnieniem środника dopasowanego do górnego pasa zdeformowanej belki. W rejonach podporowych tych belek, gdzie wystąpiła utrata stateczności miejscowej środnika, środnik ten usztywnia się dodatkowym uezbrowaniem poprzecznym dopasowanym do zdeformowanego środnika. Dla belki przewałowej

wyżej omówione wzmocnienie jest jedynym rozwiązaniem, mając na uwadze ograniczenia spowodowane zabudową innych urządzeń. Natomiast wzmocnienia górnej poprzecznej belki rusztu nośnego kotła realizowane są również poprzez zawieszenie jej do dodatkowej belki zamontowanej nad nią.

Rozwiązania te wstrzymują dalszą deformację głównej poprzecznej belki rusztu nośnego, ale jednocześnie dociążają osłabione deformacją słupy konstrukcji nośnej kotła. Przekrój tych belek najczęściej dobierany ze względu na wskaźnik wytrzymałości jest nie mniejszy od istniejącej zdeformowanej belki. W rezultacie zabudowane są dwie belki połączone między sobą cięgnami z pręta okrągłego bez wyraźnego podziału wielkości przenoszonych obciążeń przez poszczególne belki. Dodatkowa belka przenosi jedynie obciążenie wynikające z równowagi ugięć tych belek. Istnieją również rozwiązania polegające na studzeniu tych belek powietrzem o obiegu grawitacyjnym lub wymuszonym.

W ścisłym związku z deformacją głównej poprzecznej belki rusztu nośnego i belki przewalowej pozostaje deformacja słupów konstrukcji nośnej kotła. Deformacje słupów potęguje występowanie różnicy temperatur w skrajnych włóknach ich przekroju poprzecznego. Zrealizowane wzmocnienia słupów polegają w zasadzie na przyspawaniu nakładek do pasów od strony kotła i po stronie przeciwnej, a więc do pasów, w których występuje największa różnica temperatury. Przyspawanie nakładek do pasów w drugiej osi głównej przekroju poprzecznego słupów jest niemożliwe z uwagi na przyłączenia rygli i stężeń.

Również w przypadku słupów występują miejscowe uraty stateczności pasów i środników spowodowane z reguły bardzo intensywnym miejscowym nagraniem. Deformacje pasów i środników dochodzą do kilkudziesięciu centymetrów. Wzmocnienia tych fragmentów sprowadzają się do zabudowy szeregu żeber prostopadłych do siebie, a dopasowanych do zdeformowanych fragmentów przekroju słupa, tworząc z układu żeber swego rodzaju ruszt uniemożliwiający dalszą miejscową deformację.

Wszystkie te doraźne naprawy i wzmocnienia spełniają swoje zadania, umożliwiając dalszą eksploatację kotła w okresie przejściowym.

5. MODERNIZACJA KONSTRUKCJI NOŚNEJ

Dla umożliwienia dalszej eksploatacji tych kotłów w okresie najbliższych 20 - 25 lat z maksymalnym ograniczeniem zagrożenia awaryjnego jedynym rozwiązaniem jest wymiana uszkodzonych elementów konstrukcji nośnej, szczególnie ramy poprzecznej początkującej międzyciąg. Wymiana ta może stanowić odtworzenie dotychczasowej konstrukcji względnie zabudowanie nowej wyprobowanej z bezpośredniego działania podwyższonych temperatur. W przypadku odtworzenia konstrukcji nieodzowne jest takie ukształtowanie obudowy kotła, by podstawowe elementy tej ramy znajdowały się w przestrzeni wolnej, a w razie konieczności byłyby chłodzone powietrzem o obiegu wymuszonym. Wymiana ramy początkującej międzyciąg, która stanowi podstawową część konstrukcji

nośnej kotła, wymaga całkowitego demontażu części ciśnieniowej pierwszego ciągu, w tym walczaków oraz części ciśnieniowej zawieszanej w międzyciągu. Ponadto w zależności od typu kotła konieczny jest demontaż dachu nad kotłem z ewentualnymi słupami przesyłowymi wysokiego napięcia oraz części konstrukcji nośnej powyżej belki przewałowej w rejonie komory paleniskowej i międzyciągu, pozostawiając ewentualnie jedynie konstrukcję nośną drugiego ciągu. W niektórych typach kotłów wymagany jest demontaż całej konstrukcji i elementów ciążących na tej konstrukcję powyżej belki przewałowej.

Dla uniknięcia tak ogromnego zakresu rzeczowego demontażu i ponownego montażu opracowano projekt [4], w którym przedstawiono koncepcję wymiany uszkodzonych elementów bez konieczności demontażu części ciśnieniowej kotła, w tym walczaków oraz konstrukcji nie wymagającej wymiany. Wymagana jest jedynie rozbiórka istniejącego obmurza i izolacji kotła w zakresie, który oddziałuje na omawianą ramę.

Projektowany sposób wymiany uszkodzonych fragmentów ramy poprzecznej konstrukcji nośnej kotła polega na tym, że pozostałe obciążenie przejmowane przez ramę przekazane zostanie na sąsiednie ramy poprzeczne poprzez montażowe belki podłużne. By nie wystąpiło ugięcie tych belek montażowych w momencie przejścia pozostałych na ramie obciążeń, zostaną one ugięte o wielkość będącą funkcją tych obciążeń. Wstępne ugięcie belek wykonane zostanie przy pomocy urządzeń hydraulicznych. Poprzez ciągną wiążące ramę z belkami montażowymi ustalona zostanie odległość pomiędzy ramą a ugiętymi belkami. Urządzenia hydrauliczne można wówczas usunąć. Wykorzystując sprężystość stalowych belek montażowych, uzyskujemy oddziaływania siłami przeciwnie skierowanymi równoważącymi obciążenia ramy. Pozwala to na demontaż uszkodzonych elementów ramy w maksymalnym stopniu, zachowując niezmienną sytuowania niezdemontowanych części konstrukcji nośnej, a tym samym elementów ciśnieniowych kotła.

Po wymianie uszkodzonych elementów konstrukcji, zlikwidowane zostanie wstępne ugięcie belek montażowych, a tym samym nastąpi przejście obciążeń przez naprawioną ramę poprzeczną.

Przedstawiona koncepcja wymiany uszkodzonych elementów nie wymaga ciężkiego sprzętu montażowego. Belki montażowe składają się z kilku części, które połączone są między sobą śrubami wysokiej wytrzymałości wstępnie sprężonymi. Scalenie tych belek wykonane zostanie na poziomie rusztu nośnego kotła. Można one być wykorzystane na kilku kotłach.

Belki montażowe można również wykorzystać w okresie przejściowym do odciążenia ramy poprzecznej początkującej międzyciąg. Odciążenie ramy polega na zawieszeniu głównej poprzecznej belki rusztu nośnego do belek montażowych, jak opisano powyżej. Poprzez wstępne ugięcie belek montażowych o wielkość będącą funkcją żądanej siły odciążającej, wykorzystując sprężystość stali, nastąpi odciążenie belki głównej rusztu i przekazanie przejętych obciążeń na sąsiednie ramy poprzeczne. Okresowa kontrola ugięć belek montażowych przy użyciu niwelatora pozwala określić zachowanie się odciążanej

6. WNIOSKI

- 6.1. Omówione typy kotłów stanowią w zasadniczej części rozwiązania licencyjne, a ponadto nierzadko tak zwane prototypy. Wykonane przez autorów niniejszego referatu obliczenia sprawdzające niektórych konstrukcji nośnych z zastosowaniem ETO wykazały, że konstrukcje te nie spełniają w pełni stanu granicznego nośności i użytkowania.
- 6.2. Dla zahamowania dalszej dekapitalizacji tych kotłów, jak również dla znacznego zwiększenia stopnia bezpieczeństwa pracy wyeksploatowanej konstrukcji nośnej wskazane byłoby wykonanie pełnych obliczeń sprawdzających konstrukcji i na ich podstawie podjęcie prac nad odtworzeniem stanu technicznego konstrukcji.
- 6.3. W kotłach o znacznie wyeksploatowanej części ciśnieniowej wymagającej wymiany zaleca się zastąpienie komory paleniskowej z tradycyjnym obmurzem komorą paleniskową z ekranami szczelnymi i lekką izolacją z jednoczesnym dostosowaniem rozstawu słupów konstrukcji nośnej kotła do nowych warunków technologicznych.

LITERATURA

- [1] Meller B.: Protokół nr 103/89 z badań metaloznawczych słupów konstrukcji nośnej kotła OP-650 b nr fabr. 462 Stac. K-1. Opracowanie: ZRE, Wrocław, 1989.
- [2] Pomiary odkształceń konstrukcji nośnej kotła OP-650 b. Wykonano: OPGK, Wrocław, 1989.
- [3] Pomiary odkształceń stropu kotła OP-650 b na poziomie +59,3m i przevalu na poziomie +43,97m. Wykonano: OPGK, Poznań, 1987.
- [4] Knefel N., Góra J. ... i współtwórcy: Zgłoszenie do UP o udzielenie patentu pt. "Sposób wymiany uszkodzonych fragmentów ramy poprzecznej konstrukcji nośnej kotła." 1989.
- [5] Knefel N., Góra J.: Ekspertyza techniczna. "Ocena wytrzymałości istniejącej konstrukcji nośnej kotła OP-650 b nr 1 powyżej poziomu +38,0m z ustaleniem możliwości jej eksploatacji w Elektrowni Turów". TERMOTECH, Tarnowskie Góry, 1989.
- [6] Knefel N., Góra J.: Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe konstrukcji nośnej kotła OP-650 b w Elektrowni Pątnów. Zespół Elektrowni PAK, 1988.
- [7] Parys R.: Pomiar temperatur ścian zewnętrznych kotłów TP 230 nr 1 i 2 oraz kotła TP 13 w siłowni HIL w Krakowie. Opracowanie CBKK Tarnowskie Góry nr arch. 8. 1895, 1987.
- [8] PN-80/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Ludwik Cwynar

ДЕФОРМАЦИИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИИ КОТЛОВ
С ТРАДИЦИОННОЙ ФУТЕРОВКОЙ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ
ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ БЕЗ НЕОБХОДИМОСТИ ДЕМОНТАЖА
ЭЛЕМЕНТОВ КОТЛА РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Р е з ю м е

На примере выступающих в энергетике двухтысячных висячих котлов с керамической футеровкой, обслужено причины и следствия деформации несущих конструкции. Указано, что механизм деформации конструкции связан со слишком гибкой несущей конструкцией котла а также близким расположением элементов котла воздействующих на нее через тепловое излучение. Воздействие повышенных температур способствует к дальнейшей деформации конструкции что ведет к расплотнению футеровки. Делает это возможным проникновения газов сгорания в глубь футеровки доводя конструкцию к локальным перегревам. Этот механизм имеет характер увеличивающийся во времени и в последствии ведущий конструкцию к аварийному состоянию.

Изготовленные статично - прочностные расчеты несущей конструкции методом граничных состояний с применением электронно-вычислительной техники обнаружили, что в конструкции создан ряд пластических сгибов. Изменяют они приняту к расчетам статичную схему и принципиальным способом влияют на увеличение деформации конструкции.

Наибольшие деформации происходят в поперечной раме несущей конструкции котла начинающей междутяг. Обслужено способы экстренных исправлений сводящихся к усилению поврежденных элементов рамы.

Представлено решение [4] делающее возможность обмена поврежденных элементов поперечной рамы без необходимости демонтажа частей работающих под давлением и элементов не требующих обмена.

Монтажные балки предусмотрены к замене поперечной рамы могут быть использованы на других котлах для уменьшения нагрузки на деформированную раму в переходном пределе времени до начала ремонтных работ.

DEFORMATIONS OF SUPPORTING STRUCTURE
OF BOILERS HAVING TRADITIONAL BRICKWORK AND
THEIR MODERNIZATION WITHOUT DISSASSEMBLY
OF PRESSURIZED BOILERS ELEMENTS

S u m m a r y

Basing on examples of energetic hanging two-pass boilers with ceramic brickwork, reasons and consequences of steel supporting structure deformation are performed. It has been proved, that the mechanism of structure deformation is connected with over-whipiness of boiler supporting structure and with close situation of boiler elements, which influence by heat radiation on this structure. The influence of risen temperature increases the further deformation of structure and leads to leakage of brickwork. It makes possible the flue gases penetration into the brickwork, which is the reason of local structure overheating. This mechanism increases during the time and in cosequence leads the construction to break-down condition.

The static and strength calculation of supporting structure executed with limiting state method show, that in the construction a series of plastic, articulated joints have been formed. They change the static scheme, which was taken into the static calculation and have a radical influence on the construction deformation increase.

The biggest deformations are showed in the transverse frame of boiler supporting structure, in the bigining of boiler flue-gas inter-pass. The methods of immediate repairs, based on strengthening of deflected frame elements are performed. Realisation [4] was showed, which affort possibilities for exchange of defected transverse frame elements, without necessity of pressure part disassemble and elements which are not demanded to exchange. Assemble beams, which are designed for transverse frame exchange, can be utilized in other boilers, for lightening of deformed frame in the provisional period, until a repairing will be started.