

Kazimierz RZEPA

Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów
Politechnika Wrocławska

WPLYW WARUNKÓW URUCHAMIANIA KOTŁÓW EP-650 NA TRWAŁOŚĆ ŚCIAN MEMBRANOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono opis uszkodzeń ścian membranowych międzyciągu, chłodzonych parą świeżą. Na podstawie oceny warunków pracy ścian membranowych ustalono, że występujące uszkodzenia mogą być następstwem dużych naprężeń cieplnych, które powstają w czasie uruchamiania kotła przy niedostatecznym odwodnieniu ścian. Badania potwierdziły występowanie dużych różnic temperatury w ścianach w czasie uruchamiania kotła ze stanu zimnej i gorącej rezerwy. Zaproponowane wydłużenie czasu odwadniania ścian - jak wynika z badań - przyczyniło się do znacznego ograniczenia różnic temperatury.

1. WSTĘP

Po upływie 2 ÷ 3 lat od czasu przejścia do eksploatacji zaimportowanych z ZSRR ośmiu kotłów do bloków 200 MW, zainstalowanych w elektrowni w Poładcu, stwierdzono uszkodzenia bocznych ścian membranowych kanału międzyciągu, a objawiające się jako rozzerwania materiału pod stopą płetwy. Początek uszkodzeń występuje - z reguły - w szwie łączącej sąsiednie rury płetwowe, postępuje wzdłuż szwu, a następnie pod kątem 30 - 45° w stosunku do początkowego kierunku uszkodzenia - w sposób mniej lub bardziej regularny - przemieszcza się w kierunku rury, powodując wyrwanie materiału rury pod stopą płetwy.

Z danych dostarczonych przez elektrownię wynikało, że w okresie od 1984 r., tj. od czasu zwiększenia się intensywności uszkodzeń i początku ich ewidencjonowania do czerwca 1988 r., stwierdzono ogółem 40 tego typu uszkodzeń. Ilość ta byłaby prawdopodobnie większa, gdyby nie przedsięwzięcia zapobiegawcze, polegające na dokładnym przeglądzie ścian i wycinaniu lub spawaniu tych elementów, w których stwierdzono początki uszkodzeń.

Spśród 40 uszkodzeń tylko jedno uszkodzenie wystąpiło w górnej części ściany bocznej w obrębie otworu pomiarowego; pozostałe występują w

części dolnej, z czego 6 - w strefie nie ogrzewanej spalinami. Z danych tych wynikało także, że uszkodzenia występują w obrębie skrzyni pod otwory włazowe (18 uszkodzeń) jak również w ścianie pełnej (22 uszkodzenia) w miejscu łączenia poszczególnych sekcji, w połączeniu z komorą paleniskową i z II. . . . ciągiem lub w ich otoczeniu. Grupując uszkodzenia wg takiego kryterium, należy stwierdzić, że największa ich ilość (23) wystąpiła w sekcji stykającej się z komorą paleniskową, w części środkowej międzyciągu - 5, a od strony połączenia i II. . . . ciągiem 12 uszkodzeń.

Duże straty, związane nie tyle z nakładami na usuwanie samych uszkodzeń, lecz głównie z kosztami uruchomień i zmniejszenia sprzedaży energii elektrycznej sprawiły, że w latach poprzednich w elektrowni przedłożono dwie różne koncepcje opanowania tego niepożądanego zjawiska. Jedna z koncepcji zmierzała do ograniczenia rozprzestrzeniania się już stwierdzonych pęknięć i polegała na wykonywaniu otworów na granicach pęknięć. Praktyka eksploatacyjna nie potwierdziła słuszności tego rozwiązania. Koncepcja druga, w myśl której wyeliminowaniu uszkodzeń można zapobiec rozcinając połączenia spawane i stosując elastyczne uszczelnienia gwarantujące szczelność kanału, nie została wdrożona, gdyż - z jednej strony - uszkodzenia nie powstają wyłącznie na styku poszczególnych sekcji, lecz także w ich otoczeniu i w obrębie skrzyni pod otwory włazowe, a - z drugiej strony - nie było gotowych, sprawdzonych rozwiązań konstrukcyjnych spełniających takie wymagania.

W tej sytuacji elektrownia zleciła Instytutowi Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej pracę badawczą, mającą na celu ustalenie przyczyn powstawania uszkodzeń ścian membranowych i opracowanie koncepcji rozwiązania eliminującego lub ograniczającego to zjawisko.

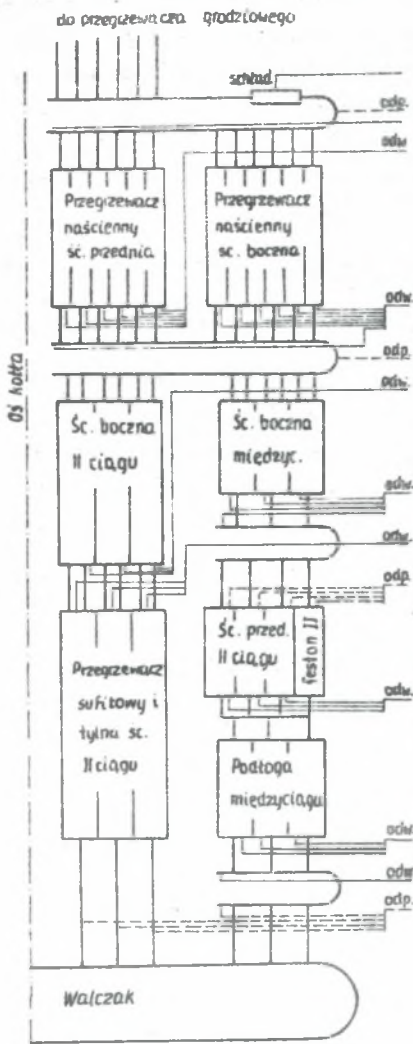
2. KONSTRUKCJA I UKŁAD CHŁODZENIA ŚCIAN MEMBRANOWYCH

Kotły EP-650 (model TPE 209) są kotłami dwuciągowymi ze szczelnymi ścianami membranowymi, podwieszonymi do konstrukcji nośnej. Elementami ścian membranowych są rury płetwowe, a spaw łączący poszczególne rury znajdują się w środku podziałek rur. Kotły zbudowano z elementów blokowych, wykonanych u dostawcy. W ten sposób ograniczono ilość spawów montażowych, których jakość jest - z reguły - gorsza od spawów warsztatowych.

W konstrukcji ścian membranowych zastosowano dwa rodzaje rur płetwowych. Komora paleniskowa jest zbudowana z rur $\varnothing 60 \times 6$ mm rozstawionych w podziałce 80 mm. Pozostałe natomiast ściany, tj. sufit, ściany II. . . . ciągu, ściany boczne i podłoga międzyciągu są wykonane z rur płetwowych $\varnothing 32 \times 5$

mm rozstawionych w podziałce 46 mm. Materiał, z którego są wykonane rury komory paleniskowej i pozostałych ścian - stal węglowa, odpowiednik polskiej stali K18.

Poza parownikiem, wszystkie powierzchnie zbudowane ze ścian membranowych są chłodzone parą świeżą. Para świeża jest podzielona na dwa strumienie (rys.1). Jeden strumień pary przepływa ścianą membranową podłogi międzyciągu,



Rys.1. Schemat przepływu pary przez ściany membranowe

Fig.1. Block diagram of steam flow in the membrane wall

a następnie rozdziela się na strumień przepływający przez ścianę przednią II ciągu, w której co druga rura płytowa jest włączona w układ chłodzenia parą i strumień przepływający przez rury festonu, na którym jest zawieszona podłoga międzyciągu. Oba te strumienie łączą się w komorze umieszczonej nad stropem kotła, po czym rurami przerzutowymi para jest doprowadzana do komór dolnych bocznych ścian membranowych międzyciągu. Bocznymi ścianami membranowymi, złożonymi z trzech sekcji po 62 rury płytowe w każdej, para płynie ku górze do komór wylotowych, skąd rurami przerzutowymi jest doprowadzana do przegrzewacza ściennego, umieszczonego na ścianie przedniej i na części ścian bocznych komory grodziowej i paleniskowej.

Drugi strumień pary przepływa ścianą membranową stropu kotła i ścianą tylną II ciągu. Następnie rozdziela się na strumienie chłodzące ściany boczne II ciągu i płynie do górnych komór wylotowych, umieszczonych nad stropem kotła. Przy pomocy rur przerzutowych para jest doprowadzana do przegrzewacza ściennego. Zza przegrzewacza ściennego para przepływa przez czterostopniowy przegrzewacz

grodziowy. Przed i za pierwszym stopniem przegrzewacza oraz przed ostatnim stopniem są zainstalowane schładzaczki wtryskowe. W celu wyrównania temperatury i złagodzenia niekorzystnego oddziaływania komory paleniskowej na wielkość temperatury pary zastosowano skrzyżowanie dwóch niezależnych strumieni.

Układ ciśnieniowy, złożony ze ścian membranowych, jest całkowicie odwadnialny. Odpowietrzenia sąsiednie znajdują się za przednią ścianą II. ciągu, bocznymi ścianami międzyciągu i za przegrzewaczem naściennym. W czasie uruchamiania kotła odpowietrzenia za przegrzewaczem naściennym mogą być połączone z atmosferą (rozruch na "wydmuch") lub ze skraplaczem (rozruch "pod próżnią").

3. WSTĘPNA OCENA PRZYCZYŃ POWSTAWANIA USZKODZEŃ

Z uproszczonej analizy stanu naprężenia w ścianach membranowych o pionowym ustawieniu osi rur, wywołanego działaniem ciśnienia wewnętrznego i innymi obciążeniami mechanicznymi wynika, że w płetwie działają naprężenia znacznie mniejsze niż w rurze. Uwzględniając ten fakt i mając na uwadze, że początek uszkodzeń występuje właśnie w płetwie, można było wnioskować, że uszkodzenia ścian są następstwem działania dużych naprężeń cieplnych. Naprężenia te mogą być wywołane zarówno przez ustalone, jak i nie ustalone pola temperatury. Na podstawie [1], danych dostawcy kotła [2], a także przeprowadzonych pomiarów temperatury spalin w obrębie przegrzewacza grodziowego pary wtórnej [3] i obliczeń - praktycznie - wykluczono możliwość powstawania tak dużych naprężeń cieplnych, spowodowanych polem temperatury w warunkach ustalonej wymiany ciepła. Wniosek taki wypływał z faktu małego obciążenia cieplnego ścian membranowych międzyciągu ($q = 25 \div 30 \text{ kW/m}^2$), mimo że liczba Biota wewnątrz rur jest mała. Nie potwierdziły się także przypuszczenia, że duże różnice temperatury w przekroju poprzecznym ścian membranowych mogą występować w miejscu połączenia sekcji chłodzonych czynnikiem o różnej temperaturze. Na podstawie [2] ustalono, że w zakresie obciążenia kotła 70 ÷ 100 % obciążenia znamionowego największe różnice temperatury w rurach sąsiednich występują w górnej części połączenia ścian bocznych międzyciągu z komorą paleniskową i wynoszą 11 K.

W tej sytuacji uznano, że uszkodzenia ścian mogą powstawać jedynie w stanach nie ustalonych, a szczególnie zaś w czasie uruchamiania kotła (w czasie odstawiania kotła mogą powstawać różnice temperatury w ścianach, lecz są one mniejsze niż w czasie uruchamiania).

4. ODWADNIANIE ŚCIAN W CZASIE URUCHAMIANIA KOTŁA

Przyjmując, że główną przyczyną dużych różnic temperatury w przekroju poprzecznym ścian membranowych może być niedostateczne odwodnienie układu, na podstawie [4] przeanalizowano opis istotnych czynności związanych z uruchomieniem kotła ze stanu zimnej i gorącej rezerwy.

Z przedstawionego tam opisu wynika, że obojętnie od jakiego stanu początkowego przeprowadza się uruchomienie kotła, istnieje zawsze możliwość niedostatecznego odwodnienia ścian membranowych. W przypadku uruchamiania kotła ze stanu zimnego odwadnianie układu przegrzewaczy przeprowadza się dwukrotnie: pierwszy raz przed uruchomieniem i drugi raz w trakcie uruchamiania kotła przy ciśnieniu $0,2 \div 0,4$ MPa w przeciągu $1 \div 1,5$ min. Czas pierwszego odwadniania nie jest dokładnie określony, a uwzględniając fakt, że odwadnianie przeprowadza się nie "na lejek", lecz do układu zamkniętego, obsługa kotła nigdy nie ma pewności, że odwodnienie ścian jest prawidłowe. Poza tym czas drugiego odwadniania jest zbyt krótki, gdyż w wielu przypadkach na skutek trudności ruchowych, uruchomienie kotła wydłuża się i w stosunkowo chłodnych ścianach membranowych może się gromadzić większa ilość kondensatu. W przypadku zaś uruchamiania kotła ze stanu gorącego odwadnianie przegrzewaczy trwa około 1 min i przeprowadza się tuż po zapaleniu palników rozpałowych. Czas odwadniania nie zależy więc od parametrów początkowych kotła.

5. WARUNKI PRACY ŚCIAN MEMBRANOWYCH W CZASIE URUCHAMIANIA KOTŁA

Przy niedostatecznym odwodnieniu poszczególnych sekcji, w czasie uruchamiania kotła warunki pracy ścian membranowych są trudniejsze niż w stanach ustalonych. Oprócz niekorzystnego oddziaływania zgromadzonego w sekcjach kondensatu na przepływ pary do poszczególnych rur, duże znaczenie na kształtowanie się pola temperatury w ścianach ma także zróżnicowana długość odcinków rur nie ogrzewanych spalinami, zmiana obciążenia cieplnego wzdłuż szerokości kanału międzyciągu oraz charakterystyka hydrauliczna sekcji.

Jak wynika z analizy teoretycznej, o kształtowaniu się pola temperatury w ścianach membranowych decyduje początkowy okres uruchamiania kotła i przepływu pary w sekcjach. Spośród wszystkich rur włączonych w równoległy przepływ można wydzielić część, która - z punktu widzenia powstania przepływu - jest uprzywilejowana. W zależności od poziomu kondensatu w sekcjach i w/w, czynników w rurach tych może występować trwały przepływ pary, a w pozostałych rurach - z uwagi na małą jeszcze wydajność kotła - zastój. Może także zdarzyć się tak, że po krótkotrwałym pobudzeniu przepływu lub tylko po wy-

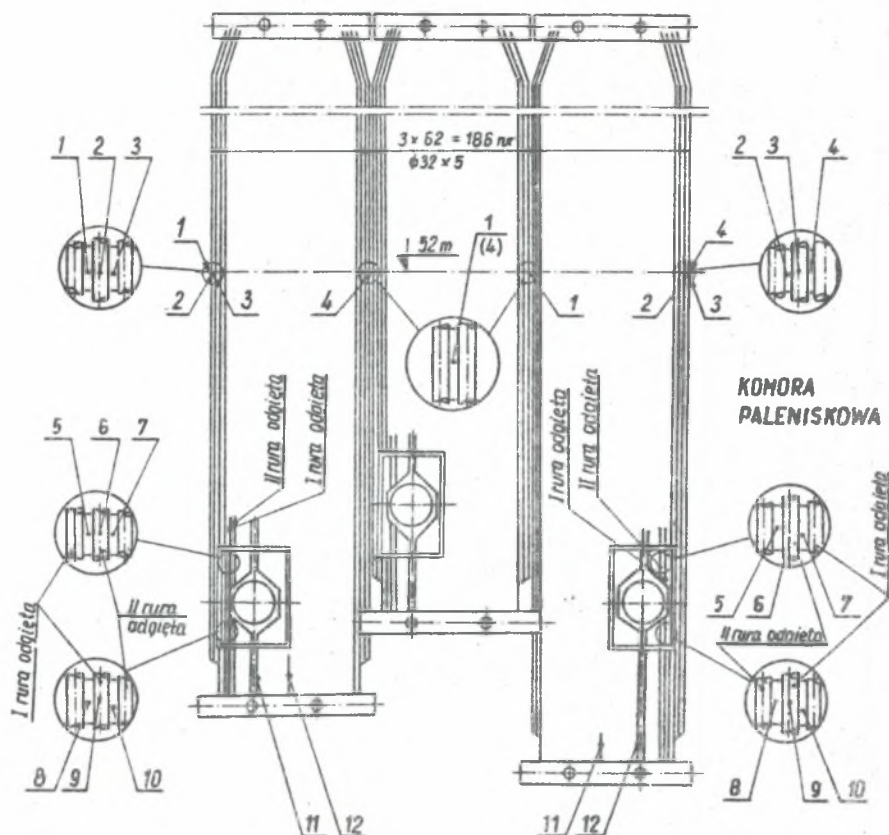
tyłoczeniu kondensatu na wyższy poziom, w nie ogrzewanych odcinkach rur kondensuje się lekko przegrzana para. W rurach tych występuje zastój, a para przepływa innymi rurami. Mogą również zdarzać się przypadki pośrednie, tzn. wytłoczenie kondensatu, krótkotrwały przepływ i dłuższy zastój przepływu. Te zróżnicowane warunki przepływu trwają dopóty, dopóki wydajność kotła nie osiągnie takiej wartości, przy której cała ilość zgromadzonego w sekcjach kondensatu nie odparuje lub nie zostanie wyrzucona z sekcji w postaci korków wodnych [5]. W tym czasie w dolnej, nie ogrzewanej części sekcji, w rurach chłodzonych przepływającą parą, temperatura metalu rur i płetw jest większa niż w rurach, w których trwa zastój. Różnice temperatury zależą od stanu, z jakiego następuje uruchomienie kotła. W ogrzewanej zaś części ścian obraz pola temperatury jest inny. W rurach chłodzonych parą temperatura metalu rur i płetw jest zbliżona do temperatury w części nie ogrzewanej. W rurach zaś nie chłodzonych przepływającą parą, mimo stosunkowo małego strumienia cieplnego przekazywanego do ścian, temperatura metalu jest znacznie większa.

Jak widać z powyższego, przy niedostatecznym odwodnieniu ścian w czasie uruchamiania kotła w ścianach membranowych powstaje nie ustalone, zależne nie tylko od szerokości, lecz także i od wysokości sekcji, pole temperatury, które może powodować duże naprężenia cieplne i mimo małego ciśnienia — opisane na wstępie uszkodzenia ścian.

6. WYNIKI BADAN

Pomiar temperatury metalu płetw i czynnika wewnątrz rur przeprowadzono przy pomocy termopar NiCr-Ni, umieszczonych w osłonie o średnicy 1,8 mm. Do pomiaru temperatury czynnika wewnątrz rur zastosowano tuleje o średnicy zewnętrznej 4,2 mm, a temperaturę metalu płetw mierzono w otworach skierowanych pod kątem około 45° do płaszczyzny ściany. W celu zapewnienia dobrego styku termopary, otwory wypełniono lutem twardym, a po jego stopieniu wkładano termopary. Termopar uszkodzonych nie demontowano, gdyż zachodziła obawa uszkodzenia termopar sąsiednich. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych pokazano na rys.2.

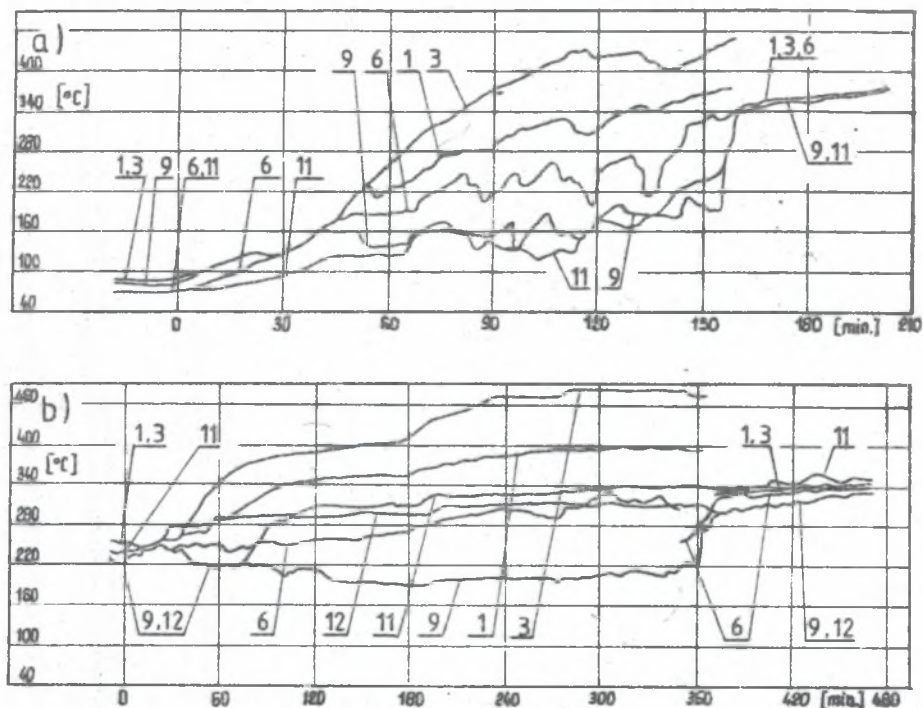
Po zainstalowaniu termopar okazało się, że spośród 24 szt. termopar sześć było niesprawnych. W tej liczbie były termopary, które wykazywały przerwę w obwodzie a także takie, których wskazania były niepewne. Wskazania termopar rejestrowano, a prędkość przesuwu taśmy rejestratorów wynosiła 60 ± 120 mm/godz. Pomiaru w czasie uruchamiania kotła ze stanu zimnej i go-



Rys.2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w ścianie membranowej

Fig.2. Arrangement of measuring points on a membrane wall

rącej rezerwy przeprowadzono pod koniec 1988 r., a wyniki badań zmian temperatury czynnika wewnątrz rur w sekcji stykającej się z komorą paleniskową przedstawiono na rys.3. Przyjmując, że wytypowane punkty pomiarowe są na tyle reprezentatywne, iż na ich podstawie można oceniać zjawiska zachodzące w ścianach membranowych w czasie typowego uruchamiania kotła "pod próżnią", z rys.3a widać, że do czasu wyrównania się przepływu w sekcji, tzn. do momentu, gdy parametry kotła wynosiły: wydajność większa niż 90 kg/s (325 t/h), temperatura pary $\approx 385^{\circ}\text{C}$, ciśnienie w walczaku $\approx 8,2\text{ MPa}$, a moc bloku 96 MW, w sekcji pomiędzy temperaturą mierzoną w punktach 3 i 11 wystąpiła różnica temperatury około 300 K. Wprawdzie różnica ta jest bardzo duża i potwierdza przypuszczenie, że w ścianach membranowych wystę-



Rys.3. Zmiana temperatury w sekcji stykającej się z komorą paleniskową przy niedostatecznym odwodnieniu ścian; a - uruchomienie ze stanu zimnej rezerwy, b - uruchomienie ze stanu gorącej rezerwy

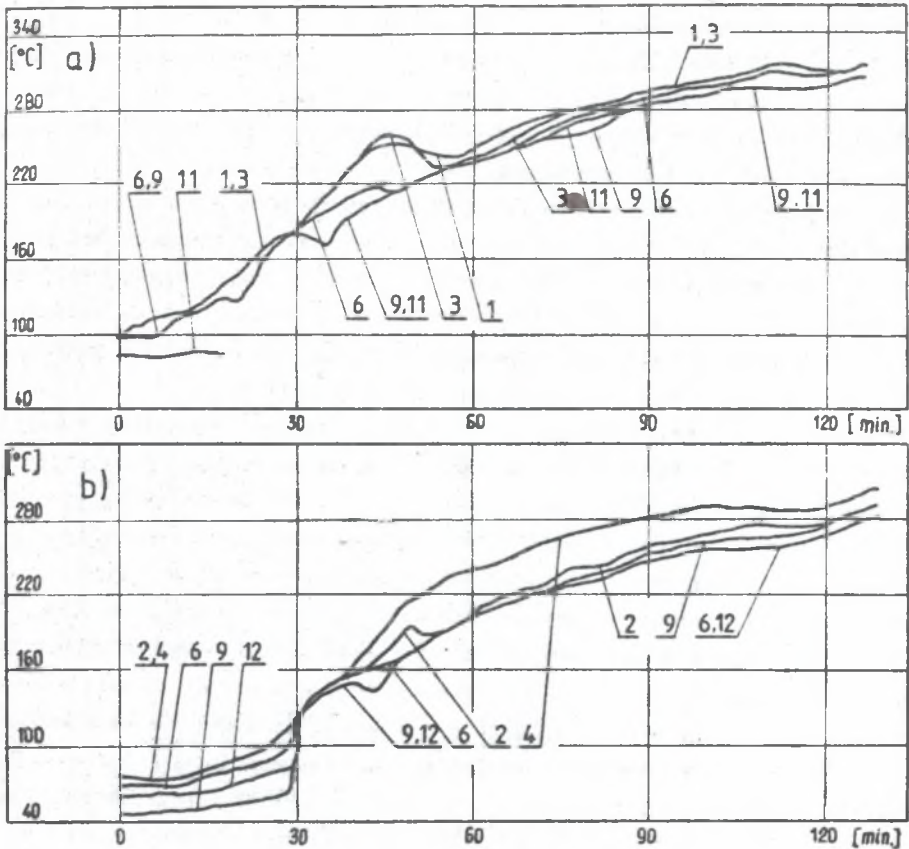
Fig.3. Changes of temperature on the membrane wall of a section connected with a combustion chamber when water is insufficiently removed from a wall for: a - cold start-up, b - warm start-up

puje nie ustalone płaskie pole temperatury, to jednak o trwałości ścian w większym stopniu decydują różnice temperatury w przekrojach bliżej położonych. Przykładem jest różnica temperatury ≈ 90 K wewnątrz pierwszej i drugiej rury odgiętej w obrębie okna włazowego. Na podstawie przebiegu temperatury (termopara Nr 6) widać, że w rurze przepływała okresowo para oraz większe korki wodne, które powodowały krótkotrwały zastój. Z porównania najwyższej temperatury w poszczególnych okresach jej wahań z temperaturą nasycenia w walczaku widać, że dopływająca do sekcji para była przegrzana o 25-10 K. Natomiast w pierwszej rurze odgiętej (termopara Nr 9) prawie przez dwie godziny występował zastój przepływu. Krótkotrwały wzrost temperatury był spowodowany przepływem korków parowych, po czym znów dopływał chłodniejszy kondensat. W strefie nie ogrzewanej, w rurze usytuowanej w połowie łoż-

gości komory zasilającej, w początkowym okresie uruchamiania kotła występował przepływ zbliżony do przepływu w pierwszej rurze odgiętej. Zwiększenia przepływu stwierdzono dopiero po dwóch godzinach, kiedy wydajność kotła przekroczyła 38 kg/s (138 t/h). Na podstawie zaś wskazań termopar Nr 1 i 3 oraz różnic temperatury, jakie wystąpiły w momencie wyrównywania się przepływu w sekcji, można uznać, że rura stykająca się z sekcją środkową była lepiej chłodzona niż rura stykająca się z komorą paleniskową.

Nie analizując tu szczegółowo zmian temperatury pokazanych na rys.3b, można stwierdzić, że w czasie nietypowego, spowodowanego trudnościami ruchowymi uruchamiania kotła ze stanu gorącej rezerwy, pole temperatury jest nieco inne, ale różnice temperatury - zbliżone. Oznacza to, że na kształtowanie się nie ustalonego pola temperatury w ścianach membranowych większy wpływ ma stan ich odwodnienia niż sposób uruchamiania kotła.

W tej sytuacji, wykorzystując istniejące punkty pomiarowe, zdecydowano się prowadzić próby nad wpływem czasu odwadniania na rozkład temperatury w ścianach membranowych. Należało także wyjaśnić, czy praktykowany sposób uruchamiania kotłów "pod próżnią", różniący się nieco od uruchamiania "na wydmuch", a zalecany przez dostawcę kotła, nie przyczynia się również do nierównomierności rozprywu pary do poszczególnych rur. Pierwsze pomiary w czasie uruchamiania kotła "na wydmuch" przy otwartych do momentu uzyskania ciśnienia w walczaku $0,4 \div 0,6 \text{ MPa}$ odwodnieniach włączonych do układu zamkniętego ujawniły, że mimo mniejszych - w stosunku do stanu poprzedniego - różnic temperatury w sekcjach, różnice te były jeszcze duże. W czasie dalszych prób, w celu zorientowania się o stanie odwodnień ścian, odwodnienia przełączono "na lejek". Wyniki badań takiego uruchomienia pokazano na rys.4. Z rysunku widać, że wcześniejsze zmiany temperatury występują w sekcji stykającej się z komorą paleniskową, gdzie obciążenia cieplne są większe. Początek przepływu wystąpił po 20 minutach od momentu rozpoczęcia rozpala-
nia kotła. Do czasu zamknięcia odwodnień (po 50 minutach) temperatury w obrębie okna włączowego jak również w strefie nie ogrzewanej praktycznie były równe (maksymalna różnica nie przekraczała 30 K). Wyższe od tych temperatur były temperatury w rurach skrajnych na poziomie 52 m . Po zamknięciu odwodnień, przy ciśnieniu w walczaku $\approx 1 \text{ MPa}$ i wydajności kotła 33 kg/s (120 t/h) nastąpiło wyrównanie przepływu w sekcji, a różnice temperatury były mniejsze niż 20 K . W sekcji stykającej się z II ciągiem początek przepływu wystąpił po 30 minutach od rozpalenia kotła. Nie licząc wskazań termopary Nr 4, która mogła ulec uszkodzenia, można przyjąć, że rozpryw pary do rur był równomierny.



Rys.4. Zmiana temperatury w czasie uruchamiania kotła po odwodnieniu ścian; a - sekcja stykająca się z komorą paleniskową, b - sekcja stykająca się z II-ym ciągiem

Fig.4. Changes of temperature when the boiler starting up after membrane wall was drained for; a - a section connected with a combustion chamber, b - a section connected with a flue gas canal

Badania rozkładu temperatury w sekcjach w czasie uruchamiania kotła "pod próżnią" ujawniły, że sposób uruchamiania kotła nie odgrywa istotnego znaczenia, a wyniki są zbliżone do pokazanych na rys.4. Z badań wynika także, że zakończenie procesu odwadniania ścian wyduka się, gazy kondensat jest odprowadzany do układu zamkniętego. Zadawalające wyniki uzyskuje się przy ciśnieniu w walczaku około 1,5 MPa i wydajności kotła większej niż 40 kg/s.

7. UWAGI KONCOWE

Uzyskanie - w stosunku do stanu poprzedniego - bardzo korzystnego rozkładu temperatury w obydwu badanych sekcjach ścian membranowych w czasie uruchamiania kotła spowodowało, że elektrownia uznała te wyniki jako zadowalające z punktu widzenia potrzeb eksploatacji i zrezygnowała z przeprowadzenia, wcześniej przewidzianych, badań rozszerzonych, a polegających na zainstalowaniu dodatkowych punktów pomiarowych w wybranej sekcji. W tej sytuacji należało zmienić przygotowany wcześniej program obliczania naprężeń cieplnych. Z konieczności zmieniony program umożliwi obliczanie naprężeń na podstawie symulowanego rozkładu temperatury w ścianie, uwzględniającego wyniki badań wstępnych.

Z informacji uzyskanych w elektrowni wynika także, że w ciągu ostatniego roku eksploatacji, tj. po wprowadzeniu zmian w sposobie odwadniania ścian, zdarzyły się jeszcze dwa przypadki uszkodzeń ścian. Obecnie trudno jest powiedzieć, czy wprowadzone zmiany w sposobie odwadniania ścian są jeszcze niedostateczne, czy też uszkodzenia są konsekwencją nie zauważonych drobnych pęknięć powstałych w okresie wcześniejszym. Należy przypuszczać, że wyjaśnienie tego zagadnienia rozstrzygnie się w ciągu najbliższych kilku miesięcy.

LITERATURA

- [1] Rzepa K.; Analiza pól temperaturowych w elementach ścian membranowych kotłów. Praca doktorska, Wrocław 1974.
- [2] Teplovoy rasčet kotła. Dokumentacja dostawcy kotła.
- [3] Rzepa K.; Przyczyny nadmiernego wzrostu temperatury pary międzystopniowej w kotłach EP-650-137. Raporty Inst.Tech.Ciepl.i Mech.Płynów PWr, seria SPR, Nr 28/88.
- [4] Instrukcja eksploatacji kotła, Połaniec 1983.
- [5] Gwynar L.; Rozruch kotłów parowych, WNT, Warszawa 1981.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Ludwik GWYNAR

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПУСКА КОТЛОВ ЕР-650 НА УСТОЙЧИВОСТЬ МЕМБРАННЫХ СТЕН

Резюме

После 2-3 лет эксплуатации импортных котлов /модель ТПЕ 209/ к блоку 200МВ замечено повреждение мембранных стен, охлаждаемых свежим паром. Повреждения имеют характер отрыва материала труб под плавником. Оценка условий работы стен показала, что причиной повреждения являются большие тепловые напряжения, которые выступают во время пуска котлов, когда мембранные стены недостаточно дренированы. В части труб стены проходит перегретый пар, а в остальных трубах находится холодный конденсат. В стене возникает нестационарное двухмерное поле температуры. Исследования показали, что во время пуска котла в соседних трубах мембранной стены возникают разницы температур до около 150К, а разницы температур между наибольшими и наименьшими значениями достигают даже до 300К. С целью ограничения разниц температур предложено увеличение времени дренирования стен. Испытания показали, что очень малые разности температуры в стенках /около 20К/ возникают тогда, когда дренирования открыты до момента, когда давление в барабане составляет около 1,5 МПа, а паропроизводительность котла больше, чем 40 кг/с.

THE INFLUENCE OF START-UP CONDITIONS OF EP 650 BOILERS ON THE MEMBRANE WALLS DURABILITY

Summary

The failure of the membrane walls which are cooled by live steam took place after 2-3 years of exploitation of the imported boilers (model TPE 209) for 200 MW units. The failure boils down to the ruptures of the tube material under the fin. The estimation of the operating conditions revealed, that the failure results from the thermal stresses which take place during boiler start-up. In that period the membrane walls are insufficiently drained. In some part of the tubes flows the superheated steam while in the rest there is cold condensate. As a result the unsteady two-dimensional temperature field arises in the walls. The investigations have confirmed this assumption as well as revealed that during the boiler start-up there are the temperature differences of 150 K in the neighbouring tubes of the membrane wall. Moreover, it was found that the difference between the highest and the lowest temperatures amounts to 300 K. To confine the temperature differences one should propose the time extension of the wall drainage. It was found that very small temperature difference in the walls (approx. 20 K) takes place then, when the drain valves are opened until the pressure in the drum equals to 1,5 MPa and the steaming rate of the boiler is bigger than 40 kg/s.