

Ludwik Cwynar

Instytut Energetyki

WPLYW WARUNKÓW URUCHAMIANIA NA KIERUNKI ROZWOJU KONSTRUKCJI KOTŁOWYCH

Streszczenie. Omówiono wybrane procesy zachodzące w kotłach podczas wyłączania z ruchu i uruchamiania, i na tym tle zmiany poszczególnych węzłów kotłów walczakowych i przepływowych. Zmiany te przystosowują konstrukcje do warunków pracy występujących podczas uruchamiania lub ograniczają niekorzystne przebiegi procesów ciepłno-przepływowych. Wykazano, że stosowane obecnie w praktyce rozwiązania kotłów są modyfikacjami dwóch podstawowych systemów, t.j. kotła walczakowego z naturalnym obiegiem wody i kotła przepływowego.

1. Wstęp

W procesie uruchamiania kotła, z uwagi na zmiany temperatur wywołujące ce w grubociennych elementach dodatkowe naprężenia termiczne, akumulację ciepła i zmiany w proporcjach przejmowanego ciepła przez poszczególne powierzchnie ogrzewalne, zmieniają się również warunki pracy poszczególnych jego elementów. Badania warunków wyłączania z ruchu i uruchamiania kotłów prowadzone szeroko w kraju i za granicą przyczyniły się nie tylko do podniesienia poziomu eksploatacji, ale wywarły widoczny wpływ na rozwiązania projektowe szybko rozwijających się konstrukcji kotłowych.

Każda nowoczesna konstrukcja i układ rozruchowy kotła muszą gwarantować osiągnięcie m.in. dwóch podstawowych celów [1]:

- a/ zapewnienie niezbędnego przepływu wody w rurach parownika podczas uruchamiania i przy niskich obciążeniach,
- b/ zabezpieczenie przegrzewacza pary przed przedostaniem się wody - rozruch z tzw. suchym przegrzewaczem pary.

Dla rozruchu kotła istotne są ponadto inne korzystne cechy, jak: elastyczność, szczelność układu młynowo-paleniskowego i kanałów spalinowych, dobra izolacja zwłaszcza dolnych części parownika i innych. |

W referacie omówiono wybrane, najważniejsze procesy zachodzące w kotłach podczas wyłączania z ruchu i uruchamiania, i na tym tle zmiany poszczególnych węzłów kotłów walczakowych i przepływowych. Zmiany te przystosowują konstrukcje do występujących warunków pracy lub łagodzą niekorzystne przebiegi procesów ciepłno-przepływowych.

2. Parametry znamionowe kotła

Powierzchnie ogrzewalne kotła parowego, dobrane dla warunków znamiono-

wych, podzielić można na dwie grupy:

- podgrzewacz wody i parownik służą do podgrzania i odparowania wody,
- przegrzewacz pary służy do podgrzewu pary od temperatury nasycenia do wartości niezbędnej do podania jej do turbiny.

Liczba, określająca stosunek przyrostu entalpii czynnika roboczego w przegrzewaczu pary $\Delta i_p + \delta \Delta i_p$ do przyrostu w podgrzewaczu wody Δi_e i w parowniku Δi_o

$$\psi = \frac{\Delta i_p + \delta \Delta i_p}{\Delta i_e + \Delta i_o}; \quad \delta \Delta i_p = 0,1 \Delta i_p$$

charakteryzuje parametry znamionowe kotła i wielkość jego powierzchni ogrzewalnych. Przykładowo jej wartości dla trzech charakterystycznych znamionowych parametrów pary wynoszą:

| | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| dla $p_p^z = 4,0$ MPa, | $t_p^z = 450$ °C, | $\psi^z = 0,26$, |
| dla $p_p^z = 11,0$ MPa, | $t_p^z = 510$ °C, | $\psi^z = 0,42$, |
| dla $p_p^z = 15,0$ MPa, | $t_p^z = 540$ °C, | $\psi^z = 0,56$. |

Wartość tej liczby wynika z własności termodynamicznych wody i pary.

/Oznaczenia: z - u góry symbolu - warunki znamionowe, r - warunki rozruchu/.

Z analizy przebiegu ψ dla różnych kotłów [1] podczas uruchamiania wynika:

1. zawsze $\psi^r < \psi^z$,
2. im wyższe są parametry znamionowe kotła tym zróżnicowanie ψ^r i ψ^z jest większe.

Wynika z powyższego, że powierzchnie ogrzewalne kotłów, zaprojektowane dla parametrów znamionowych w warunkach uruchamiania są "niewłaściwie" dobrane. "Mały" parownik wysokoprężnego kotła walczakowego nie może w warunkach uruchamiania wyprodukować odpowiedniego strumienia pary o niskim ciśnieniu /duże ciepło parowania r/ niezbędnego do chłodzenia "dużego" przegrzewacza pary.

Ponadto podczas uruchamiania kotła obowiązuje zależność [1]

$$D^r (i'' - i_{wl}^r) = Q_o^r - Q_{ak}^r$$

co oznacza, że strumień pary rozruchowej D^r tworzy się tylko z części ciepła Q_o^r przejętego przez parownik, znaczna zaś część ciepła Q_{ak}^r jest akumulowana w masach akumulacyjnych parownika. Wartość strumienia ciepła akumulowanego w parowniku wynosi [1]

$$Q_{ak}^r = A_k \cdot \frac{dt_n}{dt}$$

jest więc liniowo zależna od zdolności akumulacyjnej A_k i od szybkości rozruchu $dt_n/dt / t_n$ - temperatura nasycenia/. Większe więc przy niższym

od znamionowego ciśnienia ciepło parowania "r" i mniejszy strumień na produkcję pary powodują, że strumień pary rozruchowej jest mały, tym mniejszy im większa jest szybkość rozruchu [1].

Z powyższego wynika wniosek, że w przypadku przedymensjonowania przegrzewacza pary $\sigma \Delta i_p \ll 0,1 \Delta i_p$, co uwiadcza się nadmiernym strumieniem wody wtryskowej już w warunkach znamionowych, rozruch takiego kotła przebiega szczególnie niekorzystnie.

3. Stygnięcie parownika, wyrównywanie temperatur góra - dół. ukształtowanie rur odprowadzających mieszaninę parowo-wodną w kotłach o naturalnym obiegu wody

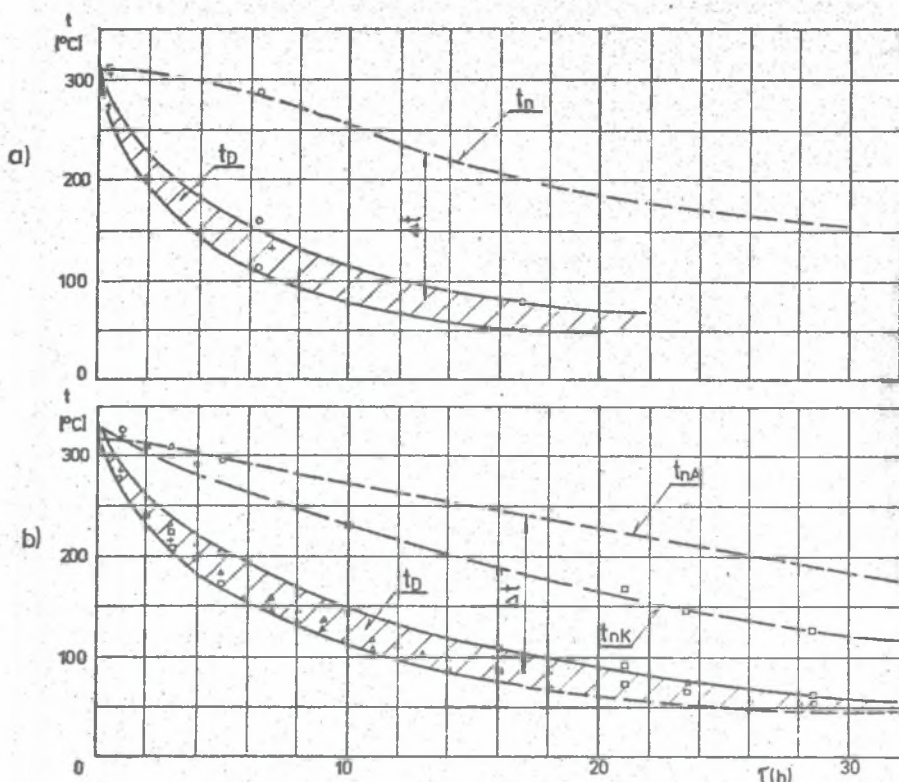
Kocioł stygnie nierównomiernie. Temperatura wody i elementów ciśnieniowych w górnej części t_n zdecydowanie przewyższa temperaturę najniższej położonych elementów parownika t_D - rys.1.

Dopiero po dłuższym postoju /ok. 2 doby/ następuje wyrównanie temperatur. W tej sytuacji nie ma warunków powstania naturalnego obiegu wody w parowniku wcześniej niż nastąpi wyrównanie temperatur górnych i dolnych jego części /rys.2/. Dodatkowym utrudnieniem jest rozwiązanie konstrukcyjne przewidujące znaczne przewyższenie rur odprowadzających mieszaninę parowo-wodną z parownika do walczaka. Im przewyższenie rur ponad poziom wody w walczaku h_2 /rys.3/ jest większe tym mniej korzystne są warunki powstawania obiegu wody podczas uruchamiania. W przypadku $h_2 = 0$, już po wyrównaniu temperatur w parowniku, naturalny obieg wody występuje nawet przy nieznacznym obciążeniu cieplnym. Dobra izolacja zwłaszcza dolnych części komór paleniskowych oraz należyta ich szczelność są korzystnymi cechami rozwiązań znacznie ograniczających ujemny wpływ nierównomiernego stygnięcia parowników kotłów podczas wyłączenia z ruchu.

Oceniając przydatność stosowanych obecnie schematów parowników kotłów wysokoprężnych należy podkreślić, że układ kotła walczakowego wyposażony w pompy wspomagające czy pompy obiegowe /typ La Monta/ stwarza korzystniejsze warunki pracy parownika podczas uruchamiania, nawet przy niekorzystnym odprowadzeniu mieszanki parowo-wodnej do walczaka, gdyż umożliwia szybkie wyrównanie temperatur w całym parowniku niezależnie od intensywności i równomierności ogrzewania poszczególnych konturów obiegu wody. Umożliwia to znaczne skrócenie czasu rozruchu.

4. Układy rozruchowe obiegu wody w kotłach przepływowych

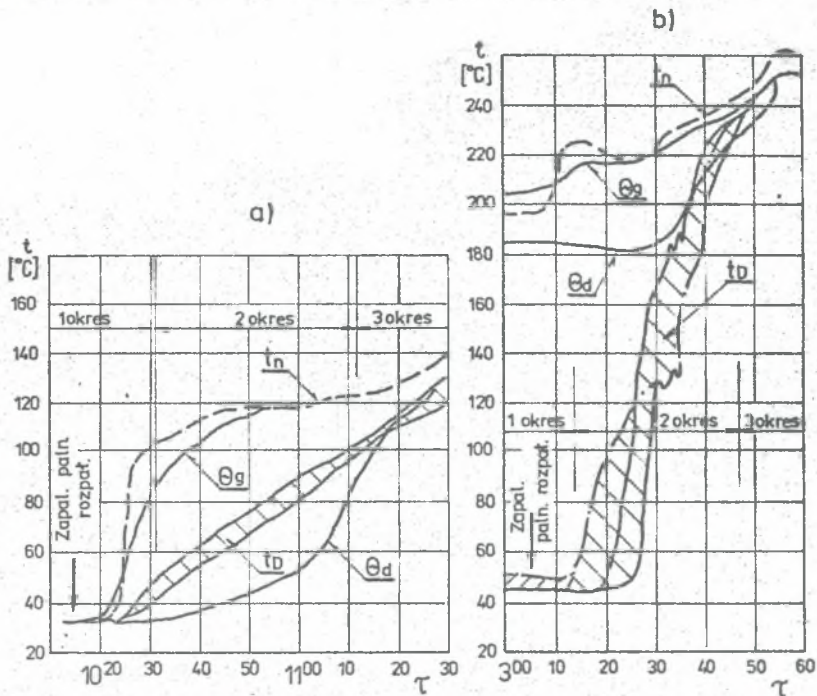
W kotłach przepływowych lub ze wspomaganym obiegiem wody, wymuszony przepływ wody w rurach parownika o intensywności niezbędnej do zapewnienia stabilności przepływu, prowadzi do szybkiego wyrównania temperatur góra-dół parownika, gwarantując dobre chłodzenie węzłowiec od początku uruchamiania. Mankamentem jednak rozwiązań kotłów przepływowych /nie przystosowanych do rozruchu/ jest brak możliwości odprowadzenia nadmier-



Rys.1. Przebieg naturalnego stygnięcia parowników kotłów typu: a/ OP230, b/ OP380b; t_n - temperatura nasycenia dla ciśnienia w walczaku /elektrownia A i K/; t_p - obszar zmian temperatur metalu i czynnika dolnych części parownika; t - różnica temperatur "górn-dół" kotła.

Fig.1. Variation of natural cooling of evaporators of boilers: a/ OP230, b/ OP380b; t_n - saturation temperature for drum pressure /power plant A and K/; t_p - area of temperature changes of metal and medium for lower parts of a evaporator; t - temperature difference for "high-low" elements of a boiler.

nej ilości wody z parownika bez schłodzenia przegrzewacza /niebezpieczne dla grubościennych jego elementów/. Wynika to stąd, że w ruchu ustalonym parownik wypełnia mieszanina parowo-wodna o zmiennym udziale wody /od 100% do 0%/. Podczas wyłączenia z ruchu parownik zapełnia się wodą. Masa więc czynnika roboczego w rurach na początku rozruchu jest zdecydowanie większa. Uruchamiając przepływ wody po zapaleniu palników zachodzi konieczność odprowadzenia nadmiaru wody z parownika. W kotłach nie przygotowanych woda przepływa przez kolejne stopnie przegrzewacza schładzając wszystkie jego elementy do temperatury nie wyższej niż temperatura nasycenia /dla danego podczas rozruchu ciśnienia/. Stąd uruchomienie po krótkim postoju jest niebezpieczne dla grubościennych komór, gdyż następuje ich gwałtowne schłodzenie mogące spowodować nawet pęknięcia na po-



Rys.2. Przebieg wyrównywania temperatur w walczaku i parowniku kotła OP380b podczas uruchamiania; a/ nagrzewanie walczaka - rozruch ze stanu zimnego; b/ wyrównywanie temperatury w parowniku - rozruch po ok. 27 h postoju; t_n , t_D - jak na rys.1; θ_g , θ_d - temperatury górnej i dolnej tworzącej walczaka; 1,2,3 - okresy /etapy/ uruchamiania.

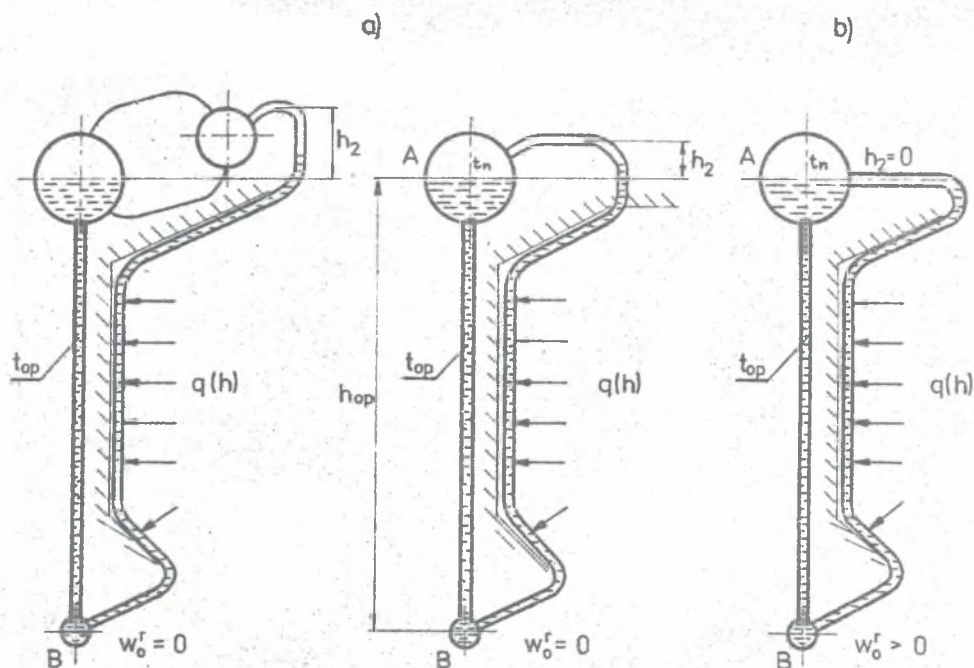
Fig.2. Variation of temperature levelling in a drum and a boiler evaporator OP380b during start - up; a/ drum heating - start up from cool state; b/ temperature levelling in a evaporator - start up after 27 h of a standstill; t_n , t_D - as in FIG.1; θ_g , θ_d - temperature of high and low line of a drum; 1,2,3 - stages of start-up.

wierzchni wewnętrznej /szok temperaturowy/. Ponadto straty rozruchowe takiego kotła przepływowego są znacznie większe od strat występujących podczas rozruchu kotła walczakowego podobnej mocy.

Chcąc wyeliminować występujące niedogodności rozruchowe kotłów przepływowych stosuje się w rozwiązaniach nowoczesnych tzw. wodooddzielacz /séparator pary - butla Sulzera/ zapobiegający podczas rozruchu przedostawaniu się wody do przegrzewacza pary [3], upodabniający rozruch kotła przepływowego do rozruchu kotła walczakowego. Ma to duże znaczenie zwłaszcza podczas rozruchu po krótkim wyłączeniu kotła z ruchu.

5. Kształtowanie przegrzewaczy pary

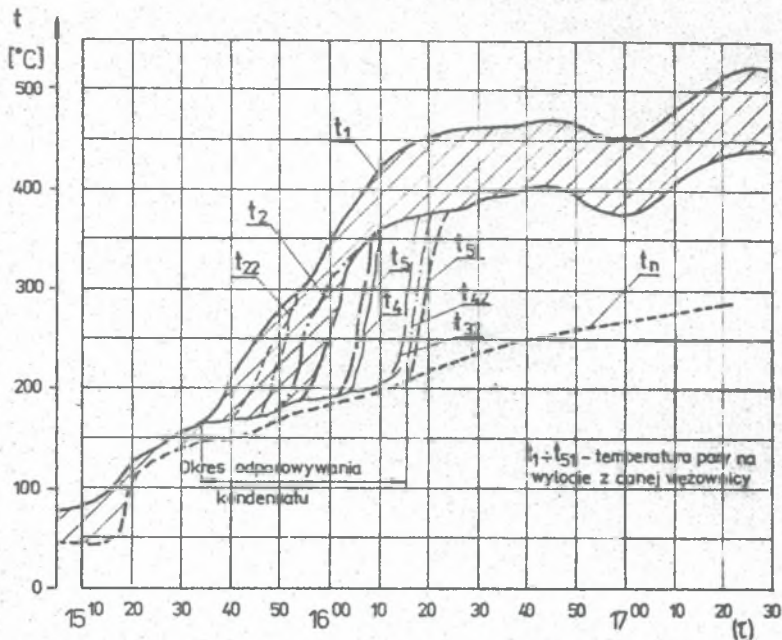
W większości krajowych kotłów przegrzewacze pary są nieodwadnialne /wiszące/. Ustalone warunki pracy tak rozwiązanych stopni przegrzewaczy



Rys.3. Charakterystyczne rozwiązania rur odprowadzających mieszaninę parowo-wodną do walczaka; a/ wprowadzenie rur do przestrzeni parowej walczaka; b/ wprowadzenie rur na poziomie lub poniżej lustra wody.

Fig.3. Characteristic contractions of pipes taking off steamwater mixture to a drum; a/ inlet of tubes to steam space of a drum; b/ inlet of tubes at the water level or below.

są poprawne. Po wyłączeniu kotła z ruchu, na skutek wentylacji kanałów spalinowych chłodnym powietrzem, w wiszących pętlach węzownio gromadzi się kondensat. Ilość tego kondensatu w różnych węzownicach jest różna. Stąd też podczas uruchamiania czas jego odparowania jest różny. Przepływ więc pary występuje tylko w tych węzownicach, w których odparował kondensat lub został wyrzucony w postaci tzw. korków wodnych - rys.4. W miarę zwiększania się liczby węzownio, przez które płynie para, następuje spadek całkowitego oporu przepływu przez stopień, co opóźnia wyrzucenie kondensatu z ostatnich węzownio. Ogólnie można stwierdzić, że przepływ pary przez wszystkie węzownice występuje dopiero po całkowitym odparowaniu kondensatu ze wszystkich węzownio. Do tego momentu rozruch należy prowadzić tak, aby temperatura gazów spalinowych przed pierwszym od kotłory paleniskowej stopniem przegrzewacza nie przekraczała temperatury dopuszczalnej dla materiału danego stopnia. Nawet takie postępowanie /chroniące węzownice przed przepaleniem/ nie zabezpiecza ich przed występującymi szokami termicznymi powodującymi niszczenie wewnętrznych warstw ochronnych.



Rys.4. Przebieg temperatur pary na wylocie z węzownic II stopnia przegrzewacza pary kotła OP-230 podczas uruchamiania po ok. 30 h postoju 1, 2 ... 51 - numery węzownic.

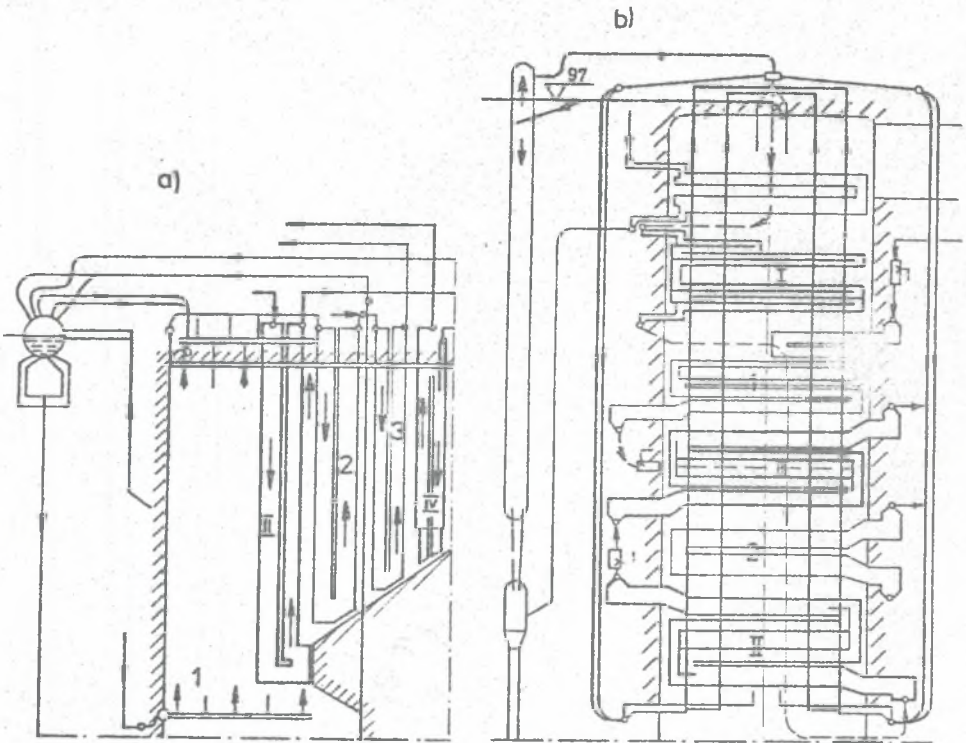
Fig.4. Variations of steam temperatures at the outlet from of the second section of a superheater of tubes OP-230 during start-up after 30 h of a standstill; 1, 2 ... 51 - tube numbers.

Wszystkie opisane niedogodności eliminują rozwiązania z odwadnialnymi stopniami przegrzewaczy zwłaszcza stopni umieszczonych w strefach największych obciążeń cieplnych /grodziowe/. Przykładem rozwiązania z przegrzewaczami całkowicie odwadnialnymi jest kocioł BB-1150 i BP-1150 /rys. 5b/. Wykonywane obecnie modernizacje starych kotłów powinny przewidywać zastępowanie nieodwadnialnych grodziowych stopni przegrzewacza stopniami odwadnialnymi. Wymóg ten wynika z warunków uruchamiania.

Konieczność zapewnienia dostatecznych warunków chłodzenia podczas uruchamiania wyeliminowała układy przewidujące umieszczenie stopni przegrzewaczy w strefach silnie obciążonych cieplnie /ekrany komór spalania/. W kotłach z wtórnym przegrzewem pary nie można było jednak zrezygnować całkowicie z powierzchni ogrzewalnych przegrzewaczy półopromieniowanych umieszczonych w górnej części komory spalania.

6. Elastyczność kotłów

Wobec braku w naszej energetyce liczących się jednostek cieplnych szczytowych wszystkie instalowane kotły i bloki ciepłe powinny spełniać podstawowe wymagania ruchu przerywanego. Oznacza to, że wszystkie ich układy i elementy powinny być przystosowane do szybkich zmian temperatur



Rys.5. Rozwiązania przegrzewaczy pary: a/ stopnie nieodwadnialne /kocioł AP-1650/; b/ stopnie odwadnialne /kocioł BP-1150/; I...II - stopnie przegrzewacza pary świeżej; 1...3 stopnie przegrzewacza pary wtórnej.

Fig.5. Constructions of superheaters; a/ non-dewatering sections /boiler AP-1650/; b/ dewatering sections /boiler BP-1150/; I...III - sections of live steam superheater; 1...3 - sections of secondary superheater.

i obciążen. Warunki te znacznie lepiej spełniają kotły przepływowe. Pomijając zagadnienia kosztów inwestycyjnych, o wyższości współczesnych kotłów bezwałczakowych /przepływowych/ nad wałczakowymi decyduje przede wszystkim ich elastyczność - cecha niezbędna dla spełnienia wymagań poprawnego rozruchu. Wałczak bowiem, jako element o dużej grubości ścian, ogranicza szybkości zmian temperatur. Drugą ujemną cechą, istotną zwłaszcza przy pracy na parametrach poślizgowych, jest większa pojemność akumulacyjna kotła wałczakowego.

7. Instalacje do rozpalania kotłów

Opis i wymagania instalacji do rozpalania kotłów podano w [1].

W związku z wymogami oszczędności oleju opałowego i gazu - paliw powszechnie stosowanych do rozpalania kotłów - prowadzone są intensywne prace nad zastąpieniem ich pyłem węglowym. Już w latach pięćdziesiątych kotły

z pośrednimi zasobnikami pyłu były dość powszechnie wyposażane w pyłową instalację do rozpalania i tzw. palniki muflowe [6]. Celowym byłoby przeprowadzenie wszechstronnych badań warunków uruchamiania kotłów i bloków wyposażonych w pyłową instalację rozpalową.

6. Kontrola warunków pracy kotłów podczas uruchamiania

Podstawowym zadaniem kontroli warunków pracy elementów kotłów jest informowanie obsługi o przebiegu parametrów opisujących procesy zachodzące m.in. w stanach nieustalonych, co umożliwia operatywne działanie w celu zabezpieczenia urządzeń lub ich elementów przed przekraczaniem dopuszczalnych wartości tych parametrów. Z uwagi na duże koszty związane z instalowaniem i utrzymywaniem /konserwacją/ poszczególnych obwodów pomiarowych podstawowym kryterium celowości każdego specjalnie zainstalowanego punktu kontrolnego jest niezbędność informacji dostarczanej za jego pośrednictwem do poprawnego prowadzenia rozruchu kotła /bloku/.

Tradycyjne metody kontroli warunków rozruchu kotłów z wtórnym przejrzeniem pary nie mogą spełnić w eksploatacji dobrze swego zadania ze względu na ograniczone możliwości analizy licznych informacji przez obsługę. Lepsze są syntetyczne układy kontrolno-pomiarowe, które pomimo mniejszej niż w układach tradycyjnych liczby punktów pomiarowych, zapewniają kontrolę warunków pracy urządzeń we wszystkich sytuacjach ruchowych /ustalonych i nieustalonych/ [4], [5].

9. Wnioski

1. Wyniki badań warunków uruchamiania kotłów /bloków/ prowadzone w kraju i za granicą wywarły widoczny wpływ na rozwój konstrukcji kotłowych. Obecnie nie buduje się kotłów, które nie spełniałyby podstawowych wymagań poprawnego ich uruchamiania. Stopień przystosowania kotłów do warunków uruchamiania uzależniony jest od charakteru przewidywanej pracy /praca podstawowa - bez wyłączeń, praca szczytowa - z częstymi i wyłączeniami/.
2. Analizując rozwój konstrukcji kotłów walczkowych o naturalnym obiegu wody i przepływowych można stwierdzić, że obecnie stosowane w praktyce rozwiązania są modyfikacjami dwóch wyżej wspomnianych systemów podstawowych. Wszelkie modyfikacje tych dwóch podstawowych systemów powstały z myślą przystosowania konstrukcji do pracy w warunkach nieustalonych a zwłaszcza poprawnego i ekonomicznego uruchamiania. Rozwój kotła walczkowego zdąża w kierunku uzyskania pozytywnych cech rozruchowych kotła przepływowego, natomiast w układach kotłów przepływowych coraz częściej występują elementy umożliwiające wykorzystanie podczas uruchamiania dodatnich cech kotła walczkowego /np. zabezpieczenie przegrzewacza przed przedostawaniem się wody, mniejsze straty rozruchowe/.

3. Kotły walczakowe na wysokie parametry pary są mniej przydatne do warunków uruchamiania od kotłów średnio i niskoprężnych, co wynika z własności termodynamicznych wody i pary oraz znacznych grubości ścian elementów ciśnieniowych ograniczających dopuszczalne szybkości zmian temperatur.
4. Warunki do powstania naturalnego obiegu wody podczas uruchamiania występują dopiero po wyrównaniu temperatur "górnego-dół" parownika. Przez odpowiednie ukształtowanie rur odprowadzających mieszaninę parowo-wodną z parownika można polepszyć obieg wody nawet przy niskich obciążeniach cieplnych. W kotłach przepływowych, ze wspomaganym obiegiem wody lub z pompami obiegowymi warunki chłodzenia rur parownika są korzystne od początku rozruchu.
5. Wymogiem poprawnego rozruchu kotła jest zabezpieczenie przegrzewacza przed przedostawaniem się wody kotłowej. Warunek ten jest spełniony w kotłach walczakowych a w kotłach przepływowych osiąga się cel stosując tzw. wodooddzielacz. Rozwiązania stopnie przegrzewacza z poziomym układem rur /stopnie odwadniające/ są korzystniejsze w warunkach rozruchu od rozwiązań z pionowym układem rur /stopnie nieodwadniające/ i należy je stosować zwłaszcza do powierzchni ogrzewalnych przegrzewaczy o dużym obciążeniu cieplnym /np. stopnie grodziowe/.
6. Poprawne rozwiązanie kontroli warunków pracy elementów i układów kotła podczas rozruchu jest **n**iemniej ważne od starannego rozwiązania samego kotła i umiejętności prowadzenia uruchamiania. Z uwagi na złożoność procesu uruchamiania kotła zwłaszcza w układzie blokowym oraz szybkie zmiany w czasie przebiegu wielkości decydujących o bezpieczeństwie pracy obsługi i urządzeń należy stosować syntetyczne układy kontrolno-pomiarowe analizujące procesy i dające odpowiedzi ułatwiające prowadzenie kotła.

LITERATURA

- [1] Cwynar L.: Rozruch kotłów parowych. WNT, Warszawa 1978, 1981.
- [2] Praca zbiorowa: Zalecenia dotyczące elastyczności cieplnej bloków energetycznych. Oprac. IEN i E-pomiaru nr ewid. 11380-d, Warszawa 1976 r.
- [3] Cwynar L.: Układy rozruchowe obiegu wody w kotłach przepływowych. Archiwum Energetyki 1982 nr 2.
- [4] Cwynar L.: Kontrola termicznych warunków pracy elementów ciśnieniowych kotła. Dozór Techniczny: cz.I - 1979 nr 3; cz.II - 1979 nr 4.
- [5] Cwynar L.: Technicznie uzasadniona kontrola pracy kotłów. Energetyka 1983 nr 5 /Biul. Inst.Energ./.
- [6] Bogucki B., Świrski J., Wróblewska V.: Instalacja do rozpalania kotłów pyłem węglowym. Energetyka 1985 nr 11 /Biul. Inst.Energ./.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЗАПУСКА НА НАПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЯ КОТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Р е з ю м е

Проведено анализ влияния номинальных параметров котла на условия его работы во время запуска. Опираясь на результаты исследований выключения и запуска барабанных котлов разных параметров и конструкции определено значительное влияние решений отдельных элементов на их пригодность к запуску. Оценивая развитие конструкции барабанных котлов с естественной циркуляцией воды и прямоточных котлов установлено, что современные решения являются модификациями двух выше названных основных систем. Эти модификация возникли с целью приспособления конструкции к правильному и экономичному запуску. Такую цель выполняет, между прочим, решение предусматривающее применение сепарационного баллона в циркуляции прямоточного котла охраняющее перегревателя пара от попадания воды или циркуляционного водяного насоса обеспечивающие быстрое выравнивание температур в трубах демфера и хорошие условия их охлаждения. Рассматривая изменения в конструкционных решениях демферов или подогревателей пара, обращено внимание на необходимость увеличения их эластичности. Обосновано большое влияние решения систем контроля работы элементов котла на возможность проведения правильного выключения и запуска.

THE INFLUENCE OF START-UP CONDITIONS ON DIRECTIONS
OF BOILER CONSTRUCTION DEVELOPMENT

S u m m a r y

The analysis of influence boiler nominal parameters on its working conditions during start-up has been carried out. Basing on results of research of start-up and shutt-down conditions of drum boilers of various parameters and constructions, substantial influence of solutions of particular elements on their usefulness to start-up has been designated. Estimating the development of constructions of drum boilers with natural circulation and once - through boilers, it has been stated that present solutions are modifications of that two basic systems above-mentioned. These modifications have been developed with the idea of application of constructions to faultless and economical start-up conditions such an aim is received, among others, by a solution applying a separating bottle in circulation system of once - through boiler protecting a superheater from water intake, or a circulating pump providing quick temperature levelling in evaporator and their good cooling conditions. Discussing changes in constructional solutions of evaporators and superheaters, attention was paid to the necessity of improvement of their

flexibility. A big influence of the solution of work control systems of boiler elements on possibility of faultless start-up and shutt-down has been predicted.

Recenzent: Prof. mgr inż. Piotr Orłowski

Wpłynęło w marcu 1986 r.