ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: ENERGETYKA z. 120 Nr kol. 1260

Ludwik CWYNAR
Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych,
Politechnika Śląska, Gliwice

WPŁYW SCHEMATU PRZEPŁYWOWEGO PRZEGRZEWACZA PARY NA ROZKŁAD TEMPERATUR W KOMORACH WYLOTOWYCH STOPNI

Streszczenie. W referacie przedstawiono nierównomierności temperatury materiału występujące w rozmaitych miejscach komór wylotowych stopni przegrzewaczy, uwarunkowane rozrzutem temperatur pary na wylocie z poszczególnych wężownic i schematem przepływowym przegrzewacza. Przedstawiona analiza pozwala wyjaśnić przypadki zróżnicowanego zużycia się pozornie podobnych elementów, jednak pracujących w innym układzie przepływowym.

THE INFLUENCE OF THE FLOW SYSTEM OF THE SUPERHEATER ON THE TEMPERATURE DISTRIBUTION IN END HEADERS

Summary. The paper presents the irregularities of the temperature of headers caused by the differences of steam temperature on the outlet of the coils. The analysis explains why seemingly the same elements have different service life.

EINFLUß DER DURCHFLUßSCHEME DES ÜBERHITZERS AUF DIE TEMPERATURVERTEILUNG IN DEN HEIßDAMPFSAMMLERN

Zusammenfassung. Die Ungleichmäßigkeiten der Materialtemperatur von Heißdampfsammler, die durch eine ungleichmäßige Dampftemperaturen in Rohrschlangen hervorgerufen sind, wurden beschrieben. Die durchgeführte Analyse erleutet warum scheinbar ähnliche Elemente verschiedene Lebensdauer aufweisen, was durch eine andere Durchflußscheme verursacht ist.

1. WPROWADZENIE

Podstawowym parametrem decydującym o czasie bezpiecznej eksploatacji komór przegrzewaczy pary pracujących w warunkach pełzania jest rzeczywista temperatura pracy. Temperatura ta powinna być niższa od obliczeniowej, wyznaczonej na podstawie obliczeń cieplnych kotła, z uwzględnieniem nadwyżek wynikających z tolerancji obliczeń czy możliwego zwiększenia jej rzeczywistej wartości przy zmianie warunków pracy kotła. Nadwyżki te wynikają również z możliwości korekty temperatury na dolocie do stopnia, przez schładzanie pary (w przypadku przewymiarowania I stopnia przegrzewacza – przed pierwszym schładzaczem pary – nie ma możliwości korygowania temperatury pary za stopniem i wówczas rzeczywista temperatura pracy komór wylotowych może znacznie przewyższać temperaturę obliczeniową; naddatek obliczeniowy musi być tu znaczny).

Tak określona temperatura determinuje dobór materiału, jak również wartości dopuszczalnych naprężeń roboczych.

W referacie przedstawiono nierównomierności temperatury materiału występujące w rozmaitych miejscach komór wylotowych stopni przegrzewaczy uwarunkowane rozrzutem temperatur pary na wylocie z poszczególnych wężownic i schematem przepływowym przegrzewacza.

2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Czas bezpiecznej eksploatacji komory, a więc i szybkość jej zużycia jest funkcją przebiegu rzeczywistej temperatury pracy. Badając stan zaawansowania zużycia eksploatacyjnego materiału należy kontrolować miejsca (odcinki), gdzie temperatura komory jest najwyższa. Na podstawie licznych badań oraz analizy przepływu i mieszania strumieni pary wypływających z poszczególnych wężownic można stwierdzić, że występuje istotne zróżnicowanie temperatury ścian komory zarówno wzdłuż długości, jak i na obwodzie, które wywołuje dodatkowe naprężenia nie uwzględniane podczas obliczeń wytrzymałościowych. Jednym z czynników, które trzeba uwzględnić przy określaniu rzeczywistej temperatury pracy komory wylotowej stopnia przegrzewacza, jest rozrzut temperatury pary wynikający z rozkładów obciążenia cieplnego na szerokości stopnia i rozwiązania konstrukcyjnego stopnia (w tym schematu przepływowego). Zgodnie z [1] rozrzut ten $\delta\Delta t_{ix}$ określa zależność:

$$\delta\Delta t_{ix} = \Delta t_{isr}\left(\frac{n_{qix}\, n_{Hix}}{n_{mix}} - 1\right) \tag{1}$$

gdzie:

Δt_{isr} – średni przyrost temperatury pary w stopniu,

$n_{qix} = \frac{q_{ix}}{q_{isr}}$ – nierównomierność obciążeń cieplnych wężownic,

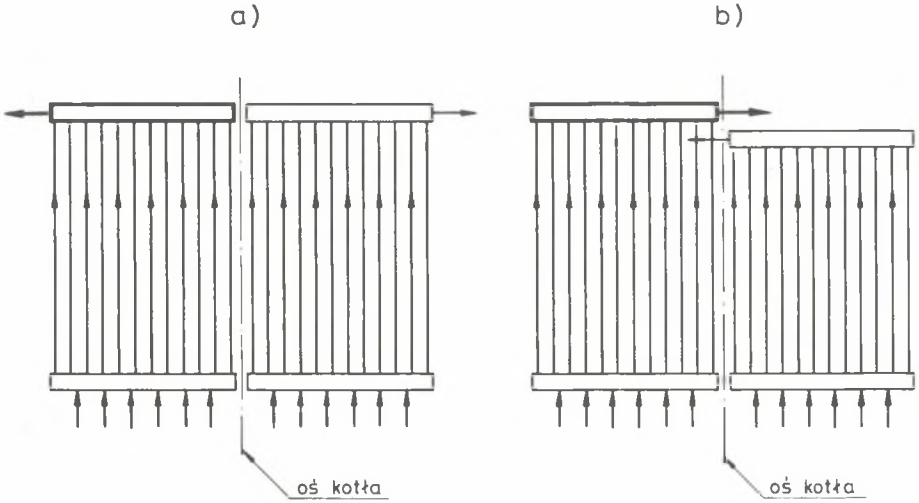
$n_{Hix} = \frac{H_{ix}}{H_{isr}}$ – nierównomierność powierzchni ogrzewalnych,

$n_{mix} = \frac{m_{ix}}{m_{isr}}$ – nierównomierność strumieni pary w wężownicach.

O czasie bezpiecznej eksploatacji komory decyduje odcinek, który pracuje w najwyższej temperaturze. Dodatnia nadwyżka temperatury pary na wylocie z wężownic stopnia bardzo często przekracza o 20°C wartość średnią temperatury pary za stopniem.

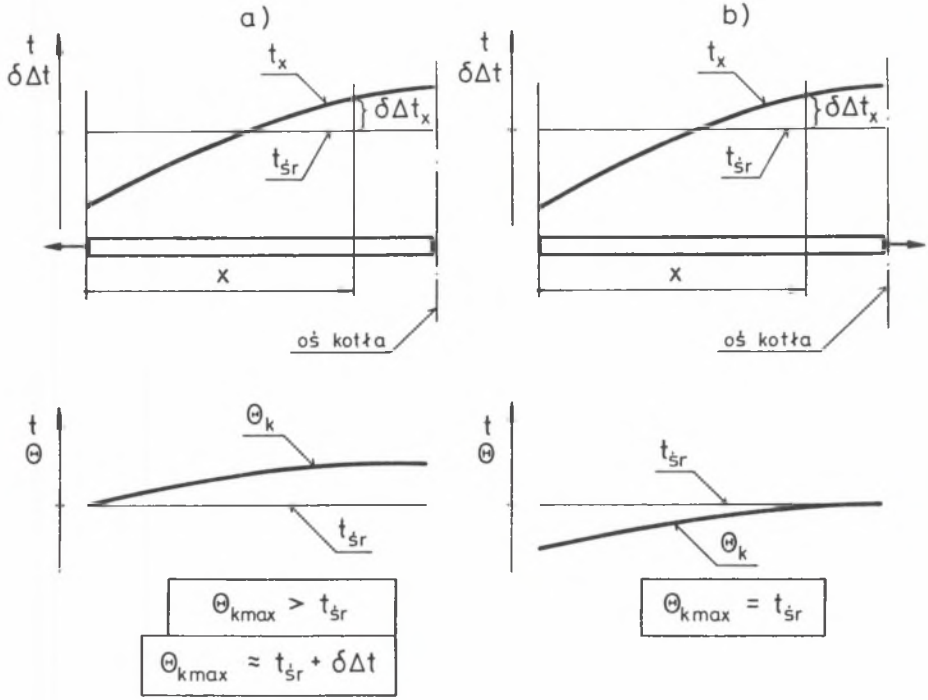
3. WYNIKI ANALIZY

Na rys. 1 pokazano dwa identyczne stopnie przegrzewacza różniące się sposobem odbioru pary. Przyjmijmy, że średnia wartość temperatury pary w obydwu przypadkach jest jednakowa, a rozkład obciążenia cieplnego na szerokości kotła (n_{qix}) kompensuje zróżnicowanie masowego przepływu pary (n_{mix}); w związku z powyższymi założeniami rozrzut temperatury pary na szerokości stopni ($\delta\Delta t_{ix}$) jest taki sam. Powyższe naszkicowano na rys. 2.



Rys. 1. Schematy przepływowe analizowanych stopni przegrzewaczy

Fig. 1. Flow systems of analyzed superheater sections



Rys. 2. Rozkłady temperatur pary (t_x) i temperatury materiału komory (Θ_k) dla rozwiązania jak na rys. 1

Fig. 2. Steam temperature distribution (t_x) and the temperature of header material (Θ_k) for the system from fig. 1

W przypadku rozwiązania odbioru pary ze stopnia po stronie niższych wartości temperatur na wylocie z wężownic (rys. 2a) maksymalna temperatura pracy (występuje w części przy osi kotła) wynosi:

$$\Theta^{a}_{k\,maxi} \cong t_{śr,i} + \delta\Delta t_i$$

Prędkość pary wzdłuż komory jest w tej części (środkowej) nieznaczna i strumienie pary o wyższej temperaturze wypływającej z wężownic dobrze omywają ścianę na całym obwodzie komory.

W tej części należy badać stopnień zużycia materiału.

W części skrajnej komory (przy wylocie pary z komory) notujemy zróżnicowanie temperatury na obwodzie. Przy króćcach wlotowych pary z wężownic temperatura jest niższa. Ukształtowane pole temperatur zależy nie tylko od

zróżnicowania średnich wartości temperatury pary w danym przekroju i na wylocie z wężownic, ale również od współczynników wnikania ciepła (odnośnych prędkości pary i jej ciśnienia) oraz bardzo silnie od króćców, powstaje bowiem strefa „zastoju" determinowana stosunkiem: energii kinetycznej pary wypływającej z wężownic do energii wzdłuż osi komory. Zagadnienie jest bardzo trudne do modelowania matematycznego. Przybliżone wnioski można sformułować na podstawie wyników badań na modelach fizycznych przeprowadzonych w Instytucie Energetyki [4].

W przypadku drugim (rys. 1b, 2b) – odbiór pary po stronie wyższych wartości temperatury pary z wężownic – maksymalna wartość temperatury ścianki komory nie przekracza średniej wartości temperatury pary za stopniem:

$$\Theta^{b}_{k\,maxi} = t_{sr,i}$$

Energia strumienia pary wzdłuż osi komory jest duża i „słabsze" strumienie pary o wyższej temperaturze wypływające z wężownic nie omywają ścian komory. **Od strony niższej temperatury pary z wężownic temperatura ścianki komory jest niższa i w tej strefie nie należy prowadzić badań diagnostycznych stanu technicznego materiału**.

Należy jeszcze zwrócić uwagę, że przy króćcach dolotowych pary (z wężownic), gdzie występuje dodatnia odchyłka rozrzutu temperatury ($+\delta\Delta t$), lokalnie temperatura ścianki jest wyższa od wartości średniej temperatury pary. Podobnie jak w poprzednim przypadku występują określone pola temperatur i naprężeń termicznych; są one trudne do wyznaczenia, jednak przy analizie termicznych i wytrzymałościowych warunków pracy komór wylotowych o dużym rozrzucie temperatur pary w stopniu ($\delta\Delta t$) trzeba taką analizę przeprowadzić. (Najlepiej tak zmodernizować stopnień przegrzewacza, żeby wyeliminować duże rozrzuty temperatury pary na wylocie z wężownic).

4. PODSUMOWANIE

1. Jak wykazano w referacie, schemat przepływowy stopnia przegrzewacza pary wpływa nie tylko na rozrzut temperatur pary na wylocie z poszczególnych wężownic, a więc i na temperaturę pracy wężownic w przestrzeni ogrzewanej, ale również na wartości i rozkłady temperatur pracy komór wylotowych.
2. Droższe rozwiązanie wg schematu 1b jest pod każdym względem korzystniejsze.
3. Przy ocenie warunków pracy i zużywania się komór wylotowych stopni musi być przeprowadzona przynajmniej analiza rozkładów temperatur, w

celu wyboru miejsc na przeprowadzenie badań diagnostycznych (miejsca najwyższych temperatur).

4. Pokazana analiza wyjaśnia występujące w praktyce eksploatacyjnej przypadki zróżnicowanego zużywania się pozornie podobnych elementów pracujących jednak w innym układzie przepływowym.

LITERATURA

[1] Cwynar L.: Analityczne wyznaczenie rozkładu temperatury pary w wężownicach stopnia przegrzewacza. Energetyka, 1969, nr 5, (Biul. Inst. Energ.)

[2] Cwynar L., Florkiewicz R.: Ocena konstrukcji i efekty modernizacji przegrzewaczy pary kotłów OP–650–050. Dozór Techniczny 5/1975.

[3] Cwynar L., Świrski J.: Badania termicznych warunków pracy schładzaczy pary kotła Bensona w El. Blachownia. Opracowanie IEn nr ewid. 4061, Warszawa, 9/1964.

[4] Cwynar L., Krak A.: Modelowanie rozkładu ciśnień i przepływów w stopniach przegrzewaczy. Energetyka, 1973, nr 11, (Biul. Inst. Energ.).

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan TALER

Wpłynęło do Redakcji 3. 09. 1994 r.

Abstract

The paper presents the irregularities of the temperature of headers caused by the differences of steam temperature on the outlet of the coils. It has been shown, that the flow system of the superheater affects not only the temperature of the coils but the headers temperature too. Two flow systems have been compared – figs. 1a and 1b. From this comparison results that the more expensive system 1b is better from the technical point of view. Before the evaluation of the service life of headers must be carried out the analysis of temperature distribuction to find the places with highest temperatures, where have to be carried out the diagnostic investigations. The analysis makes it possible to modernize the superheater for elimination of dangerous temperature peaks in tubes and explains why seemingly the same (but with other flow system) elements have different service life.