



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

FACTORUL DE INTENSITATE AL TENSIUNII (K_I) PENTRU O CONDUCTĂ DE ABUR SUPUSĂ NUMAI LA ȘOC TERMIC ($\Delta\theta_s$)

Pavel TRIPA

STRESS INTENSITY FACTOR (K_I) FOR A STEAM PIPE SUBJECTED ONLY TO THERMAL SHOCK ($\Delta\theta_s$)

The temperature of a steam pipe is variable because of the steam pressure variation inside of it. If the steam temperature variation takes place during a short time, the steam is subjected under a thermal shock. The effect of the thermal shock is superimposed on the effect of the mechanical load, going to an additional load on the pipe. The thermal shocks are dangerous for the strength elements.

In the paper is presented the variation of stress intensity factor of a steam pipe subjected only to thermal shock.

Keywords: steam pipe, longitudinal cracks, thermal shock

Cuvinte cheie: conductă de abur, fisură longitudinală, șoc termic

1. Introducere

Este cunoscut faptul că la transformarea sub volum constant, variația presiunii conduce la o modificare a valorii temperaturii.

Dacă această variație a presiunii se produce într-un timp scurt și variația temperaturii are loc de asemenea într-un timp scurt, poate conduce la un șoc termic. Într-o conductă de abur dintr-o centrală termoelectrică astfel de fenomene pot avea loc. De asemenea, șocuri termice se pot produce nu numai la interiorul conductei, ci și la

suprafața exterioră a acesteia, mai ales atunci când ele nu prezintă o izolație exterioră corespunzătoare.

Efectul șocului termic se suprapune peste cel al încărcărilor mecanice (în general al presiunii interioare din conductă).

Studiul factorului de intensitate al tensiunii datorat numai producerii unui șoc termic s-a efectuat pentru o conductă de abur dintr-o centrală termoelectrică românească, conductă care prezintă o fisură interioară longitudinală (figura 1).

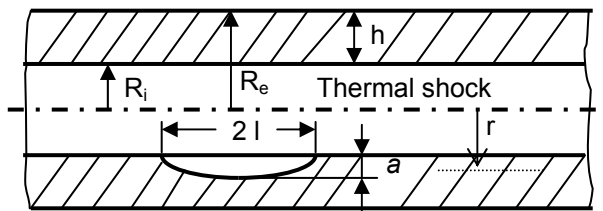


Fig.1 Conducta supusă la șoc termic

În studiu s-a considerat un șoc termic de răcire a cărui amplitudine este $\Delta\theta_S$.

Distribuția temperaturii pe grosimea peretelui este variabilă, fiind funcție de raza r și timpul t . Această distribuție a temperaturii $\theta(r,t)$ datorată șocului termic de răcire la interiorul conductei poate fi determinată cu relația [1], [2]:

$$\theta(r,t) = |\Delta\theta_S| \cdot \sqrt{\frac{R_i}{r}} \cdot \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{|r - R_i|}{2 \cdot \sqrt{k_\theta \cdot t}} \right) \right] \quad (1)$$

unde:

r – distanța între axa longitudinală a conductei și punctual de interes, [m];

$\Delta\theta_S$ – intervalul de temperatură al șocului termic (mărimea șocului termic), [°C];

k_θ – difuzibilitatea termică a materialului conductei [m²/s].

Studiul din această lucrare s-a efectuat asupra unei conducte de abur viu dintr-o centrală termoelectrică românească confecționată din oțel termorezistent X20CrMoV121, având următoarele dimensiuni:

$R_i = 120 \text{ mm}$, $h = 38 \text{ mm}$, $\mu = 0,32$, $k_0 = 4,38 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $E = 1,9 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ [3].

Variația temperaturii $\theta(r,t)$ pentru anumite nivele r și anumite momente t de la producerea șocului termic, pe grosimea peretelui conductei cercetate este prezentată în figura 2.

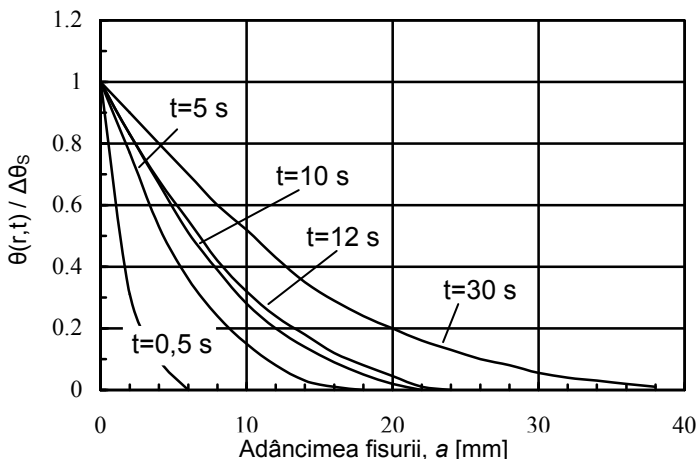


Fig. 2 Variația temperaturii pe peretele conductei la un șoc termic de răcire, $\Delta\theta_s$

2. Tensiuni normale pe peretele conductei

Șocul termic conduce la apariția unor tensiuni normale în peretele conductei. Fisura longitudinală, cea considerată pentru cazul studiat, este deschisă după Modul I (unu) de rupere de către tensiunea normală circumferențială σ_t din peretele conductei.

Tensiunea normală circumferențială din peretele conductei produsă de șocul termic poate fi calculată cu relația [1], [2], [4]:

$$\sigma_t(r,t) = \frac{\alpha_0 \cdot E}{1-\mu} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \left[\frac{r^2 + R_i^2}{R_e^2 - R_i^2} \cdot \int_{R_i}^{R_e} \theta(r,t) \cdot r \cdot dr + \int_{R_i}^r \theta(r,t) \cdot r \cdot dr - \theta(r,t) \cdot r^2 \right] \quad (2)$$

unde:

α_0 – coeficient de dilatare termică al materialului conductei.

Variația raportului $\sigma_t(r,t)/\Delta\theta_s$ pentru anumite momente de la producerea șocului sunt prezentate în figura 3.

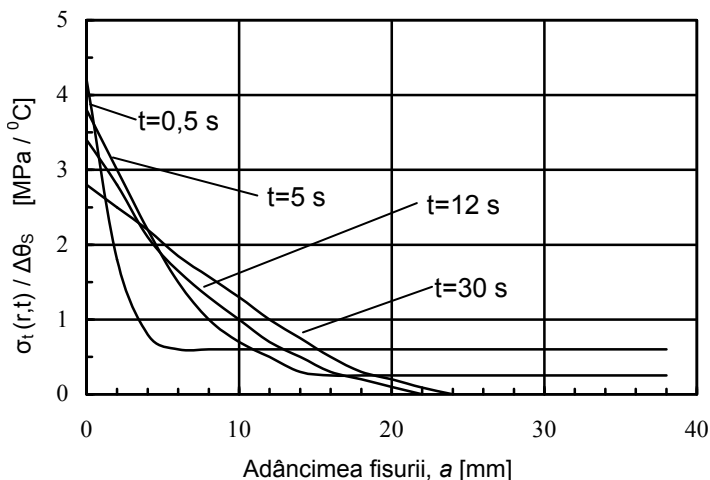


Fig. 3 Variația raportului $\sigma_t(r,t) / \Delta\theta_s$ pe grosimea peretelui conductei

3. Factorul de intensitate al tensiunii, K_I

Factorul de intensitate al tensiunii K_I pentru o fisură de lungime $2l$, supusă acțiunii unei tensiuni variabile $\sigma_y(x)$ se poate determina cu relația [5]:

$$K_I = \frac{2 \cdot \sqrt{l}}{\pi} \cdot \int_0^l \frac{\sigma_y(x)}{\sqrt{l^2 - x^2}} \cdot dx \quad (3)$$

iar factorul de intensitate al tensiunii K_I pentru fisura studiată solicitată de tensiunea circumferențială $\sigma_t(r,t)$ datorată șocului termic $\Delta\theta_s$ se calculează cu relația [2], [4]:

$$K_I(a,t) = 1,12 \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{a}}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_{R_i}^{R_i+a} \frac{\sigma_t(r,t)}{\sqrt{a^2 - (r - R_i)^2}} \cdot dr \quad (4)$$

Variația raportului $K_I(a,t)/\Delta\theta_s$ pe grosimea peretelui la diferite momente de timp este prezentată în figura 4 [3].

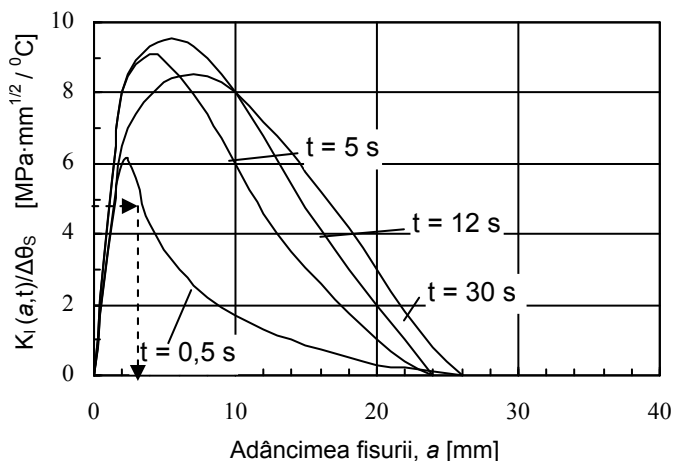


Fig. 4 Variația raportului $K_I(a,t)/\Delta\theta_s$ pe grosimea peretelui conductei

În figura 5 este prezentată variația raportului $K_I/\Delta\theta_s$ pentru diferite momente de la producerea șocului, în funcție de raportul a/h (adâncimea fisurii/grosimea peretelui conductei) [3].

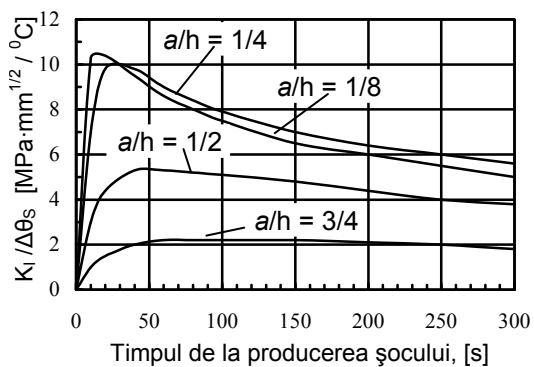


Fig. 5 Variația raportului $K_I/\Delta\theta_s$ în funcție de timp, pentru diferite valori ale raportului a/h

4. Concluzii

■ Analizând diagrama din figura 4 se poate observa că după un anumit timp $t = t_1 = 12$ s de la producerea șocului termic, raportul $K_I/\Delta\theta_S$ atinge valoarea maximă. Rezultă că se poate estima mărimea fisurii pentru care în urma șocului factorul de intensitate al tensiunii K_I atinge un maxim.

■ De asemenea, din figura 5 se observă că există o anumită perioadă de timp pentru care raportul $K_I/\Delta\theta_S$ atinge un maxim la diferite valori ale raportului a/h .

■ Având la dispoziție pentru diferite cazuri concrete, diagrame de tipul celor din figura 4, respectiv figura 5, se pot determina o serie de mărimi necesare pentru a stabili starea critică pe care o atinge conducta. Astfel, din figura 4 pentru raportul $K_I/\Delta\theta_S = 5$ la un timp $t = 0,5$ s rezultă o adâncime a fisurii de aproximativ $a = 3$ mm.

■ Pentru un șoc de răcire de $\Delta\theta_S = 10^0$ C se obține un factor de intensitate a l tensiunii K_I :

$$\frac{K_I}{\Delta\theta_S} = 5 \Rightarrow K_I = 10 \cdot 5 = 50 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\text{mm}} \quad (5)$$

■ Se reamintește că pentru a avea o imagine completă asupra stării critice a unei conducte fisurate, trebuie să se țină seama și de alți factori care produc tensiuni în peretele conductei (presiunea interioară, gradientul de temperatură din peretele conductei etc.).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Blauer, J.G, Kalthoff, J.F, Stahn, D, *Experimenteller Model uber das Verhaltens bei Bruch Durch Termisches Stos*. Freiburg, ¾ oct. 1974.
- [2] Blauer, J.G, Stahn, D., *Experimenteller Model des Sproder Bruches, als Beitrag an Sicherheits Analyse*. Freiburg, ¾ oct. 1974.
- [3] Tripa, P., *Cercetări asupra tenacității unor oțeluri utilizate la conductele de abur din centralele termoelectrice*. Teza de doctorat, Timișoara, 1987.
- [4] Grebner, H., *The thermal shock at a pipe with a part-through circumferential crack*. Eng. fracture Mechanics, No. 3, Vol. 28, pag. 305-314, 1987.
- [5] Barsom, J.M., Rolfe, S.T., *Fracture and fatigue. Control in structures*. New Jersey, 1987, Second Edition.

Prof. Dr. Ing. Pavel TRIPA
Rezistența Materialelor, Universitatea "POLITEHNICA" din Timișoara,
membru AGIR, e-mail: ptripa@yahoo.com