

A XIII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională, "Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti", SEBEŞ, 2013

FACTORUL DE INTENSITATE AL TENSIUNII PENTRU O CONDUCTĂ DE ABUR SUPUSĂ LA ŞOC TERMIC

Pavel TRIPA

STRESS INTENSITY FACTOR OF A STEAM PIPE SUBJECTED UNDER A THERMAL SHOCK

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 a load on the pipe. The thermal shocks are dangerous for the strength elements.

> Cuvinte cheie: conductă de abur, tenacitate la rupere, șoc termic Keywords: steam pipe, stress intensity factor, thermal shock

1. Considerații generale

Variația presiunii din interiorul unei conducte de abur, datorită faptului că aceasta se produce la volum constant, produce o variație a temperaturii din interiorul conductei. Dacă această variație a temperaturii are loc într-un timp foarte scurt, atunci în interiorul conductei are loc un șoc termic.

Şocul termic este periculos deoarece induce tensiuni suplimentare în peretele conductei, ceea ce în cazul prezenței unei fisuri în conductă se poate atinge tenacitatea la rupere a materialului conductei, adică scoaterea din funcțiune a conductei. Prezenta lucrare studiază efectul unui șoc termic asupra tenacității la rupere a unui oțel termorezistent utilizat în confecționarea conductelor de abur din centralele termoelectrice românești. În studiul efectuat s-a avut în vedere și variația caracteristicilor mecanice ale materialului cu temperatura [1].

Studiul s-a efectuat pe o conductă de abur viu confecționată din oțel termorezistent 15H1MF, conducta prezentând o fisură longitudinală de lungime 2/ și adâncime a, la interiorul său (figura 1). S-a considerat că șocul termic aplicat are amplitudinea $\Delta \theta_s$.



Fig. 1 Conducta supusă la şoc termic

Caracteristicile conductei și ale materialului acesteia sunt: $R_i = 120 \text{ mm}, h = 38 \text{ mm}, \mu = 0,32, k_0 = 4,38 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}, E = 1,9 \cdot 10^5 \text{ MPa}.$

Variația temperaturii pe grosimea peretelui pe direcție radială, funcție de raza r și timpul t, este dată de relația [2], [3]:

$$\theta(\mathbf{r}, \mathbf{t}) = \left| \Delta \theta_{\mathbf{S}} \right| \cdot \sqrt{\frac{\mathsf{R}_{i}}{r}} \cdot \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\left|\mathbf{r} - \mathsf{R}_{i}\right|}{2 \cdot \sqrt{\mathsf{k}_{\theta} \cdot \mathsf{t}}}\right) \right]$$
(1)

unde:

r – distanța dintre axa longitudinală a conductei și punctul considerat, [m]

 $\Delta \theta_{s}$ – intervalul de temperatură datorat șocului termic, [⁰C] k_{θ} – difuzibilitatea termică a materialului conductei, [m²/s].

În figura 2 se prezintă variația temperaturii pe grosimea peretelui conductei în timp, funcție de șocul termic aplicat $\Delta \theta_s$.



Fig. 2 Variația temperaturii în timp pe grosimea peretelui conductei în funcție de șocul termic, $\Delta \theta_{\rm S}$

2. Tensiuni pe peretele conductei

Şocul termic produce în peretele conductei tensiuni normale. Fisura longitudinală din conductă, conform Mecanicii ruperii materialelor, este deschisă după Modul I de rupere, de către tensiunea normală circumferențială σ_t .

Tensiunea circumferențială σ_t pe grosimea peretelui în funcție de timp se poate determina cu relația [2], [3], [4]:

$$\sigma_{t}(\mathbf{r},t) = \frac{\alpha_{0} \cdot \mathbf{E}}{1-\mu} \cdot \frac{1}{r^{2}} \cdot \left[\frac{r^{2} + R_{i}^{2}}{R_{e}^{2} - R_{i}^{2}} \cdot \int_{R_{i}}^{R_{e}} \theta(\mathbf{r},t) \cdot \mathbf{r} \cdot d\mathbf{r} + \int_{R_{i}}^{r} \theta(\mathbf{r},t) \cdot \mathbf{r} \cdot d\mathbf{r} - \theta(\mathbf{r},t) \cdot \mathbf{r}^{2} \right]$$
(2)

unde:

 α_0 – coeficientul de dilatare termică al materialului conductei.

În figura 3 se prezintă variația raportului $\sigma_t(r,t)/\Delta\theta_s$ pe grosimea peretelui conductei pentru diferite valori ale timpului t de la producerea șocului termic [1].



Adâncimea fisurii, a [mm]

Fig. 3 Variația raportului $\sigma_t(r,t) / \Delta \theta_S$ pe peretele conductei

3. Factorul de intensitate al tensiunii

Dacă factorul de intensitate al tensiunii K_I pentru o fisură cu lungimea 2*l* și deschisă după Modul I de rupere de către tensiunea normală $\sigma_v(x)$ este [5]:

$$K_{I} = \frac{2 \cdot \sqrt{I}}{\pi} \cdot \int_{0}^{I} \frac{\sigma_{y}(x)}{\sqrt{I^{2} - x^{2}}} \cdot dx$$
(3)

atunci, expresia factorului de intensitate al tensiunii pentru o conductă de abur supusă la şoc termic are expresia [5]:

$$K_{I}(a,t) = 1,12 \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{a}}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_{R_{i}}^{R_{i}+a} \frac{\sigma_{t}(r,t)}{\sqrt{a^{2} - (r - R_{i})^{2}}} \cdot dr$$
(4)

Variația raportului $K_i(r,t)/\Delta\theta_s$ pe grosimea peretelui pentru diferite momente de la producerea șocului termic este prezentată în figura 4 - [1].



Adâncimea fisurii, a [mm]

Fig. 4 Variația raportului $K_I(a,t) / \Delta \theta_S$ pe peretele conductei

În figura 5 se prezintă variația raportului $K_l(r,t)/\Delta \theta_s$ în funcție de timp pentru diferite valori ale raportului a/h - [1].

4. Concluzii

■ Analizând diagrama din figura 4 se poate observa că la timpul t = 12 s de la producerea șocului termic și pentru adâncimea fisurii a ≈ 5 mm, raportul K_I(r,t)/∆θ_s are valoare maximă.

■ Din figura 5 rezultă că raportul $K_i(r,t)/\Delta\theta_s$ este maxim, $(K_i(r,t)/\Delta\theta_s \approx 9,6)$ după aproximativ 12 s pentru o fisură cu raportul a/h = 1/8.

■ Având diagrame ca cele din figura 4, respectiv figura 5 se poate determina factorul de intensitate al tensiunii pentru diferite dimensiuni ale fisurii, după un anumit timp de la producerea unui şoc termic în interiorul conductei.



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

BIBLIOGRAFIE

[1] Tripa, P., Cercetări asupra tenacității unor oțeluri utilizate la conductele de abur din centralele termoelctrice, Teza de doctorat, Timişoara, 1987.

[2] Blauer, J.G., Kalthoff, J.F., Stahn, D., *Experimenteller Model uber das Verhaltens bei Bruch Durch Termisches Stos,* Freiburg, ³/₄ oct. 1974.

[3] Blauer, J.G., Stahn, D., *Experimenteller Model des Sproder Bruches, als Beitrag an Sichercheits Analyse,* Freiburg, ³/₄ oct. 1974.

[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 Universitatea "Politehnica" din Timişoara, membru AGIR e-mail: <u>ptripa@yahoo.com</u>