

M. Zdravković

"Energoprojekt" - Beograd

PROCENA TEMPERATURSKOG POLJA USLED NUKLEARNOG ZRAČENJA PRIMENOM TEORIJE SLIČNOSTI

Nuklearno zračenje, koje u toku rada nuklearne elektrane postoji u reaktorskom sudu, neprekidno stvara toplotu u materijalu kroz koji prolazi. U slučaju betonskog reaktorskog suda, ili keramičkog gorivnog elementa nastaje intenzivno zagrevanje materijala, usled male vrednosti koeficijenta provodjenja toplote. Temperatursko polje u ovakvima materijalima prouzrokovano nuklearnim zračenjem ima stoga neočekivano velike gradijente temperature, pa kako ovi izazivaju velike termičke naponе, to je neophodno što tačnije određivanje tog temperaturskog polja.

Tačni metodi /1/ određivanja temperaturskog polja u betonskom sudu /2/ ili keramičkom gorivom elementu zasnivaju se na rešavanju parcijalne diferencijalne jednačine prostiranja toplote pri nuklearnom zagrevanju, za unapred date početne i granične uslove. Izvanredna složenost matematičkog postupka čak i za vrlo jednostavne geometrijske oblike, prouzrokovala je da, danas, nažalost, postoji priličan broj izvedenih konstrukcija koje je nemoguće bez vrlo grubot uprošćavanja rešiti. Stoga za praktičnu inženjersku primenu veliku olakšicu pretstavlja mogućnost procene temperaturskog polja usled nuklearnog zračenja, za bilo kakav odnos parametara u nekom konkretnom zadatku. Na taj način bi bilo moguće proceniti red veličina koje su u pitanju, što omogućuje da se složeni matematički aparat koristi samo u onim slučajevima u kojima se očekuje nastajanje takvih termičkih napona koji bi doveli do loma konstrukcije.

PRIMENA TEORIJE SLIČNOSTI

Metode teorije sličnosti /3/ fizičkih pojava omogućuju obrazovanje funkcionalnih zakonomernosti između fizičkih veličina, ali tako da su nezavisne od sistema jedinica mera, već su povezane jedino sa suštinom pojave. Katvinkel /4/ je prvi primenio dimenzionu analizu za povezivanje fizičkih parametara koji se javljaju pri nuklearnom zagrevanju materijala. Ovaj rad pretstavlja uopštavanje i dalje korake u praktičnoj primeni dimenzione analize na termotehničke probleme povezane odnosno izazvane nuklearnim zračenjem.

Dve osnovne karakteristike ovakvog temperaturskog polja jesu maksimalna temperatura i njen položaj u materijalu. Posmatrajmo prvo drugi slučaj, odnosno od čega sve zavisi položaj maksimalne temperature u materijalu pri nuklearnom zračenju. Označimo sa X_{tmax} nepoznato rastojanje tačke sa maksimalnom temperaturom od površine materijala izloženog nuklearnom zračenju. X_{tmax} sigurno zavisi od koeficijenta provodjenja toplote materijala λ , ukupne debljine zida L , jačine nuklearnog zagrevanja Q_0 , raspodele ovog u materijalu okarakterisanog recipročnom vrednošću difuzione dužine za taj materijal m , i mada ne zavisi od veličine temperature na spoljnim površinama zida, ipak zavisi od razlike ovih temperatura $t_1 - t_2$. Znači funkcionalna zavisnost glasi

$$X_{tmax} = F[(t_1 - t_2), L, m, Q_0, \lambda] \quad (1)$$

Kako je svaku funkciju moguće razviti u stepeni red, to je moguće i u ovom slučaju s tim da fizičke dimenzije svih članova budu iste, pa stoga imamo

$$Dim X_{tmax} = Dim [(t_1 - t_2)^{a_1} \cdot L^{a_2} \cdot m^{a_3} \cdot Q_0^{a_4} \cdot \lambda^{a_5}] \quad (2)$$

Član na levoj strani jednačine /2/ ima dimenziju dužine, a dimenzije članova na desnoj strani date su u sledećoj tabeli:

Veličina	$t_1 - t_2$	L	m	Q_0	λ
Temperatura	1	0	0	0	- 1
Masa	0	0	3	1	1
Dužina	0	1	- 1	- 1	1
Vreme	0	0	0	- 3	- 3

Izjednačavanjem stepena uz iste osnove dobija se sistem jednačina, čijim rešavanjem i smenom u jednačinu /2/ a zatim u /1/ dobijamo:

$$\left(\frac{X}{L}\right)_{tmax} = F\left[\frac{(t_1 - t_2) m^2 \lambda}{Q_0}, mL\right] \quad (3)$$

Relativni položaj maksimalne temperature u materijalu zavisi samo od dva bezdimenzijska značioca, koji se mogu u konkretnim slučajevima smatrati kao poznati parametri.

Potpuno analognim rezonovanjem može se postaviti fun-

kcionalna zavisnost za veličinu maksimalne temperature

$$\Delta t_{max} = (t_{max} - t_1 = f[(t_1 - t_2), L, m, Q_0, \lambda] \quad (4)$$

Kada se sprovede istovetan postupak kao u predjašnjem slučaju dobija se

$$\Delta t_{max} = \left[\frac{(t_1 - t_2) m^2 \lambda}{Q_0} \right]^{b_1} \cdot (mL)^{b_2} \cdot \left(\frac{m^2}{Q_0} \lambda \right) \quad (5)$$

ili uvodjenjem novih oznaka imamo

$$Z_{tmax} = f(Z_0; mL) \quad (6)$$

gde su bezdimenzijski značioci Z

$$Z_{max} \frac{(t_{max} - t_1) m^2 \lambda}{Q_0}, \quad Z_0 = \frac{(t_1 - t_2) m^2 \lambda}{Q_0} \quad (7)$$

Kao konkretan primer uzet je slučaj ravnog zida izloženog nuklearnom zračenju, za koji su funkcionalne zavisnosti određene u radu /5/, tako da shodno oznakama /7/ imamo

$$\left(\frac{Z}{L} \right)_{tmax} = - \frac{1}{mL} \ln \frac{Z_0 + (1 - e^{-mL})}{mL} \quad (8)$$

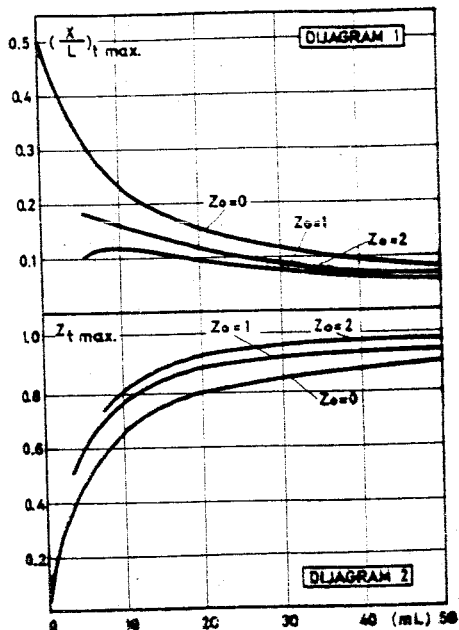
$$Z_{tmax} = \frac{Z}{L_{tmax}} (Z_0 + e^{-mL} - 1) + (1 - e^{-mL} \left(\frac{Z}{L} \right)_{tmax}) \quad (9)$$

Na priloženim dijagramima grafički su pokazane jednačine /8/ i /9/ za razne vrednosti parametara Z₀ čija veličina se uvek može odrediti u konkretnim slučajevima. Kako su sve veličine koje su nanosene na dijagramima bez dimenzije to su oni univerzalni i obuhvataju sve moguće slučajeve koji mogu nastati u praksi kao pojedine tačke. Čim su određene vrednosti za Z₀ i mL neposredno iz dijagrama se određuju vrednosti /K/z_{max}^o i Z/t_{max}/ odnosno t_{max}.

Na potpuno istovetan način moguće je jednom za svagda obrazovati ovakve dijagrame i za ostale geometrije koje se sreću u inženjerskoj praksi. Šta više, navedeni postupak se može primeniti i za prikazivanje oglednih podataka za slučajeve koji su nedostupni teorijskoj analizi čime se uopštavaju i proširuju ogledni rezultati na oblasti koje ogledi nisu dali, a takodje se dobija uvid o veličini modela koga treba ispitivati, da bi dobili tačke bliske karakteristikama objekta koji će se izvoditi. Ovo pruža veoma velike uštede pri ispitivanjima za slučaj procene veličine modela glomaznih betonskih reaktorskih sudova.

ZAKLJUČAK

Primenom opšte metode teorije sličnosti fizičkih pojava, obrazovani bezdimenzioni značioci, koji funkcionalno



opisuju pojavu ustanovljavanja ustaljenog temperaturnog polja usled nuklearnog zračenja materijala. Dve osnovne karakteristike temperaturnog polja: maksimalna temperatura i njen položaj u materijalu dobijaju se neposredno korišćenjem univerzalnih dijagrama na kojima su prikazane međusobne zavisnosti bezdimenzionih značilaca.

Posebno je ukazano na mogućnost uopštavanja dobijenih rezultata na slučajeve koji se mogu analizirati jedino ogledom, i da se uz pomoć univerzalnih dijagrama mogu dobiti vrednosti koje ogled nije dao neposredno, kao i uvid o veličini modela koji treba ispitivati.

LITERATURA

1. Zdravković, M.: Dvodimenzijnsko temperaturno polje u materijalu prouzrokovano nuklearnim zračenjem, Zbornik Mašinskog instituta "Vladimir Farmakovski".
2. Zdravković, M.: Temperaturno polje u betonskom reaktorskom sudu usled nuklearnog zagrevanja, studijski rad, Energoprojekt, 1964.
3. Sedov, L.: Metodi podobija i razmernosti v mehanike, Fizmatgiz, Moskva, 1958.
4. Mattwinkel, W.: Über eine Anwendung der Dimensionanalysis bei der Bestimmung der maximalen Temperaturdifferenz in zylindrischen Brennstoffelementen, Atomkernenergie, 4 Jg. /1959/, H.9, s. 356-359.
5. Zdravković, M.: Analiza karakteristika temperaturnog polja usled nuklearnog zagrevanja materijala, I Jugoslovenski simpozijum termičara, Herceg-Novi, 1964.