

Upravljanje kvalitetom proizvoda I **– treća nastavna jedinica**

Prof. dr Vidosav D. Majstorović,
dipl.maš.inž.

Mašinski fakultet u Beogradu

Greške obrade usled toplotnih deformacija obradnog sistema

- ◆ **Elementi OS se zagrevaju tokom procesa obrade**
- ◆ **Vremenska i prostorna promena toplotnih i temperaturnih stanja OS uslovljavaju toplotne deformacije**
- ◆ **One uslovljavaju pojavu greške (netačnost tolerancija) pri obradi**
- ◆ **Pored toga ove greške (toplotne deformacije) uslovljavaju i netačnost mernih sistema kod NUMA (NUMM)**

Generatori toplotne energije

- ◆ **Proces rezanja (šira zona rezanja) generiše količinu toplote:**

$$Q_1 = Q_{1pd} + Q_{1tg} + Q_{1tl}$$

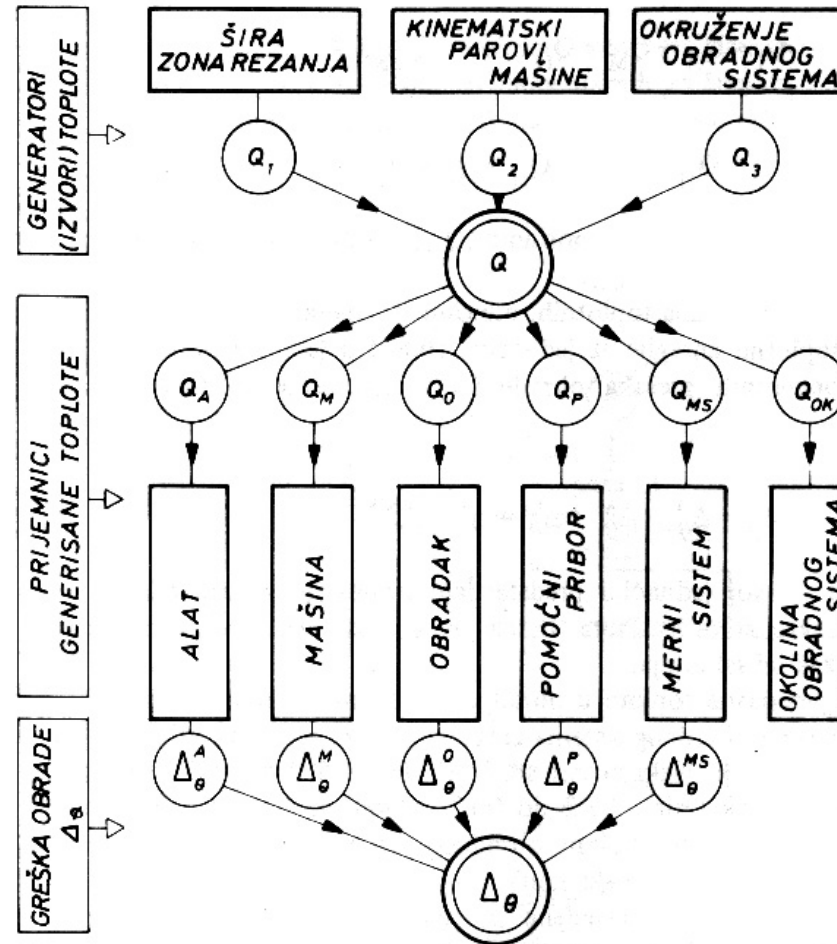
- ◆ **Kinematički parovi mašine**

$$Q_2 = \sum_{i=1}^n Q_{2i}$$

- ◆ **Okruženje obradnog sistema**

$$Q_3 = Q_{3g} + Q_{3s} + Q_{3h}$$

Slika 6.40 Generatori / prijemnici toplotne energije



Sl. 6.40. Generatori (izvori) i prijemnici generisane toplotne energije sa korespondentnim greškama obrade Δ_{θ_i} ($i = \overline{1,5}$)

Distribucija toplotne energije na elemente OS

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$Q = Q_I + Q_{II}$$

$$Q_I = Q_A + Q_M + Q_O + Q_P + Q_{MS}$$

$$Q_{II} = Q_{OK} = Q_{st} + Q_h + Q_z$$

opšta jednačina korepodentne greške obrade

$$\Delta_{\theta} = \Delta^A_{\theta} + \Delta^M_{\theta} + \Delta^O_{\theta} + \Delta^P_{\theta} + \Delta^{MS}_{\theta}$$

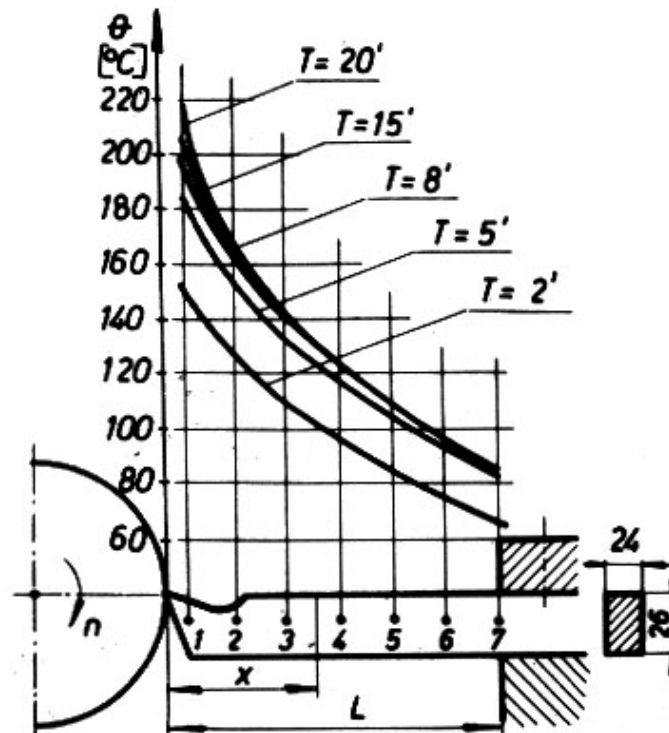
Neki načini stabilizacije toplotnih deformacija OS

- ◆ **Tehničko-tehnološko obezbeđenje ravnomernog rasporeda i odvođenja toplote hlađenjem**
- ◆ **Udaljenje toplotnih izvora ili hladnjaka iz neposredne blizine OS**
- ◆ **Obezbediti približnu vrednost temperature mašine i obratka**
- ◆ **Isključiti cirkulaciju vazdušnih masa različitih temperatura**
- ◆ **Dosledna primena standarda o mikro-klimi mašine i radnog mesta**

Greške obrade usled toplotnih deformacija alata

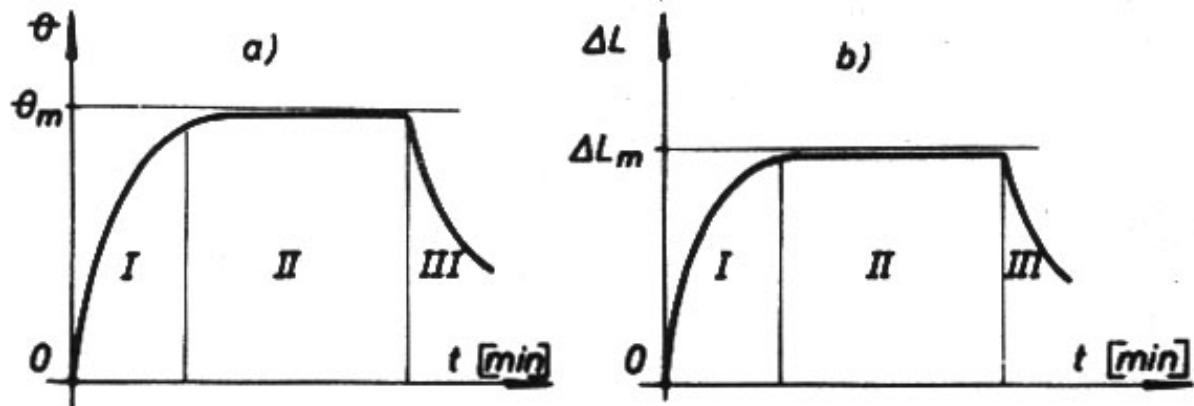
- ◆ **Alat, obradak i glavno vreteno su nosioci najvećeg dela ukupne greške obrade usled toplotnih deformacija**
- ◆ **Raspored temperature duž ose tela strugarskog noža, slika 6.42**
- ◆ **Zavisnost temperature i toplotne deformacije strugarskog noža od vremena rezanja i hlađenja, slika 6.43**

Slika 6.42 Raspored ...



Sl. 6.42. Raspored temperature θ duž ose tela strugarskog noža u zavisnosti od vremena rezanja t pri $v = 206 \text{ m/min}$

Slika 6.43 Zavisnost ...



SL 6.43. Zavisnost temperature (a) i toplotne deformacije (b) strugarskog noža od vremena rezanja i hlađenja

Greške obrade usled toplotnih deformacija alata

- ◆ Promena temperature u toku prvih dveju faza se izražava empirijskom funkcijom

$$\theta = \theta_m \left(1 - e^{-At} \right)$$

- ◆ Matematičko modeliranje greške Δ_{θ} u navedenom primeru strugarskog noža može se izvršiti na dva načina:

Greške obrade usled toplotnih deformacija alata

◆ Prvi način

- Toplotne dilatacije alata ΔL , usled temperaturnih promena u njemu, analogne su obliku temperaturske krive (slika 6.43), pa je j-na toplotne dilatacije alata:

$$\Delta L = \Delta L_m \left(1 - e^{-Bt} \right)$$

- Pri stacionarnom toplotnom stanju, približna vrednost dilatacije dobija se iz izraza

$$\Delta L = \alpha L \theta_s$$

Greške obrade usled toplotnih deformacija alata

◆ Drugi način

- Matematičko modeliranje toplotne dilatacije alata ΔL , odnosno greške $\Delta\theta L$, zasniva se na uspostavljanju zavisnosti između ΔL , količine toplote Q_A generisane u zoni rezanja u jedinici vremena, koja je prešla na alat i vremena rezanja t

$$\Delta L = \varphi(Q_A t)$$

Greške obrade usled toplotnih deformacija alata

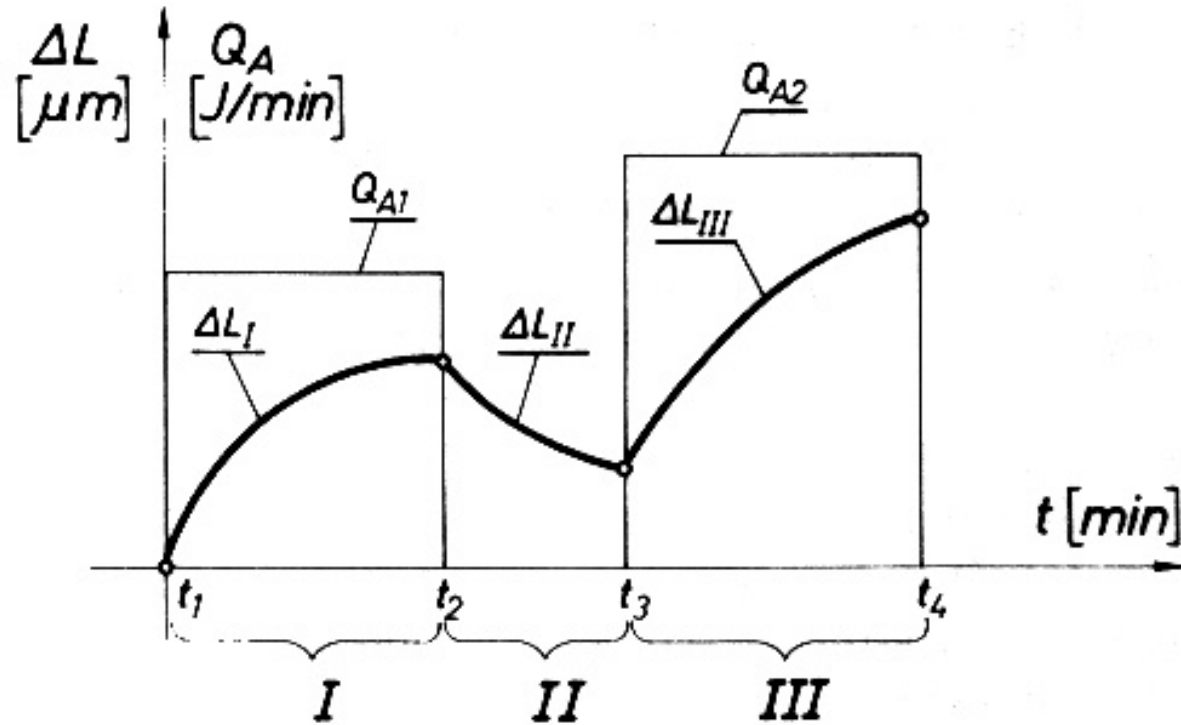
◆ Za slučaj struganja, slika 6.47, biće:

$$\Delta L_I = \varphi(Q_{A1}, t - t_1)$$

$$\Delta L_{II} = \varphi(Q_{A1}, t - t_1) - \varphi(Q_{A1}, t - t_2)$$

$$\Delta L_{III} = \varphi(Q_{A1}, t - t_1) - \varphi(Q_{A1}, t - t_2) - \varphi(Q_{A2}, t - t_3)$$

Slika 6.47 Toplotna dilatacija alata pri struganju



Sl. 6.47. Toplotna deformacija (dilatacija) alata (pri struganju)

Greške obrade usled toplotnih deformacija alata

- ◆ Generisana količina toplote Q_{ZR} (u zoni rezanja) jednaka je radu sile F_1

$$Q_{ZR} = F_1 v \quad [J / \text{min}]$$

$$F_1 = C_{F_1} a^{x_1} s^{y_1} k_{F_1} = C a^{x_1} s^{y_1} \quad [N]$$

$$Q_A = \lambda Q_{RZ} = \lambda F_1 v = \lambda C a^{x_1} s^{y_1} v$$

Greške obrade usled toplotnih deformacija alata

- ◆ Na osnovu j-ne 6.94 i rezultata eksperimentalnih ispitivanja može se matematički model dilatacije alata napisati u obliku:

$$\Delta L = \lambda C a^{x_1} s^{y_1} v (b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 t^4)$$

Greške obrade usled toplotnih deformacija alata

- ◆ Kada je poznat zakon dilatacije, onda je odgovarajuća greška obrade za struganje:

$$\Delta_{\theta}^A = 2\Delta L$$

Hvala Vam na pažnji !

Vaš

**Prof. dr Vidosav D. Majstorović,
dipl.maš.inž.**

Mašinski fakultet u Beogradu