

Upravljanje kvalitetom proizvoda I – treća nastavna jedinica

**Prof. dr Vidosav D. Majstorović,
dipl.maš.inž.
Mašinski fakultet u Beogradu**

Greške obrade usled elastičnih deformacija obradnog sistema

✦ Statička krutost sistema (obradnog)

- ✦ osnovni pravac deformacije – pravac normale na obrađenu površinu

$$K_s = \frac{F_f}{f}$$

$$f_i = \frac{F_f}{K_i}$$

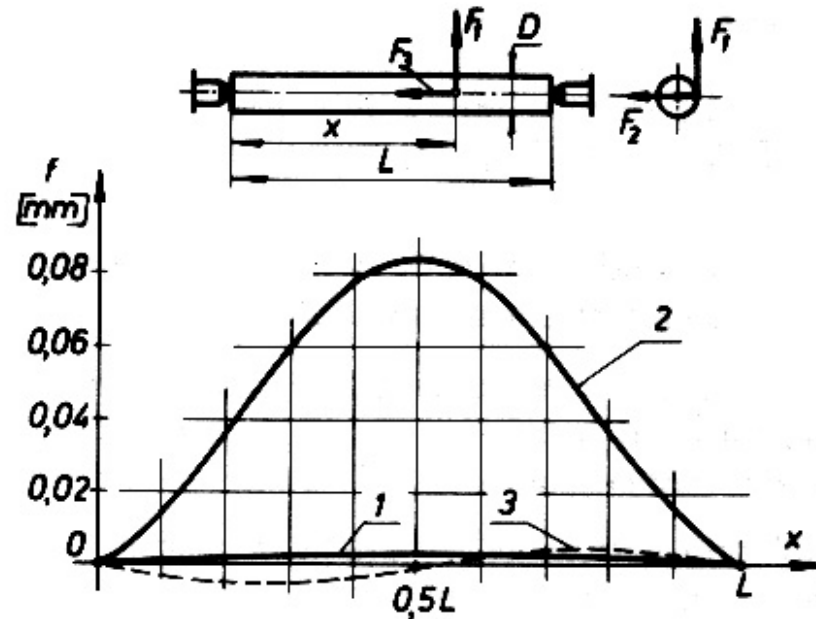
$$f = f_1 + f_2 + \dots + f_n = F_f \left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \dots + \frac{1}{K_n} \right)$$

Povećanje krutosti sistema

- ✦ Smanjenje broja naleganja pri projektovanju MA i pomoćnih pribora
- ✦ Povećanje krutosti naleganja dodirnih elemenata putem pritezanja
- ✦ Kvalitetnim regulisanjem zazora i finom obradom površina
- ✦ Kompaktnost konstrukcije
- ✦ Korišćenje dopunskih oslonaca
- ✦ Stabilizacijom temperaturnih uslova rada sistema

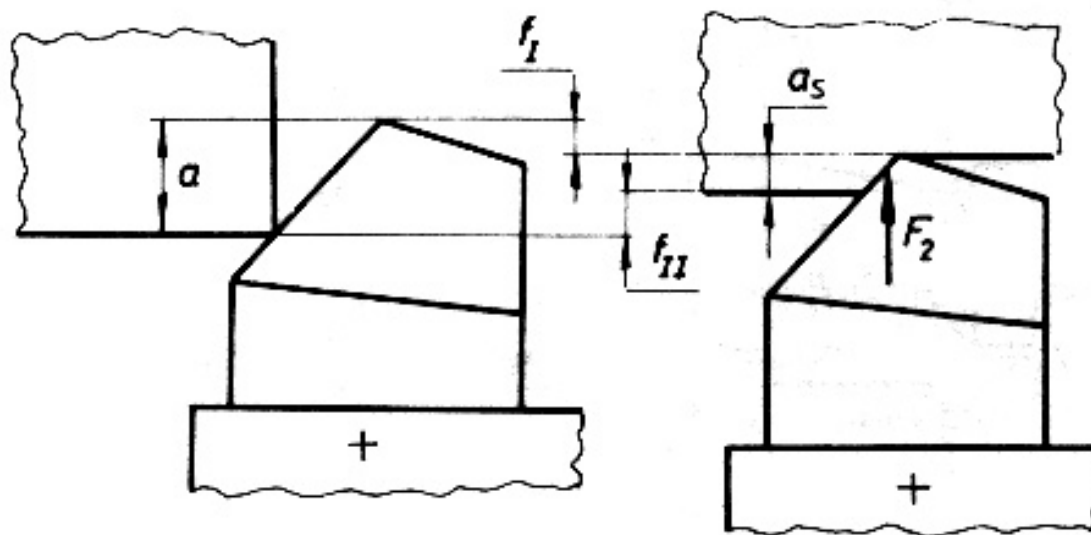
Greške obrade pri uzdužnom struganju

✦ F 2 ima najveći uticaj na tačnost obrade



Sl. 6.11. Greške elastičnih deformacija (izvodnice) pri delovanju sile rezanja $F_1(1)$, $F_2(2)$ i F_3 (3) ($F_1 = 1000$ N, $D = 20$ mm, $E = 2 \cdot 10^5$ N/mm², $F_1 : F_2 : F_3 = 5 : 2 : 1,25$)

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak



Sl. 6.12. Šema elastičnih deformacija u pravcu normale na obrađenu površinu

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak

✦ Lanac elastičnih deformacija **f1**:

◆ Alat – Nosač alata – Postolje (A-NA-P)

✦ Lanac elastičnih deformacija **f2**:

◆ Vreteno – Šiljak – Obradak (V-Š-O)

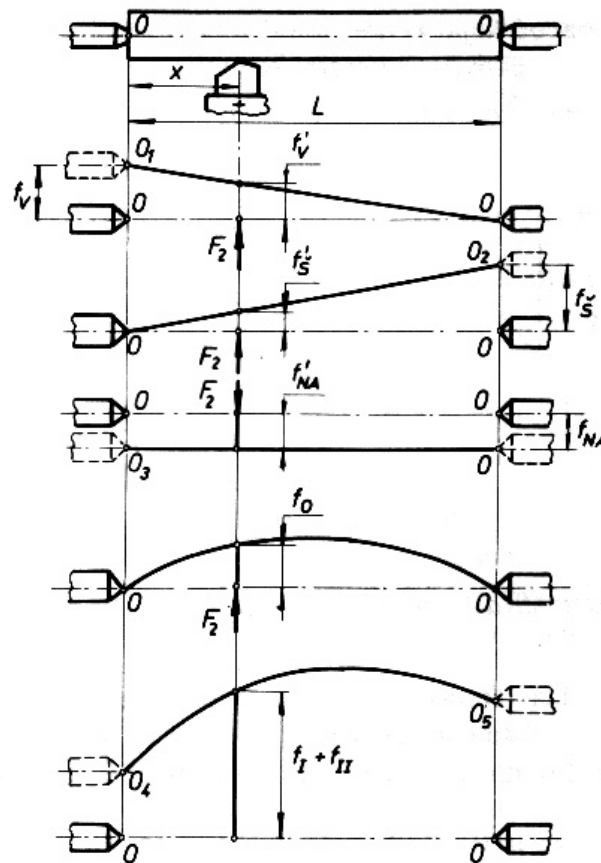
$$f_I + f_{II} = a - a_s$$

$$f_I = f'_A + f'_{NA} + f'_p$$

$$f_{II} = f'_V + f'_S + f'_o$$

$$f'_{NA} + f'_V + f'_S + f'_o = a - a_s$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak



Sl. 6.13. Šema elementarnih i rezultujućih elastičnih deformacija pri struganju

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak

$$f_{NA'} = \frac{F_2}{K_{NA}}, \quad f_{V'} = \frac{F_2}{K_V} \left(\frac{L-x}{L} \right)^2$$

$$f_{\check{S}'} = \frac{F_2}{K_{\check{S}}} \left(\frac{x}{L} \right)^2, \quad f_{O'} = \frac{F_2}{3EJ} \frac{X^2 (L-x)^2}{L}$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak

$$a - a_s = F_2 \left[\frac{1}{K_{NA}} + \frac{1}{K_V} \left(\frac{L-x}{L} \right)^2 + \frac{1}{K_{\xi}} \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \frac{1}{3EJ} \frac{x^2(L-x)^2}{L} \right]$$

$$\Delta = F_2 \left[\frac{1}{K_{NA}} + \frac{1}{K_V} \left(\frac{L-x}{L} \right)^2 + \frac{1}{K_{\xi}} \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \frac{1}{3EJ} \frac{x^2(L-x)^2}{L} \right]$$

$$\Delta = F_2 \left[\frac{1}{K_P} + \frac{1}{K_A} + \frac{1}{K_{NA}} + \frac{1}{K_V} \left(\frac{L-x}{L} \right)^2 + \frac{1}{K_{\xi}} \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \frac{1}{3EJ} \frac{x^2(L-x)^2}{L} \right]$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak

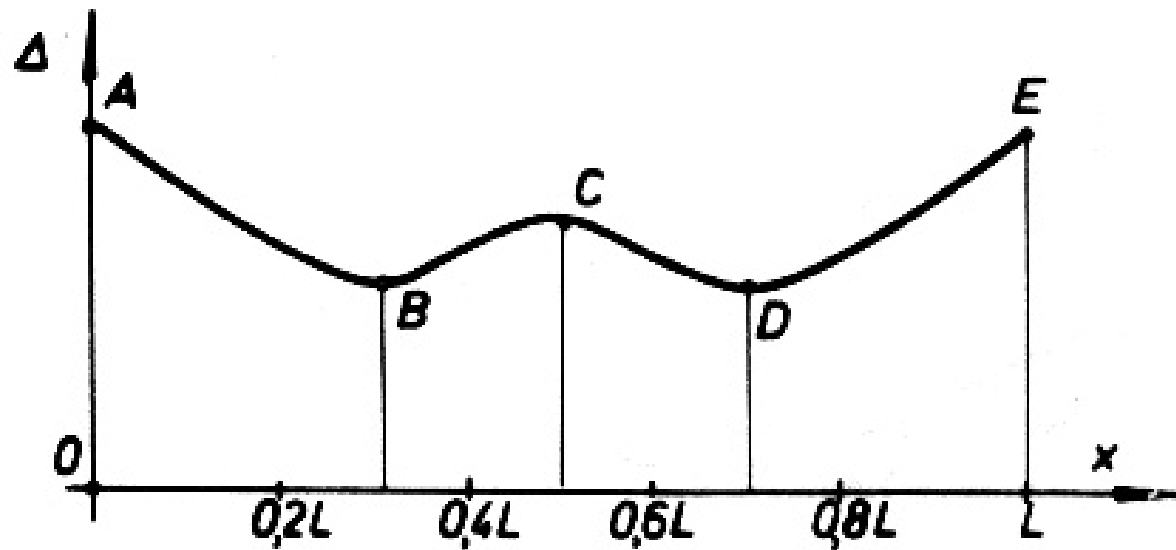
✦ Oblik izvodnice obratka se ispituje iz j-ne 6.18, primenom matematičke analize – ekstremum (min, max)

$$\frac{d\Delta}{dx} = \frac{2F_2}{L} \left[\frac{2x^3}{3EJ} - \frac{L}{3EJ} x^2 + \left(\frac{L^2}{3EJ} + \frac{1}{K_V L} + \frac{1}{K_{\check{S}} L} \right) x - \frac{1}{K_V} \right] = 0$$

Odnosno iz svedenog oblika – 6.20

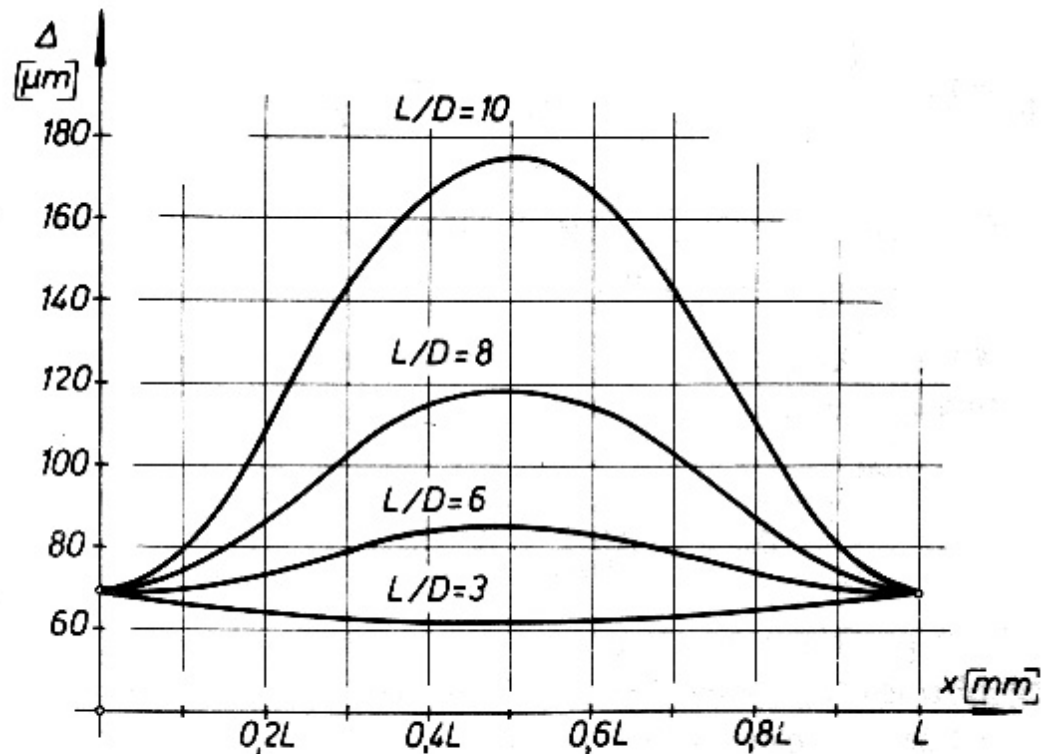
$$y^3 + 3py + 2q = 0$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak



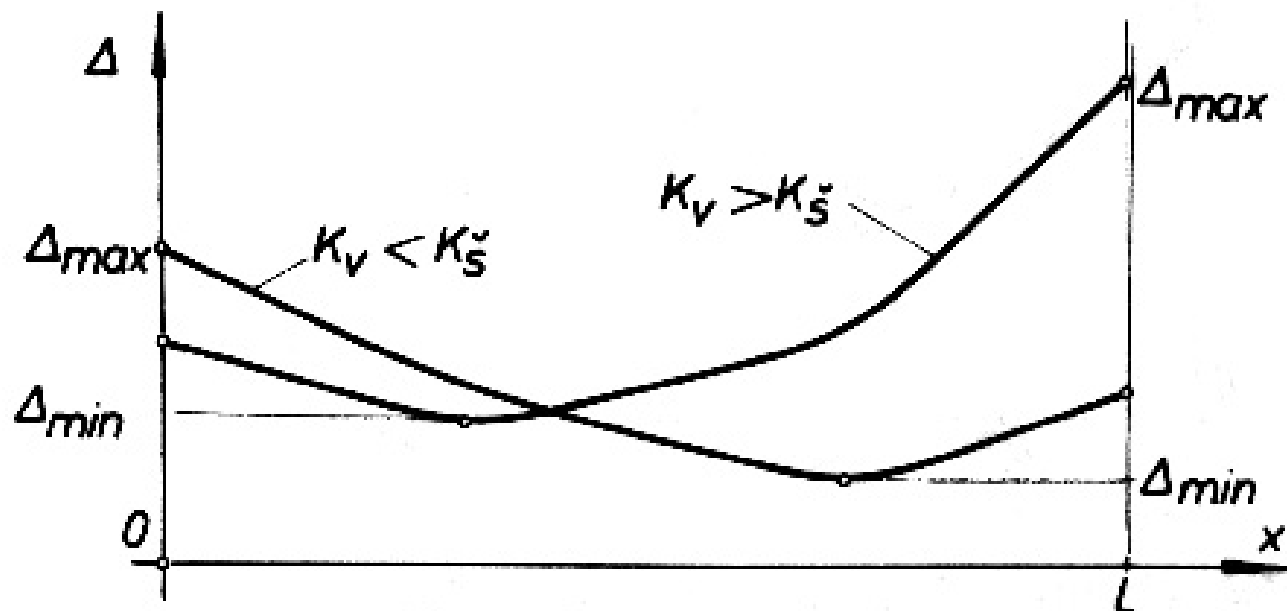
Sl. 6.14. Opšti oblik uzdužnog profila izratka pri $K_v = K_s$

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak



Sl. 6.15. Greške mere i oblika izratka pri obradi na strugu u zavisnosti od L/D ($K_v = K_g$)

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak



Sl. 6.16. Oblik uzdužnog profila izratka pri $K_v > K_s$ i $K_v < K_s$

Greške obrade pri uzdužnom struganju - nastavak



$$\Delta_{x=0} = F_2 \left(\frac{1}{K_{NA}} + \frac{1}{K_V} \right), \quad \Delta_{x=L} = F_2 \left(\frac{1}{K_{NA}} + \frac{1}{K_{\dot{S}}} \right),$$

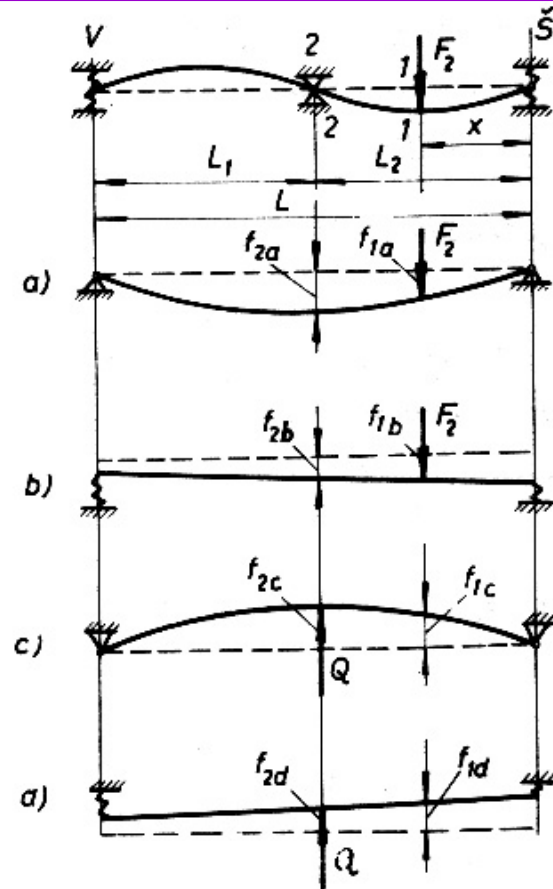
✱ Greška oblika izratka posle obrade na strugu je:

$$\Delta = 2(\Delta_{\max} - \Delta_{\min})$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca

- ✦ Smanjenje greške mera i oblika pri uzdužnoj obradi na strugu između šiljaka može se postići korišćenjem pomoćnih oslonaca
- ✦ Obradak se posmatra kao greda sa tri oslonca
- ✦ Uzima se da je statička krutost nepokretnog oslonca (pomoćnog) apsolutno kruta
- ✦ Pomeranje u preseku 2-2 (na mestu pomoćnog oslonca) je jednako nuli

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca



Sl. 6.20. Elementarne elastične deformacije obratka poduprtog nepokretnim osloncem

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca

- ✱ a) i b) bez pomoćnog oslonca
- ✱ c) i d) sa pomoćnim osloncem, gde je Q – reakcija oslonca

$$\text{✱ } f_{2a} + f_{2b} + f_{2c} + f_{2d} = 0$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca

Šema opterećenja (sl.6.20)	Pomeranja u preseku 1-1	Pomeranja u preseku 2-2
a	$f_{1a} = \frac{F_2}{3EJ} \frac{x(L-x)^2}{L}$	$f_{2a} = \frac{F_2 L_1 x}{6EJL} (L^2 - x^2 - L_1^2)$
b	$f_{1b} = \frac{F_2}{K_S} \left(\frac{L-x}{L}\right)^2 + \frac{F_2}{K_V} \left(\frac{x}{L}\right)^2$	$f_{2b} = \frac{F_2}{L} \left[\frac{x}{K_V} + \frac{L_1}{L} \left(\frac{L-x}{K_S} - \frac{x}{K_V} \right) \right]$
c	$f_{1c} = -\frac{Q L_1 x}{6EJL} (L^2 - x^2 - L_1^2)$	$f_{2c} = -\frac{Q}{3EJ} \frac{L_1^2 L_2^2}{L}$
d	$f_{1d} = -\frac{Q}{L} \left[\frac{L_1}{K_S} + \frac{x}{L} \left(\frac{L_2}{K_V} - \frac{L_1}{K_S} \right) \right]$	$f_{2d} = -\frac{Q}{K_S} \left(\frac{L-L_2}{L} \right)^2 + \frac{Q}{K_V} \left(\frac{L_2}{L} \right)^2$

TABLICA 6.1.

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca



$$Q = F_2 \frac{\frac{L_1 x}{EJ} (L^2 - x^2 - L_1^2) + \frac{x}{K_V} + \frac{L_1}{L} \left(\frac{L - x}{K_{\check{s}}} - \frac{x}{K_V} \right)}{\frac{L_1^2 L_2^2}{3EJ} + \frac{1}{L} \left[\frac{(L - L_2)^2}{K_{\check{s}}} + \frac{L_2^2}{K_V} \right]}$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca

✦ Kada je pomoćni oslonac na sredini, a šiljak i vreteno imaju veliku krutost, onda je:

$$Q \approx \frac{F_2 x (3L^2 - 4x^2)}{L^3}$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca

✠ Kada se koristi pokretni oslonac, uz pretpostavku krutog postolja i alata, uzimajući u obzir krutosti: *vretena, nosača šiljka, obratka, pokretnog oslonca i nosča alata*, sledi j-na:

$$\Delta = a - a_s = f_1 + f_2$$

gde je: f_1 – elastično pomeranje obratka i oslonca u tom preseku

f_2 - elastična deformacija nosača alata

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca

✦ Konačna j-na greška obrade u posmatranom preseku (1-1) pri upotrebi pokretnog oslonca je:

$$\Delta = F_2 \left(\frac{1}{K_S} + \frac{1}{K_{OS}} + \frac{1}{K_{NA}} \right)$$

Greške obrade pri uzdužnom struganju – uticaj pomoćnih oslonaca

✦ Komentar j-ne (6.31)

- ✦ $\Delta = \text{const.}$, izvodnica obratka je prava linija, što znači da je krutost pokretnog oslonca vrlo velika
- ✦ kada je $K_{os} = 0$, onda j-na (6.31) prelazi u oblik greške bez pomoćnog oslonca

Hvala Vam na pažnji !

Vaš

**Prof. dr Vidosav D. Majstorović,
dipl. maš. inž.,
Mašinski fakultet u Beogradu**

P I T A N J A !