

KATEDRA ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO
UPRAVLJANJE KVALITETOM PROIZVODA (0109)
UPRAVLJANJE KVALITETOM PROIZVODA I (0117)

JUL 2005. god.

I grupa

PISMENI ISPIT

1. U tabeli 1 prikazana su pripremna vremena pri obradi uzorka od 699 komada iz jedne serije od 10 000 odlivaka. Sve odlivke u pomoćni pribor postavljao je jedan opslužilac na istoj mašini. Potrebno je:
- proceniti koliko je pripremnog vremena potrošeno za čitavu seriju odlivaka,
 - proveriti hipotezu o normalnosti rasporeda utrošenog pripremnog vremena u čitavoj seriji odlivaka, pomoću χ^2 -testa.

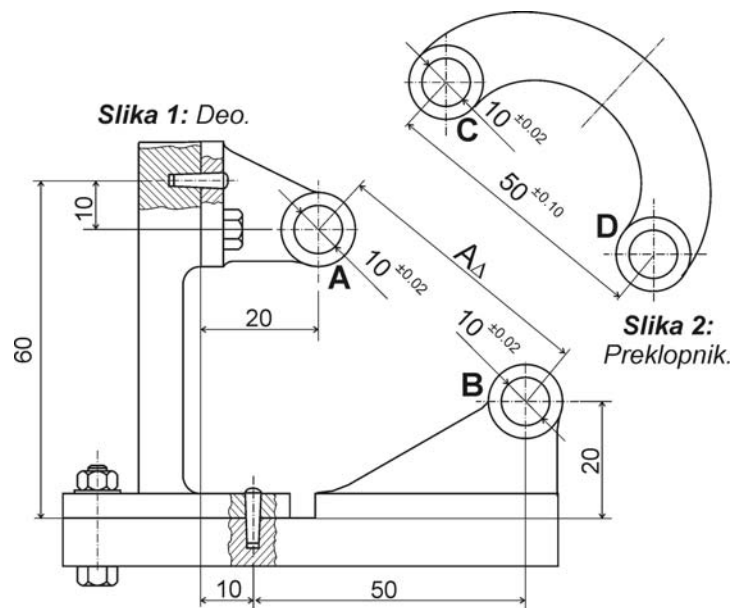
Tabela 1.

| x_i [s] | 30 do 40 | 40 do 50 | 50 do 60 | 60 do 70 | 70 do 80 | 80 do 90 | 90 do 100 | 100 do 110 | 110 do 120 | 120 do 130 | 130 do 140 | 140 do 150 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| f_i | 6 | 9 | 25 | 46 | 78 | 108 | 141 | 125 | 84 | 48 | 21 | 8 |

2. Na produkcionom strugu vrši se uzdužna obrada cilindričnog obratka $\varnothing 86 \times 420$ mm. Poznate su sledeće karakteristike obradnog sistema i procesa:

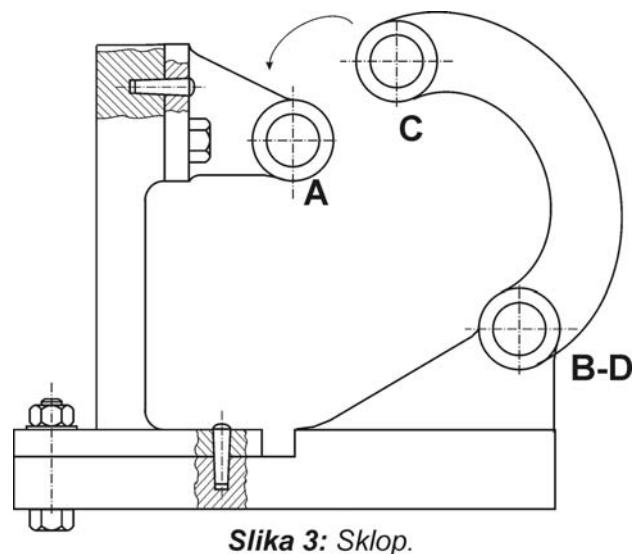
- statička krutost GV iznosi $4.9 \cdot 10^4$ N/mm;
- statička krutost nosača šiljka sa šiljkom iznosi $4.5 \cdot 10^4$ N/mm;
- statička krutost nosača alata iznosi $4.1 \cdot 10^4$ N/mm;
- modul elastičnosti materijala vratila iznosi $2.2 \cdot 10^5$ N/mm²;
- sila prodiranja iznosi $2.3 \cdot 10^3$ N;
- popustljivost ostalih elemenata obradnog sistema se može zanemariti.

Odrediti grešku obrade usled popustljivosti elemenata obradnog sistema, na sredini dužine obratka.



3. a) Metodom apsolutne zamenljivosti, empirijskim postupkom, odrediti nominalnu meru, širinu tolerancijskog polja i gornje i donje odstupanje rastojanja otvora A i B (slika 1). Poznato je da se mere delova sklopa ostvaruju sa tolerancijom $T_i = 0.04$ mm, simetrično raspoređenom oko nominalne mere.

- b) Na slici 2 prikazan je crtež preklopnika koji se montira na sklop na slici 1. Otvori B i D se povezuju osnovicom, slika 3 i za tako dobijeni zglob utvrđena je max vrednost odstupanja od koaksijalnosti otvora B i D u sklopu, veličine 0.1 mm. Odrediti max vrednost prečnika osovinice koja može proći kroz otvore A i C u sklopljenom položaju preklopnika, za bilo koju vrednost dimenzija sklopa u okviru propisanih tolerancijskih granica.



PRVA GRUPA - REŠENJA**1. ZADATAK**

a) Da bismo odredili odgovarajuće računске vrednosti parametara lokacije i disperzije uzorka, koristimo tabelu 2.

Tabela 2. Pomoćna tabela za izračunavanje računskih vrednosti arit. sredine i stand. devijacije.

| RB | x_i [mm] | f_i | $x_i - a$ | $(x_i - a)^2$ | $(x_i - a) \cdot f_i$ | $(x_i - a)^2 \cdot f_i$ |
|-----|------------|-------|-----------|---------------|-----------------------|-------------------------|
| 1. | 35 | 6 | -60 | 3600 | -360 | 21600 |
| 2. | 45 | 9 | -50 | 2500 | -450 | 22500 |
| 3. | 55 | 25 | -40 | 1600 | -1000 | 40000 |
| 4. | 65 | 46 | -30 | 900 | -1380 | 41400 |
| 5. | 75 | 78 | -20 | 400 | -1560 | 31200 |
| 6. | 85 | 108 | -10 | 100 | -1080 | 10800 |
| 7. | $a = 95$ | 141 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8. | 105 | 125 | 10 | 100 | 1250 | 12500 |
| 9. | 115 | 84 | 20 | 400 | 1680 | 33600 |
| 10. | 125 | 48 | 30 | 900 | 1440 | 43200 |
| 11. | 135 | 21 | 40 | 1600 | 840 | 33600 |
| 12. | 145 | 8 | 50 | 2500 | 400 | 20000 |
| | Σ | 699 | | Σ | -220 | 310400 |

gde je: $a = 95$ s \equiv vrednost karakteristike kvaliteta sa najvećom frekvencijom.

Računsku vrednost aritmetičke sredine uzorka dobijamo prema sledećem obrascu:

$$\bar{x}_{\text{rac}} = a + \frac{1}{N} [\Sigma (x_i - a) \cdot f_i] = 95 + \frac{1}{699} \cdot (-220) = 94.685 \text{ s,}$$

a standardnu grešku prema:

$$\sigma_{\text{rac}} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot [\Sigma (x_i - a)^2 f_i] - (\bar{x} - a)^2} = \sqrt{\frac{1}{699} \cdot 310400 - (94.685 - 95)^2} = 21.070 \text{ s.}$$

Na osnovu prethodnog zaključujemo da će za čitavu seriju odlivaka biti potrebno potrošiti:

$$T_{\text{prip.uk.}} = 10000 \cdot 94.685 = 946850 \text{ s} \approx 263 \text{ h.}$$

b) Provera hipoteze o normalnosti osnovnog skupa pomoću χ^2 -testa, vrši se prema tabeli 3:

Tabela 3. Pomoćna tabela za primenu χ^2 -testa.

| r.br. | x_i [mm] | $ x_i - \bar{x} $ | $t = \frac{ x_i - \bar{x} }{\sigma}$ | $\varphi(t) = \frac{e^{-\frac{t^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}$ | $f_t = \frac{d \cdot n}{\sigma} \cdot \varphi(t)$ | f_e | $ f_e - f_t $ | $\frac{ f_e - f_t ^2}{f_t}$ |
|-------|------------|-------------------|--------------------------------------|---|---|-------|---------------|-----------------------------|
| 1. | 35 | 59,685 | 2,833 | 0,007 | 2,395 | 6 | 3,605 | 5,425 |
| 2. | 45 | 49,685 | 2,358 | 0,025 | 8,209 | 9 | 0,791 | 0,076 |
| 3. | 55 | 39,685 | 1,883 | 0,068 | 22,460 | 25 | 2,540 | 0,287 |
| 4. | 65 | 29,685 | 1,409 | 0,148 | 49,057 | 46 | 3,057 | 0,191 |
| 5. | 75 | 19,685 | 0,934 | 0,258 | 85,542 | 78 | 7,542 | 0,665 |
| 6. | 85 | 9,685 | 0,460 | 0,359 | 119,078 | 108 | 11,078 | 1,031 |
| 7. | 95 | 0,315 | 0,015 | 0,399 | 132,332 | 141 | 8,668 | 0,568 |
| 8. | 105 | 10,315 | 0,490 | 0,354 | 117,402 | 125 | 7,598 | 0,492 |
| 9. | 115 | 20,315 | 0,964 | 0,251 | 83,150 | 84 | 0,850 | 0,009 |
| 10. | 125 | 30,315 | 1,439 | 0,142 | 47,014 | 48 | 0,986 | 0,021 |
| 11. | 135 | 40,315 | 1,913 | 0,064 | 21,221 | 21 | 0,221 | 0,002 |
| 12. | 145 | 50,315 | 2,388 | 0,023 | 7,647 | 8 | 0,353 | 0,016 |
| | Σ | | | | 695.507 | 699 | $\chi^2 =$ | 8.783 |

Teorijske frekvencije su izračunate pomoću izraza: $f_t = \frac{d \cdot n}{\sigma} \cdot \varphi(t)$, gde su:

- $d = 10 \text{ s} \equiv$ širina grupnog intervala, i
- $n = 699 \equiv$ ukupan broj uzoraka.

Kao krajnji rezultat proračuna dobija se: $\chi^2 = 8.783$.

Kod normalnog teorijskog rasporeda, broj stepeni slobode je definisan opštim izrazom:

$$k = 12 - n_1 - 3 = 12 - 0 - 3 = 9,$$

gde je $n \equiv$ broj početnih grupnih intervala, $n_1 \equiv$ broj sažetih grupnih intervala. Brojka 3 u proračunu označava da imamo tri dodatna uslova: $\sum f_e = 699$, $\bar{x} = 94.685$, $i = 21.070$.

Prema UKP, metode 2, tab.VIII, str.243, za $k = 4$, dobijamo:

- $P(8.343) = 0.50$, i
- $P(10.656) = 0.30$,

pa pošto je $8.343 < 8.783 < 10.656$, tačnu vrednost verovatnoće dobijamo interpolacijom i ona iznosi:

$$P(8.783) = 0.462.$$

Dobijena verovatnoća $P(8.783) = 0.462$, koja označava da za 46.2 % može biti premašeno $\chi^2 = 8.783$, veća je od 5%, što, prema UKP, metode 2, str. 90, ukazuje na to da su razlike između empirijskih i teorijskih frekvencija slučajne i da je hipoteza o normalnosti empirijskog rasporeda istinita, tj. prihvata se. Dakle, empirijski skup se podvrgava teorijskom normalnom zakonu.

Napomena: strogo uzevši, dobijeni rezultati ne pokazuju da se hipoteza prihvata, već da se ne može odbaciti.

2. ZADATAK

Zadate su sledeće veličine:

- dimenzije obratka iznose: $\varnothing 86 \times 420 \text{ mm}$;
- statička krutost GV iznosi: $K_V = 4.9 \cdot 10^4 \text{ N/mm}$;
- statička krutost nosača šiljka sa šiljkom iznosi: $K_S = 4.5 \cdot 10^4 \text{ N/mm}$;
- statička krutost nosača alata iznosi: $K_{NA} = 4.1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}$;
- modul elastičnosti materijala vratila iznosi: $E = 2.2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$;
- sila prodiranja iznosi: $F_2 = 2.3 \cdot 10^3 \text{ N}$;
- popustljivost ostalih elemenata obradnog sistema se može zanemariti: $1/K_p = 1/K_A \equiv 0$;
- aksijalni moment inercije kruga se dobija prema obrascu:

$$I_x = I_y = \frac{D^4 \pi}{64}$$

Ukupna greška obrade usled elastičnih deformacija obradnog sistema pri uzdužnom struganju dobija se prema opštem obrascu:

$$\Delta = F_2 \left[\frac{1}{K_p} + \frac{1}{K_A} + \frac{1}{K_{NA}} + \frac{1}{K_V} \left(\frac{L-x}{L} \right)^2 + \frac{1}{K_S} \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \frac{1}{3EI} \cdot \frac{x^2 \cdot (L-x)^2}{L} \right],$$

koji, kad se zameni moment inercije odgovarajućom formulom, na sredini dužine obratka ($x = L/2$), dobija sledeći oblik:

$$\Delta = F_2 \left[\frac{1}{K_{NA}} + \frac{1}{K_V} \left(\frac{L - \frac{L}{2}}{L} \right)^2 + \frac{1}{K_S} \left(\frac{\frac{L}{2}}{L} \right)^2 + \frac{64}{3 \cdot E \cdot \pi \cdot D^4} \cdot \frac{x^2 \cdot \left(L - \frac{L}{2} \right)^2}{L} \right] \Rightarrow$$

$$\Delta = F_2 \left[\frac{1}{K_{NA}} + \frac{1}{4K_V} + \frac{1}{4K_S} + \frac{4L^3}{3 \cdot E \cdot \pi \cdot D^4} \right]$$

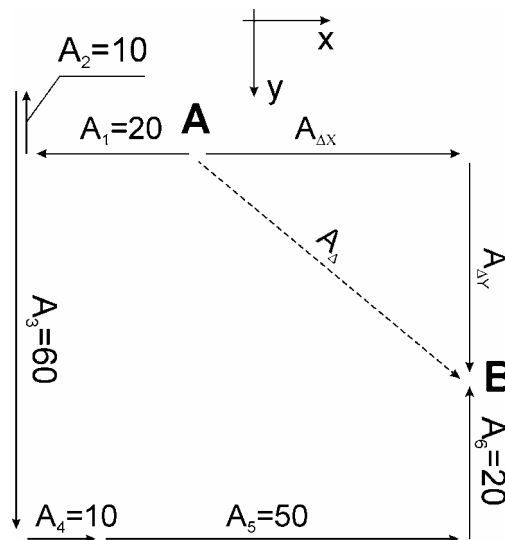
Unošenjem konkretnih vrednosti dobijamo traženu vrednost greške pri uzdužnoj obradi na sredini dužine obratka:

$$\Delta = 2.3 \cdot 10^3 \left[\frac{1}{4.1 \cdot 10^4} + \frac{1}{4 \cdot 4.9 \cdot 10^4} + \frac{1}{4 \cdot 4.5 \cdot 10^4} + \frac{4 \cdot 420^3}{3 \cdot 2.2 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot 86^4} \right] \Rightarrow$$

$$\Delta = 0.087 \text{ mm.}$$

3. ZADATAK

a) Merni lanac za deo na slici 1, prikazan je slikom 4.



Slika 4: Merni lanac.

Nominalna vrednost završnog člana mernog lanca, u slučaju kada su svi sastavni članovi raspoređeni u dva međusobno upravna pravca x i y, može se, pored metode projektovanja na pravac završnog člana, rešiti i na sledeći način: odrede se komponente vektora završnog člana u pravcima x i y,

$$A_{\Delta_x} = -A_1 + A_4 + A_5 = -20 + 10 + 50 = 40 \text{ mm,}$$

$$A_{\Delta_y} = -A_2 + A_3 - A_6 = -10 + 60 - 20 = 30 \text{ mm,}$$

a zatim se primenom Pitagorine teoreme odredi završni član:

$$A_{\Delta} = \sqrt{A_{\Delta_x}^2 + A_{\Delta_y}^2} = 50 \text{ mm.}$$

Na sličan način se mogu odrediti i granične mere završnog člana:

$$A_{\Delta_{xg}} = -A_{1d} + A_{4g} + A_{5g} = -(20 - 0.02) + (10 + 0.02) + (50 + 0.02) = 40.06 \text{ mm,}$$

$$A_{\Delta_{yg}} = -A_{2d} + A_{3g} - A_{6d} = -(10 - 0.02) + (60 + 0.02) - (20 - 0.02) = 30.06 \text{ mm,}$$

$$A_{\Delta_g} = \sqrt{A_{\Delta_{xg}}^2 + A_{\Delta_{yg}}^2} = \sqrt{40.06^2 + 30.06^2} = 50.084 \text{ mm,}$$

$$A_{\Delta_{xd}} = -A_{1g} + A_{4d} + A_{5d} = -(20 + 0.02) + (10 - 0.02) + (50 - 0.02) = 39.94 \text{ mm,}$$

$$A_{\Delta_{yd}} = -A_{2g} + A_{3d} - A_{6g} = -(10 + 0.02) + (60 - 0.02) - (20 + 0.02) = 29.94 \text{ mm,}$$

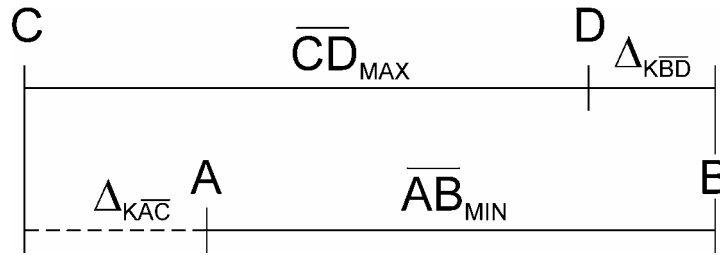
$$A_{\Delta_d} = \sqrt{A_{\Delta_{xd}}^2 + A_{\Delta_{yd}}^2} = \sqrt{39.94^2 + 29.94^2} = 49.916 \text{ mm,}$$

$$T_{\Delta} = A_{\Delta_g} - A_{\Delta_d} = 50.084 - 49.916 = 0.168 \text{ mm.}$$

Dakle, završni član mernog lanca ima sledeću vrednost:

$$A_{\Delta} = 50^{\pm 0.084} \text{ mm.}$$

b) Najnepovoljniji slučaj u sklopu preklopnika i dela prikazan je slikom 5:



Slika 5: Najnepovoljnija kombinacija mera u sklopu.

gde su:

- $\overline{CD}_{MAX} = 50 + 0.1 = 50.1$ mm – gornje granično odstupanje osa centara otvora C i D na preklopniku,
- $\overline{AB}_{MIN} = 50 - 0.084 = 49.916$ mm – donje granično odstupanje osa centara otvora A i B na delu,
- $\Delta_{KBD} = 0.1$ mm – odstupanje od koaksijalnosti osa otvora B i D u sklopu,
- Δ_{KAC} – gornje granično odstupanje rastojanja centara otvora A i C u sklopu.

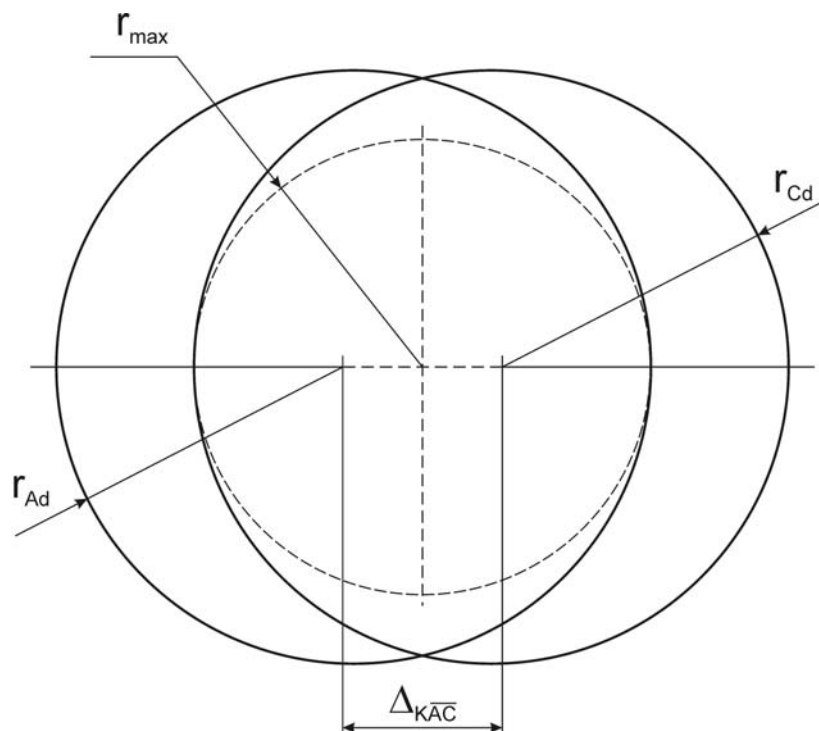
Ovu poslednju veličinu, prema slici 6, možemo dobiti kao:

$$\Delta_{KAC} = \overline{CD}_{MAX} - \Delta_{KBD} + \overline{AB}_{MIN} = 50.1 + 0.1 - 49.916 = 0.284 \text{ mm.}$$

Maksimalnu vrednost prečnika osovinice koja može da prođe kroz otvore A i C u sklopu, za bilo koju kombinaciju gore navedenih mera, odgovara upravo najnepovoljnijoj kombinaciji i dobijamo je uz pomoć slike 6:

$$d_{MAX} = 2r_{MAX} = r_{Ad} + r_{Cd} - \Delta_{KAC} = \frac{d_{Ad}}{2} + \frac{d_{Cd}}{2} - \Delta_{KAC} = \frac{10 - 0.02}{2} + \frac{10 - 0.02}{2} - 0.284 \Rightarrow$$

$$d_{MAX} = 9.696 \text{ mm.}$$



Slika 6: Maksimalni prečnik osovinice.