

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

JUN 2004. god.

I grupa

PISMENI ISPIT

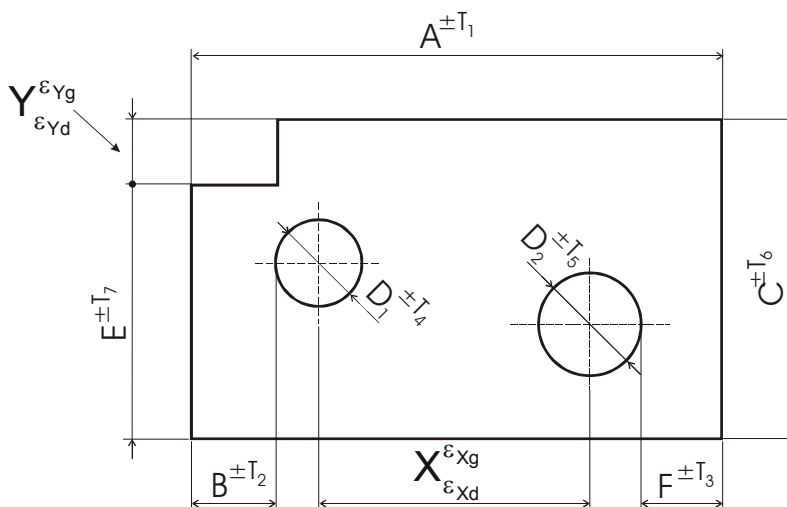
- Prilikom ispitivanja postojanosti jedne serije alata utvrđeno je $\bar{T} = 160$ min i $s = 5.15$ min. Odrediti veličinu uzorka, pod uslovom da se srednja postojanost alata nalazi u granicama poverenja $[158 \div 162]$ min, uz pouzdanost 97%.
- Na automatu se spoljašnjim uzdužnim struganjem obrađuje površina $\varnothing 60^{+0.06}_{-0.04}$ mm, dužine 160 mm, sa sledećim režimom: $v = 100$ m/min, $s = 0.18$ mm/o i $a = 2.5$ mm. Alat je regulisan na meru $x_r = 60$ mm. Ostali uslovi obrade su:
 - Alat je regulisan metodom probnih komada sa $n = 6$, pri greškama $\Delta_p = 0.015$ mm i $\Delta_m = 0.01$ mm; napravljen je od veoma otpornih materijala pa ga karakteriše izuzetno velika postojanost;
 - Utvrđen je raspon $\bar{R} = 15$ μ m na 20 uzoraka, sa po 5 elemenata u uzorku;
 - Otpor prodiranja: $F_2 = 875 \cdot a^{0.9} \cdot s^{0.75}$ [N];
 - Temperaturna dilatacija noža: $\Delta L = 0.03$ mm; i
 - Poznata je zavisnost parametara habanja B_r (merenog u pravcu normale na obrađenu površinu) od vremena rezanja (tabela 1).

Tabela 1

B_r [mm]	0.006	0.007	0.010	0.015	0.022	0.030	0.040
t [min]	200	300	400	550	650	700	750

Potrebno je:

- Odrediti krutost obradnog sistema K_s (smatrati da je ona približno konstantna duž ose obratka) ako je do prvog periodičnog regulisanja alata obrađeno ukupno 300 komada radnih predmeta;
 - Utvrđiti novu vrednost x_r pri kojoj se može obraditi maksimalna količina tačnih izradaka; i
 - Izračunati maksimalni broj komada iz prethodne tačke.
3. Izračunati vrednosti karakteristika kvaliteta $X_{\varepsilon_{Xd}}^{\varepsilon_{Xg}}$ i $Y_{\varepsilon_{Yd}}^{\varepsilon_{Yg}}$ (Slika 1). Precizno navesti vrednosti nominalnih mera, gornjih i donjih graničnih odstupanja.



Slika 1.

REŠENJA – PRVA GRUPA**1. ZADATAK**

Verovatnoća da se srednja postojanost alata (aritmetička sredina osnovnog skupa \bar{X}) nalazi u intervalu $[158; 162]$, prema uslovima zadatka, iznosi 97%.

Ukoliko je veličina uzorka $n < 30$, tada važi:

$$P(158 < \bar{x} < 162) = 0.97 = 2S(t_p, k), \quad (1)$$

gde su:

- $t_p \equiv$ parametar Studentove raspodele (UKP M1, tab.3),
- $k = n - 1 \equiv$ broj stepeni slobode Studentove raspodele.

Međutim, ukoliko je veličina uzorka $n \geq 30$, tada važi:

$$P(158 < \bar{x} < 162) = 0.97 = 2\Phi(t), \quad (2)$$

gde su:

- $\bar{x} = \bar{T} \equiv$ aritmetička sredina uzorka,
- $t \equiv$ parametar normalne raspodele (UKP M1, tab.1).

Pošto je veličina uzorka nepoznata, a ne znamo čak ni da li je taj uzorak mali ($n < 30$) ili veliki ($n \geq 30$), moramo da pretpostavimo jedan od ta dva slučaja. Ako pretpostavimo da je uzorak mali, onda bi nam u daljim proračunima bila potrebna još jedna veličina za određivanje t_p , a to je broj stepeni slobode k , što uz veličinu uzorka n čini dve nepoznate, a nama na raspolaganju stoji samo jedna jednačina (1) ili (2). Zato nam ne preostaje ništa drugo nego da pretpostavimo da je uzorak veliki i primenimo jednačinu (2). Dakle:

$$2\Phi(t) = 0.97 \Rightarrow t = 2.17.$$

Dobijena vrednost parametra t nam omogućava da izračunamo tačnost aritmetičke sredine osnovnog skupa, na osnovu izvučenog uzorka:

$$\varepsilon = t_p \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

koja se za odgovarajuću pouzdanost 97% može izračunati i kao polovina zadatog intervala poverenja:

$$\bar{X} \in [\bar{x} - \varepsilon, \bar{x} + \varepsilon] = [158, 162] \Rightarrow 2\varepsilon = 162 - 158 = 4 \Rightarrow \varepsilon = 2 \text{ min.} \quad (4)$$

Sada možemo izračunati traženu veličinu uzorka, na osnovu jednačina (3) i (4):

$$t_p \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} = \varepsilon \Rightarrow n = \frac{t_p^2 \cdot s^2}{\varepsilon^2} = \frac{2.17^2 \cdot 5.15^2}{2^2} = 31.223.$$

Veličinu uzorka uvek zaokružujemo na prvi veći ceo broj, pa dobijamo: **$n = 32$** alata.

Vidimo da izračunata vrednost obima uzorka $n = 32$ jeste u saglasnosti sa polaznom pretpostavkom da je uzorak veliki ($n \geq 30$), što nam govori da nije neophodno primenjivati tablice za Studentovu raspodelu i da dobijeni rezultat možemo usvojiti kao tačan.

2. ZADATAK

a) Ukupna greška obrade se računa prema sledećem obrascu:

$$\Delta = \Delta_e + \Delta_h - \Delta_\theta + \sqrt{\Delta_{sl.}^2 + \Delta_p^2 + \Delta_m^2 + \Delta_n^2}.$$

Greška usled elastičnih deformacija noža se računa prema obrascu:

$$\Delta_e = \frac{2 \cdot F_2}{K_s} = \frac{2 \cdot C_2 a^{x_2} s^{y_2} k_{F_2}}{K_s} = \frac{2 \cdot 875 \cdot 2.5^{0.9} \cdot 0.18^{0.75}}{K_s} = \frac{1103.1598}{K_s}.$$

Greška usled toplotnih dilatacija noža se računa prema obrascu:

$$\Delta_\theta = 2 \cdot \Delta l = 2 \cdot 0.03,$$

i iznosi:

$$\Delta_\theta = 0.06 \text{ mm.}$$

Greške postavljanja alata i metoda merenja su zadate i iznose, sukcesivno:

$$\Delta_p = 0.015 \text{ mm}, \quad \Delta_m = 0.01 \text{ mm},$$

Slučajna greška se računa prema obrascu:

$$\Delta_{sl.} = 6 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = 6 \cdot \frac{0.015}{2.326} = 0.0387 \text{ mm},$$

gde je d_2 parametar koji odgovara obimu od 5 elemenata u uzorku i prema UKP M2, tab. 14, iznosi:

$$d_2 = 2.326.$$

Greška metoda probnih komada se računa prema obrascu:

$$\Delta_n = \frac{\Delta_{sl.}}{\sqrt{n_{PK}}} = \frac{0.0387}{\sqrt{6}},$$

i iznosi:

$$\Delta_n = 0.0158 \text{ mm.}$$

Greška usled habanja noža dobija se prema obrascu:

$$\Delta_h = 2 \cdot B_r(t),$$

pri čemu je funkcionalna zavisnost parametra habanja B_r od vremena zadata tablicom 1.

Trenutak vremena za koji određujemo vrednost parametra habanja iz tablice dobijamo primenom obrasca za ukupan put rezanja:

$$L_{uk.} = v \cdot t = \frac{D_{max} \cdot \pi \cdot l \cdot N}{s}$$

odakle sledi:

$$t = \frac{D_{max} \cdot \pi \cdot l \cdot N}{v \cdot s} = \frac{(60 + 2 \cdot 25) \cdot \pi \cdot 160 \cdot 300}{100000 \cdot 0.18} = 544.5427 \text{ min.}$$

Na osnovu toga, interpolacijom, dobijamo iz tabele 1:

$$B_r(t = 544.5427) = 0.0148 \text{ mm},$$

a odatle sledi dalje:

$$\Delta_h = 2 \cdot B_r = 2 \cdot 0.0148 = 0.0296 \text{ mm.}$$

Kada se sve dobijene vrednosti zamene u obrazac za ukupnu grešku obrade, dobije se:

$$\Delta = \frac{1103.1598}{K_s} + 0.0296 - 0.06 + \sqrt{0.0387^2 + 0.015^2 + 0.01^2 + 0.0158^2} \text{ mm},$$

$$\Delta = \frac{1103.1598}{K_s} + 0.0296 - 0.06 + 0.0455 = \frac{1103.1598}{K_s} + 0.0151 \text{ mm},$$

Ova greška ne sme biti veća od raspoloživog dela tolerancijskog polja, koji se, s obzirom na to da se radi o spoljašnjem struganju i da je poznata vrednost radne mere, dobija prema obrascu:

$$T_{ras.} = x_g - x_r = 60.06 - 60 = 0.06 \text{ mm},$$

pa zaključujemo:

$$\Delta = \frac{1103.1598}{K_s} + 0.0151 \leq T_{\text{ras.}} = 0.06,$$

što se u ekstremnom slučaju pretvara u:

$$\frac{1103.1598}{K_s} + 0.0151 = 0.06,$$

odakle napokon dobijamo traženu vrednost **krutosti sistema**:

$$K_s = \frac{1103.1598}{0.06 - 0.0151} + 0.0151 = 24569.2606 \frac{\text{N}}{\text{mm}}.$$

Sada su se stekli uslovi i za izračunavanje nepoznate **greške usled elastičnosti** elemenata obradnog sistema:

$$\Delta_e = \frac{1103.1598}{K_s} = \frac{1103.1598}{245689.2606} = 0.0449 \text{ mm}.$$

b) Najpre proveravamo ispunjenost sledećeg uslova:

$$\Delta_\theta = 0.06 < \Delta_e + \Delta_{II} = \Delta_e + \sqrt{\Delta_{sl.}^2 + \Delta_p^2 + \Delta_m^2 + \Delta_n^2} = 0.0449 + 0.0455 = 0.0904 \text{ [mm]}.$$

Pošto vidimo da je pomenuti uslov ispunjen a radi se o spoljašnjem struganju zaključujemo da je **nova vrednost x_r** pri kojoj se može obraditi maksimalna količina tačnih izradaka jednaka donjoj graničnoj meri, odnosno:

$$x'_r = x_d = 59.96 \text{ mm}.$$

c) Nova vrednost raspoloživog dela tolerancijskog polja iznosi:

$$T'_{\text{ras.}} = x_g - x'_r = 60.06 - 59.96 = 0.1 \text{ mm},$$

Kada tu vrednost ubacimo u obrazac za maksimalnu ukupnu grešku:

$$\Delta_{\text{max}} = \Delta_e + \Delta'_h - \Delta_\theta + \sqrt{\Delta_{sl.}^2 + \Delta_p^2 + \Delta_m^2 + \Delta_n^2} = T'_{\text{ras.}},$$

dobijamo maksimalnu dozvoljenu vrednost greške usled habanja noža:

$$\Delta'_h = T'_{\text{ras.}} - \sqrt{\Delta_{sl.}^2 + \Delta_p^2 + \Delta_m^2 + \Delta_n^2} - \Delta_e + \Delta_\theta,$$

odnosno:

$$\Delta'_h = 0.1 - 0.0455 - 0.0449 + 0.06 = 0.0696 \text{ mm}.$$

Sledi da je maksimalna dozvoljena vrednost parametra habanja:

$$B'_r = \frac{\Delta'_h}{2} = \frac{0.0696}{2} = 0.0348,$$

koja će nastupiti u trenutku $t' = 724$ min, što se dobija interpolacijom, na osnovu tabele 1 i odgovara konstataciji iz teksta zadatka da se radi o alatu ekstremno velike postojanosti.

Novu, **maksimalnu vrednost broja izrađenih komada**, dobijamo prema obrascu:

$$N_{\text{max}} = \frac{t' \cdot v \cdot s}{D_{\text{max}} \cdot \pi \cdot l} = \frac{724 \cdot 100000 \cdot 0.18}{(60 + 2 \cdot 2.5) \cdot \pi \cdot 160} = 398.87 \text{ komada}.$$

Maksimalni broj komada uvek zaokružujemo na prvi manji ceo broj, pa napokon dobijamo:

$$N_{\text{max}} = 398 \text{ komada}.$$

3. ZADATAK

Merni lanac u kome učestvuje nepoznata karakteristika X:

$$X = A - B - F - \frac{1}{2}D_1 - \frac{1}{2}D_2$$

$$X_g = A_g - B_d - F_d - \frac{1}{2}D_{1d} - \frac{1}{2}D_{2d}$$

$$X + \varepsilon_{Xg} = (A + T_1) - (B - T_2) - (F - T_3) - \frac{1}{2}(D_1 - T_4) - \frac{1}{2}(D_2 - T_5)$$

$$X + \varepsilon_{Xg} = \left(A - B - F - \frac{1}{2}D_1 - \frac{1}{2}D_2 \right) + \left[T_1 + T_2 + T_3 + \frac{1}{2}T_4 + \frac{1}{2}T_5 \right]$$

Vrednost gornjeg graničnog odstupanja za karakteristiku X iznosi:

$$\varepsilon_{Xg} = T_1 + T_2 + T_3 + \frac{1}{2}T_4 + \frac{1}{2}T_5$$

$$X_d = A_d - B_g - F_g - \frac{1}{2}D_{1g} - \frac{1}{2}D_{2g}$$

$$X + \varepsilon_{Xd} = (A - T_1) - (B + T_2) - (F + T_3) - \frac{1}{2}(D_1 + T_4) - \frac{1}{2}(D_2 + T_5)$$

$$X + \varepsilon_{Xd} = \left(A - B - F - \frac{1}{2}D_1 - \frac{1}{2}D_2 \right) - \left[T_1 + T_2 + T_3 + \frac{1}{2}T_4 + \frac{1}{2}T_5 \right]$$

Vrednost donjeg graničnog odstupanja za karakteristiku X iznosi:

$$\varepsilon_{Xd} = -\left(T_1 + T_2 + T_3 + \frac{1}{2}T_4 + \frac{1}{2}T_5 \right).$$

Merni lanac u kome učestvuje nepoznata karakteristika Y:

$$Y = C - E$$

$$Y_g = C_g - E_d$$

$$Y + \varepsilon_{Yg} = (C + T_6) - (E - T_7)$$

$$Y + \varepsilon_{Yg} = (C - E) + (T_6 + T_7)$$

Vrednost gornjeg graničnog odstupanja za karakteristiku Y iznosi:

$$\varepsilon_{Yg} = T_6 + T_7.$$

$$Y_d = C_d - E_g$$

$$Y + \varepsilon_{Yd} = (C - T_6) - (E + T_7)$$

$$Y + \varepsilon_{Yd} = (C - E) - (T_6 + T_7)$$

Vrednost gornjeg graničnog odstupanja za karakteristiku Y iznosi:

$$\varepsilon_{Yd} = -(T_6 + T_7).$$