

Peta auditorna vežba iz Upravljanja kvalitetom proizvoda 1

ANALITIČKI METOD (ispitni zadaci)**1. MART 2001, Gr1, Zad3**Postavka:

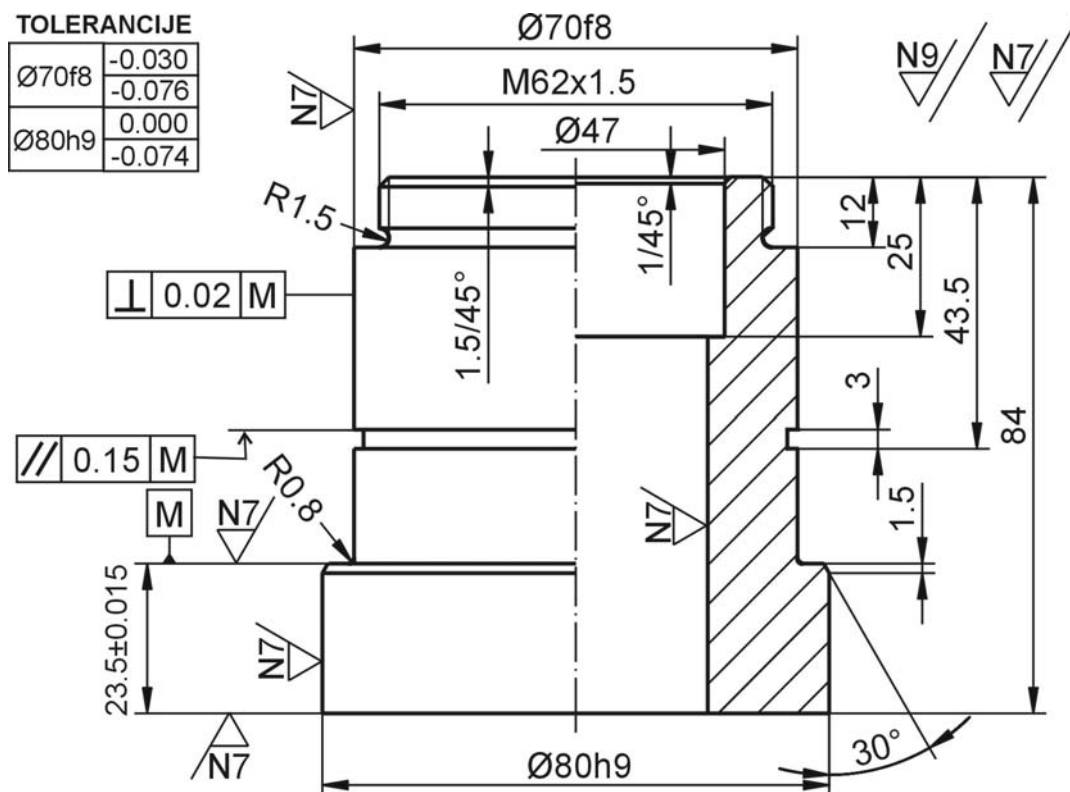
Istraživanjem međusobne zavisnosti između parametra habanja strugarskog noža (B_r) i vremena obrade (t) karakteristike $\text{Ø}80\text{h}9$ (slika 1) došlo se do sledećih zavisnosti (tabela 1):

Tabela 1.

t [min]	13.0			15.0			16.5			19.0			21.5		
B_r [μm]	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	19	20	21

Potrebno je:

- naći funkcionalnu zavisnost između parametra habanja i vremena obrade $B_r = f(t)$, pod pretpostavkom da se dobijeni rezultati odnose na zonu ustaljenog (linearnog) habanja, koristeći regresionu metodu; i
- odrediti trenutak prvog periodičnog regulisanja alata, ako je pre početka obrade alat bio regulisan na donju graničnu meru. Greška usled elastičnosti elemenata obradnog sistema iznosi $14 \mu\text{m}$, a ostale greške se mogu zanemariti.



Slika 1: Čaura.

Rešenje:**a) Linearna regresija**

Proračun parametara linearne regresije vršimo pomoću tabele 2.

Tabela 2: Pomoćna tabela za proračun koeficijenata linearne regresije.

		X_i					f_j (I)	$f_j \cdot y_j$ (II)	$f_j \cdot y_j^2$ (III)
		13.0	15.0	16.5	19.0	21.5			
y_j $j=(1, \dots, n)$	5	1	0	0	0	0	1	5	25
	6	1	0	0	0	0	1	6	36
	7	1	0	0	0	0	1	7	49
	8	0	1	0	0	0	1	8	64
	9	0	1	0	0	0	1	9	81
	10	0	1	0	0	0	1	10	100
	11	0	0	1	0	0	1	11	121
	12	0	0	1	0	0	1	12	144
	13	0	0	1	0	0	1	13	169
	15	0	0	0	1	0	1	15	225
	16	0	0	0	1	0	1	16	256
	17	0	0	0	1	0	1	17	289
	19	0	0	0	0	1	1	19	361
	20	0	0	0	0	1	1	20	400
	21	0	0	0	0	1	1	21	441
f_i	(1)	3	3	3	3	3	$\Sigma(1) = \Sigma(I) = 15$	$\Sigma(II) = 189$	$\Sigma(III) = 2761$
$f_i x_i$	(2)	39.0	45.0	49.5	57.0	64.5	$\Sigma(2) = 255$		
$f_i x_i^2$	(3)	507	675	816.75	1083	1386.75	$\Sigma(3) = 4468.5$		
$\sum_{j=1}^n f_{ij} y_j$	(4)	18	27	36	48	60	$\Sigma(4) = 189$		
$y_{ij} = x_i \sum_{j=1}^n f_{ij} y_j$	(5)	234	405	594	912	1290	$\Sigma(5) = 3435$		

- Ukupan broj merenja:

$$n = \Sigma(1) = \Sigma(I) = 15.$$

- Aritmetičke sredine:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i x_i = \frac{\Sigma(2)}{\Sigma(1)} = 17 \text{ min},$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i y_i = \frac{\Sigma(II)}{\Sigma(I)} = 12.6 \text{ } \mu\text{m}.$$

- Standardne devijacije:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{\Sigma(3)}{\Sigma(1)} - \bar{x}^2} = 2.983 \text{ min},$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \sqrt{\frac{\Sigma(III)}{\Sigma(I)} - \bar{y}^2} = 5.031 \text{ } \mu\text{m}.$$

- Kovarijacija:

$$C_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{\Sigma(5)}{\Sigma(1)} - \bar{x} \cdot \bar{y} = 14.8 \text{ min} \cdot \mu\text{m}.$$

- Koeficijent korelacije:

$$r_{xy} = \frac{C_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = 0.986 \text{ (jaka veza).}$$

- Koeficijenti prave regresije:

$$a_1 = r_{xy} \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = 1.663 \left[\frac{\mu\text{m}}{\text{min}} \right],$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} = -15.671 [\mu\text{m}].$$

- Jednačina regresije:

$$\hat{y} = -15.671 + 1.663 \cdot x, \text{ odnosno: } \hat{B}_r = -15.671 + 1.663 \cdot t.$$

b) Analitički metod

Pošto je alat pre početka obrade bio regulisan na donju graničnu meru, a analizirana karakteristika predstavlja spoljašnju meru (v. sliku 1), zaključujemo:

$$x_r = x_d \Rightarrow \Delta_{\max} = T = 80 - (80 - 0.074) = 0.074 \text{ mm} = 74 \mu\text{m}.$$

Ukupnu grešku izračunavamo prema obrascu:

$$\Delta = \Delta_e + \Delta_h - \Delta_\theta + \Delta_{\text{sluc.}}$$

u kome nam je nepoznata jedino greška usled habanja strugarskog noža $\Delta_h = 2 \cdot B_r$ (greška usled elastičnosti elemenata obradnog sistema $\Delta_e = 14 \mu\text{m}$, a ostale greške se prema uslovu zadatka mogu zanemariti. U trenutku kada greška obrade dostigne vrednost širine tolerancijskog polja, potrebno je izvršiti prvo periodično regulisanje alata. Vrednost parametra habanja u tom trenutku iznosi:

$$74 = 14 + 2 \cdot B_r - 0 + 0 \Rightarrow B_r = 30 \mu\text{m}.$$

Na osnovu ovog podatka i funkcionalne veze između parametra habanja alata i vremena koju smo dobili u prvom delu zadatka, možemo naći trenutak prvog periodičnog alata:

$$\hat{B}_r = -15.671 + 1.663 \cdot t = 30 \mu\text{m},$$

$$\Rightarrow t_{\text{reg.}} = \frac{30 + 15.671}{1.663} = 27.463 \text{ min}.$$

Dakle, prvo periodično regulisanje alata je potrebno izvesti nakon približno 27 minuta i 28 sekundi.

2. APRIL 2001, Gr1, Zad2Postavka:

Na CNC strugu se izrađuje karakteristika kvaliteta $X = \varnothing 60 \pm 0.1$ mm, alatom čija je postojanost 30 min. Potrebno je, pri prvom periodičnom regulisanju alata:

- Ispitati mogućnost regulisanja alata metodom probnih komada, ako je $n_{PK} = 9$; i
- Ako je regulisanje moguće, izračunati granice aritmetičke sredine probne grupe, pod uslovom da je regulisanje pravilno izvedeno.

Poznati su sledeći podaci:

- Merenje je izvršeno mikrometrom, klase tačnosti 2;
- Greška postavljanja alata iznosi 0.015 mm;
- Apsolutne vrednosti grešaka usled elastičnosti i toplotnih dilatacija elemenata obradnog sistema su jednake;
- Zakon promene parametra habanja u vremenu glasi: $B_r = 0.7 \cdot t^{1.1}$ [μm];
- Osnovni skup se pokorava zakonu normalne raspodele, sa standardnim odstupanjem $\sigma = 0.012$ mm.

Rešenje:**a) Ispitivanje mogućnosti regulisanja alata metodom probnih komada**

Dopuštena tolerancija regulisanja alata (slika 2) se dobija prema obrascu:

$$Tr_{dop} = T - (a + b) - 6\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_{PK}}} \right) = 200 - (0 + 59) - 6 \cdot 12 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{9}} \right)$$

$$Tr_{dop} = 45 \mu\text{m}$$

u kome figurišu sledeće veličine:

- $T = 0.1 + 0.1 = 0.2$ mm = 200 μm ;
- $a = \Delta_e - \Delta_\theta = 0$ (iz uslova zadatka: $|\Delta_e| - |\Delta_\theta|$);
- $b = \Delta_h = 2 \cdot 0.7 \cdot t^{1.1} = 1.4 \cdot 30^{1.1} = 59.01 \approx 59$ μm ;
- $\sigma = 12$ μm (zadato);
- $n_{PK} = 9$ (zadato).

Računska vrednost tolerancije (greške) regulisanja se određuje prema obrascu:

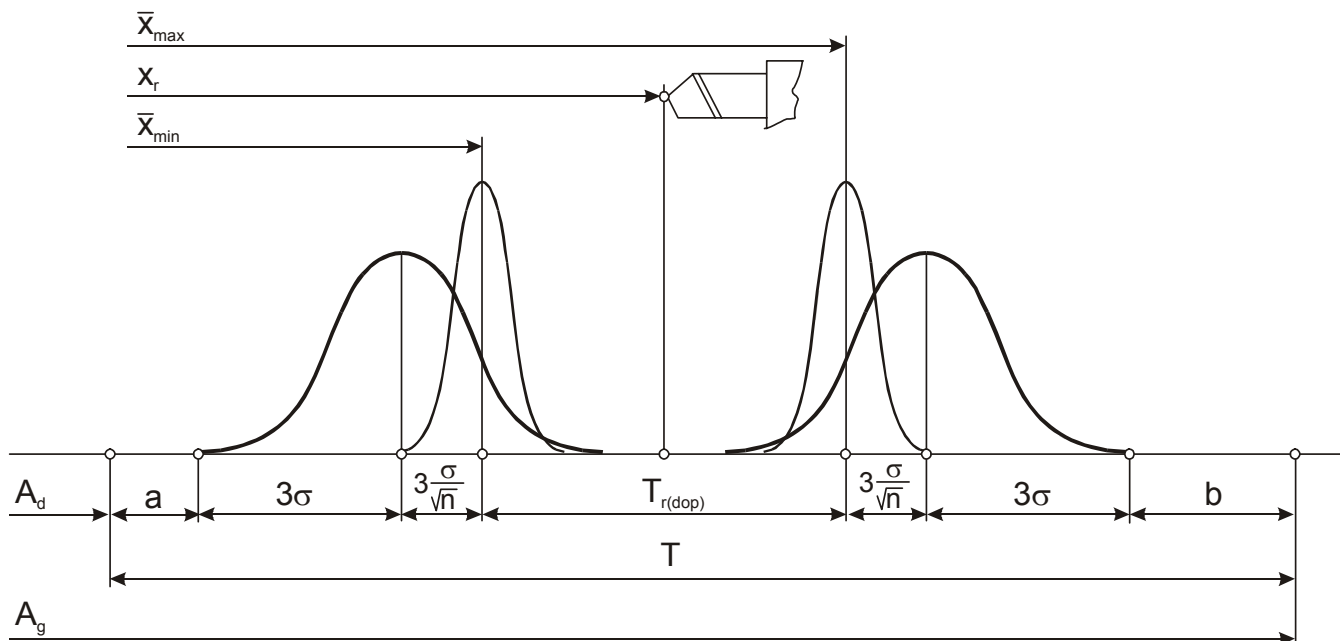
$$Tr_{rac} = \sqrt{\Delta_p^2 + \Delta_m^2} = \sqrt{15^2 + 36^2} = 39 \mu\text{m}$$

u kome figurišu sledeće veličine:

- $\Delta_p = 15$ μm (zadato);
- $\Delta_m = 36$ μm (UKP M1, tab.6.4, str.168).

Vidimo da je matematički uslov regulisanja alata metodom probnih komada ispunjen, jer je računaska vrednost tolerancije regulisanja manja od dopuštene:

$$Tr_{rac} = 39 \mu\text{m} < 45 \mu\text{m} = Tr_{dop}$$



Slika 2: Grafički prikaz matematičkog uslova pravilnog regulisanja alata metodom probnih komada.

b) Određivanje raspona u kome se sme kretati aritmetička sredina probne grupe za slučaj pravilno izvedenog regulisanja:

$$\bar{x}_{\min} = A_d + a + 3\sigma \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_{PK}}}\right) = 60 - 0.1 + 0 + 3 \cdot 0.012 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{9}}\right) = 59.948 \text{ mm}$$

$$\bar{x}_{\max} = A_g - b - 3\sigma \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_{PK}}}\right) = 60 + 0.1 - 0.059 - 3 \cdot 0.012 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{9}}\right) = 59.993 \text{ mm}$$

Dakle, aritmetička sredina probne grupe za slučaj pravilnog regulisanja se sme kretati u intervalu:

$$59.948 \text{ mm} < \bar{x} < 59.993 \text{ mm} .$$

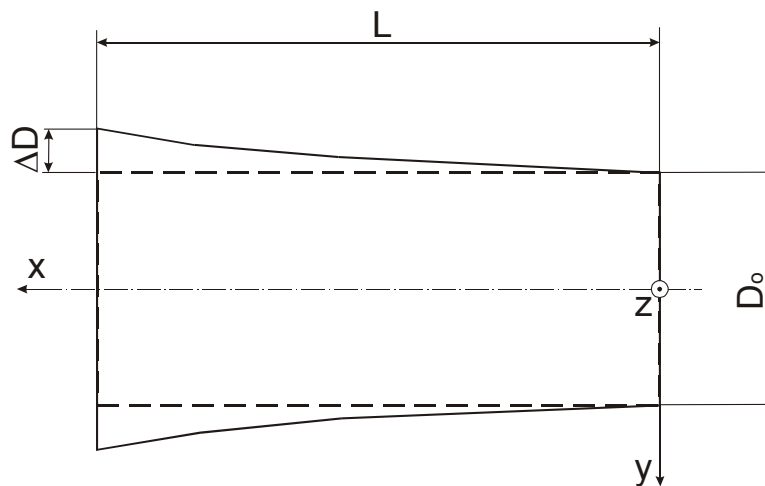
3. OKTOBAR 1999, Gr2, Zad2Postavka:

Odstupanja vođica struga od ose glavnog vretena su: $\Delta_y = 0.015$ mm i $\Delta_z = 0.005$ mm. Na njemu se obrađuje, spoljašnjim uzdužnim struganjem, obradak prečnika $D_o = 140$ mm i dužine $L = 200$ mm. Utvrditi najmanju širinu tolerancijskog polja koju mora propisati konstruktor, da bi se na ovom obradnom sistemu, uz zanemarivanje ostalih grešaka, dobila tačna mera. Odrediti gornju i donju graničnu meru u tom slučaju.

Rešenje:

Zadate su sledeće veličine (v. sliku 3):

- Odstupanje vođice struga od ose GV u vertikalnom pravcu: $\Delta_y = 0.015$ mm,
- Odstupanje vođice struga od ose GV u horizontalnom pravcu: $\Delta_z = 0.005$ mm,
- Prečnik obratka: $D_o = 140$ mm, i
- Dužina obratka: $L = 200$ mm.



Slika 3: Oblik izvodnice obratka, za slučaj $\Delta_y \neq 0$ i $\Delta_z \neq 0$.

Greška obrade (priraštaj prečnika obratka u zavisnosti od polaznih grešaka izrade elemenata obradnog sistema) računa se prema obrascu:

$$\Delta D = 2 \sqrt{\left(\frac{\Delta_y}{L} \cdot x + r_o \right)^2 + \frac{\Delta_z^2}{L^2} \cdot x^2} - D_o,$$

gde je: $r_o = \frac{D_o}{2} = \frac{140}{2} = 70$ mm poluprečnik obratka.

Maksimalan priraštaj je na kraju obratka (najdalje od stezne glave), odnosno za $x = L$ i tada je:

$$\begin{aligned} \Delta D_{\max} &= 2 \sqrt{\left(\frac{\Delta_y}{L} \cdot L + r_o \right)^2 + \frac{\Delta_z^2}{L^2} \cdot L^2} - D_o = 2 \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_z^2 + 2 \cdot r_o \cdot \Delta_y + r_o^2} - D_o = \\ &= 2 \sqrt{0.015^2 + 0.005^2 + 2 \cdot 70 \cdot 0.015 + 70^2} - 140 \Rightarrow \Delta D_{\max} = 0.03 \text{ mm} \leq T. \end{aligned}$$

Dakle, najmanja širina tolerancijskog polja koju mora da propiše konstruktor iznosi: $T_{\min} = 0.03$ mm, pa granične mere iznose:

$$D_{o,g} = 140 + 0.03 = 140.03 \text{ mm}, \quad D_{o,d} = 140 + 0 = 140 \text{ mm}, \quad \text{odnosno: } D_o = 140_{-0}^{+0.03} \text{ mm}.$$