KATEDRA ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO **JANUAR 2007. god.**
UPRAVLJANJE KVALITETOM PROIZVODA (0109)
UPRAVLJANJE KVALITETOM PROIZVODA I (0117) **I grupa**

PISMENI ISPIT

1. Na univerzalnom strugu se obrađuje otvor $\varnothing 42^{+0.25}_{-0.15}$ mm, alatom čija je postojanost 27 min. Potrebno je ispitati mogućnost regulisanja alata metodom probnih komada, ako je n_{PK} = 5. Ako je regulisanje moguće, izračunati granice aritmetičke sredine probne grupe, pod uslovom da je regulisanje pravilno izvedeno, a ukoliko nije moguće, predložiti odgovarajuću korektivnu meru koja će najefikasnije omogućiti pravilno regulisanje metodom probnih komada.

Poznati su sledeći podaci:

- Merenje je izvršeno kljunastim pomičnim merilom sa nonijusom, rezolucije 50 μm;
- Alat je podešen korišćenjem komparatora rezolucije 10 μm;
- Greška usled nedovoljne krutosti elemenata obradnog sistema iznosi 47 μm;
- Greška usled toplotnih dilatacija iznosi 20 μm;
- Zakon promene parametra habanja u vremenu glasi: $B_r = 0.57 \cdot t^{1.22}$ [μm];
- Osnovni skup se pokorava zakonu normalne raspodele, sa disperzijom 400 μm^2.

2. Pri serijskoj obradi spoljašnjim uzdužnim struganjem na meru x = 28 mm, izvučen je uzorak na osnovu koga je izvršeno testiranje hipoteze o normalnosti osnovnog skupa primenom χ^2-testa. Tabelom 1 date su relativne učestanosti elemenata uzorka u određenim intervalima vrednosti karakteristike x.

Ukoliko se zna da je hipoteza o normalnosti osnovnog skupa bila na samoj granici prihvatljivosti, odrediti veličinu izvučenog uzorka N.

Tabela 1.

Srednje vrednosti intervala	**x_i [mm]**	27.99	28.00	28.01	28.02	28.03	28.04	28.05
Relativne učestanosti	**f_i / N**	0.05	0.15	0.20	0.28	0.16	0.11	0.05

PRVA GRUPA - REŠENJA

1. ZADATAK

Ispitivanje mogućnosti regulisanja alata metodom probnih komada

Dopuštena tolerancija regulisanja alata (slika 3) se dobija prema obrascu:

$$Tr_{dop} = T - (a+b) - 6\sigma\left(1+\frac{1}{\sqrt{n_{PK}}}\right) = 400 - (27+64) - 6\cdot 20\cdot\left(1+\frac{1}{\sqrt{5}}\right) \Rightarrow$$

$$Tr_{dop.} = 135.33 \approx 135 \text{ μm.}$$

u kome figurišu sledeće veličine:

- T = 0.25 – (–0.15) = 0.4 mm = 400 μm;
- $a = \Delta_e - \Delta_\theta$ = 47 – 20 = 27 μm;
- $b = \Delta_h = 2\cdot 0.57\cdot t^{1.21} = 1.14\cdot 27^{1.22}$ = 63.56 ≈ 64 μm;
- σ^2 = 400 μm^2 ⇒ σ = 20 μm (zadato);
- n_{PK} = 5 (zadato).

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

$$Tr_{rač.} = \sqrt{\Delta_p^2 + \Delta_m^2} = \sqrt{15^2 + 200^2} = 200.56 \approx 201 \text{ μm.}$$

u kome figurišu sledeće veličine:

- Δ_p = 15 μm (UKP M1, tab.6.3, str.167);
- Δ_m = 200 μm (UKP M1, tab.6.4, str.168).

Vidimo da je matematički uslov regulisanja alata metodom probnih komada nije ispunjen, jer je računska vrednost tolerancije regulisanja veća od dopuštene:

$$Tr_{rač.} = 201 \text{ μm} > 135 \text{ μm} = Tr_{dop.}$$

Primenom kljunastog merila za unutrašnja merenja sa nonijusom veće rezolucije, npr. 20 μm, dobiće se vrednost greške metoda merenja Δ_m = 100 μm (UKP M1, tab.6.4, str.168), pa će nova računska vrednost greške regulisanja iznositi:

$$Tr_{rač.} = \sqrt{\Delta_p^2 + \Delta_m^2} = \sqrt{15^2 + 100^2} = 101.12 \approx 102 \text{ μm,}$$

pa poređenjem:

$$Tr_{rač.} = 102 \text{ μm} < 135 \text{ μm} = Tr_{dop.}$$

utvrđujemo da je sada moguće izvesti pravilno regulisanje metodom probnih komada. Zadatkom nije zahtevano da se u ovom slučaju izračunaju granice aritmetičke sredine probne grupe.

Napomena: računsku vrednost tolerancije regulisanja uvek zaokružujemo na veću, a dopuštenu na manju celobrojnu vrednost, kako bismo ostali na „strani sigurnosti”.

2. ZADATAK

Provera hipoteze o normalnosti osnovnog skupa primenom χ^2-testa

Najpre računamo vrednosti parametara lokacije i disperzije uzorka i za to koristimo tabelu 2.

Tabela 2: Pomoćna tabela za izračunavanje računskih vrednosti $\bar{x}$ i σ.

RB	x_i [mm]	$\frac{f_i}{N}$	$x_i - a$	$(x_i - a)^2$	$\frac{(x_i - a)\cdot f_i}{N}$	$\frac{(x_i - a)^2\cdot f_i}{N}$
1.	27.99	0.05	-0.03	0.0009	-0.0015	0.000045
2.	28.00	0.15	-0.02	0.0004	-0.0030	0.000060
3.	28.01	0.20	-0.01	0.0001	-0.0020	0.000020
4.	28.02	0.28	0.00	0.0000	0.0000	0.000000
5.	28.03	0.16	0.01	0.0001	0.0016	0.000016
6.	28.04	0.11	0.02	0.0004	0.0022	0.000044
7.	28.05	0.05	0.03	0.0009	0.0015	0.000045
	Σ	1		**Σ**	-0.0012	0.00023

gde je: a = 28.02 mm ≡ vrednost karakteristike kvaliteta sa najvećom frekvencijom.

Vrednost aritmetičke sredine uzorka dobijamo prema sledećem obrascu:

$$\bar{x} = a + \frac{1}{N}\left[\Sigma\left(x_i - a\right)\cdot f_i\right] = a + \Sigma\left(x_i - a\right)\cdot\frac{f_i}{N} = 28.02 + \left(-0.0012\right) = 28.0188 \text{ mm},$$

a standardnu grešku prema:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\cdot\left[\Sigma(x_i - a)^2 f_i\right] - \left(\bar{x} - a\right)^2} = \sqrt{\Sigma(x_i - a)^2\cdot\frac{f_i}{N} - \left(\bar{x} - a\right)^2} \Rightarrow$$

$$\sigma = \sqrt{0.000230 - \left(28.0188 - 28.02\right)^2} = 0.0151 \text{ mm}.$$

Provera hipoteze o normalnosti osnovnog skupa pomoću χ^2-testa, vrši se prema tab. 3:

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

RB	x_i [mm]	$\lvert x_i - \bar{x}\rvert$	$t = \frac{\lvert x_i - \bar{x}\rvert}{\sigma}$	$\varphi(t) = \frac{e^{-\frac{t^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}$	$\frac{f_t}{N} = \frac{d}{\sigma}\cdot\varphi(t)$	$\frac{f_e}{N}$	$\frac{\lvert f_e - f_t\rvert}{N}$	$\frac{\lvert f_e - f_t\rvert^2}{N\cdot f_t}$
1.	27.99	0.0288	1.9073	0.0647	0.0429	0.05	0.0071	0.001191
2.	28.00	0.0188	1.2450	0.1838	0.1217	0.15	0.0283	0.006575
3.	28.01	0.0088	0.5828	0.3366	0.2229	0.20	0.0229	0.002360
4.	28.02	0.0012	0.0795	0.3977	0.2634	0.28	0.0166	0.001050
5.	28.03	0.0112	0.7417	0.3030	0.2007	0.16	0.0407	0.008240
6.	28.04	0.0212	1.4040	0.1489	0.0986	0.11	0.0114	0.001316
7.	28.05	0.0312	2.0662	0.0472	0.0313	0.05	0.0187	0.011248
				Σ	0.9815	1	χ^2/N =	0.031980

Širina intervala iznosi d = 0.01 mm. Kod normalnog teorijskog rasporeda, broj stepeni slobode je definisan opštim izrazom:

$$k = m - m_1 - 3 = 7 - 0 - 3 = 4,$$

gde je m ≡ broj početnih grupnih intervala, m_1 ≡ broj sažetih grupnih intervala (u tekstu zadatka nije rečeno da li je bilo sažimanja, pa moramo pretpostaviti da nije; kada dobijemo veličinu uzorka moći ćemo da utvrdimo da li je ova pretpostavka bila tačna).

Brojka 3 u proračunu označava da imamo tri dodatna uslova: Σf_e (ova veličina još uvek nije poznata nama, treba da je izračunamo, ali je poznata izvođačima eksperimenta), $\bar{x} = 28.0188$ i $\sigma = 0.0151$.

Prema UKP M2, tab.8, str.243, za $k = 4$ i uslov da je hipoteza o normalnosti osnovnog skupa bila na granici prihvatanja:

$$P(\chi^2 > \chi_q^2) = 0.05,$$

dobijamo vrednost $\chi^2 = 9.488$.

Prema tabeli 3 dobili smo da je:

$$\frac{\chi^2}{N} = 0.031980,$$

na osnovu čega izračunavamo traženi broj uzoraka:

$$N = \frac{\chi^2}{\frac{\chi^2}{N}} = \frac{9.488}{0.031980} = 296.685,$$

koji, da bismo bili na „strani sigurnosti”, zaokružujemo na prvu veću celobrojnu vrednost i konačno dobijamo:

$$N = 297.$$

Ukoliko ovaj broj pomnožimo sa relativnim učestanostima, dobićemo apsolutne učestanosti karakteristika u svakom od intervala (tabela 4).

Tabela 4: Apsolutne učestanosti elemenata uzorka u pojedinim intervalima.

RB	x_i [mm]	$\frac{f_e}{N}$	f_e
1.	27.99	0.05	15
2.	28.00	0.15	45
3.	28.01	0.20	59
4.	28.02	0.28	83
5.	28.03	0.16	47
6.	28.04	0.11	33
7.	28.05	0.05	15

Na osnovu tabele 4 utvrđujemo da ni u jednom od intervala broj uzoraka nije bio manji od 5, što znači da je naša pretpostavka da nije bilo sažimanja intervala bila tačna.