

**LABORATORIJSKA VEŽBA 8****Primena metroloških sistema u praksi za tolerancije mikro i makro geometrije obrađenih površina****1.) TOLERANCIJE MIKRO-GEOMETRIJE OBRAĐENIH POVRŠINA****Zadatak 1.1. – Algoritam za određivanje zavisnosti hrapavosti površine obrađene struganjem od grupe uticajnih faktora.**

- Zavisnost hrapavosti površine obrađene struganjem od uticajnih faktora se prikazuje kao:

$$R_a = f(r, s, a) \quad (1)$$

gde su:

- $R_a$  – parameter hrapavosti,
- $r$  – poluprečnik zaobljenja vrha alata,
- $s$  – korak,
- $a$  – dubina rezanja.

- Opšta zavisnost (1) izražava se matematičkim modelom oblika:

$$R_a = C_H s^{x_H} a^{y_H} r^{z_H} \quad (2)$$

gde su:

- $C_H$  – konstanta,
- $x_H, y_H, z_H$  – eksponenti u predpostavljenom modelu.

**Uslovi izvođenja experimenta:**

- Specifikacija mašine na kojoj se izvodi obrada
- Specifikacija alata kojim se izvodi obrada
- Specifikacija materijala obratka / mernog predmeta
- Specifikacija instrumentacije za merenje hrapavosti
- Specifikacija režima obrade

**Planiranje i izvođenje eksperimenta:**

- Određivanje numeričkih vrednosti konstante i eksponenata iz jednačine (2) izvodi se primenom matematičke teorije eksperimenata, u ovom slučaju – primenog višefaktornog ortogonalnog plana eksperimenta prvog reda oblika  $2^k$  (u ovom primeru, broj uticajnih parametara:  $k=3$ ).
- Ortogonalnom planu eksperimenta moguće je pridružiti i određeni broj eksperimenata koji se izvode u centralnoj tački plana, radi statističke ocene eksperimentalne greške i provere adekvatnosti modela (u ovom primeru, usvaja se broj eksperimenata u centralnoj tački plana:  $n_0=4$ ).

Reg. broj	Prezime i ime:	Smer:	Šk. god.	Datum:	Pregledao:



- Na osnovu gore navedenog, ukupan broj eksperimenata je:  $N = 2^k + n_0 = 2^3 + 4 = 12$ .
- Pre izvođenja eksperimenta potrebno je definisati granice intervala varijacije faktora u modelu (2), pri čemu mora biti zadovoljen uslov:

$$f_i^2_{sr} = f_{i\ max} f_{i\ min} \quad (3)$$

gde su:

- $f_i$ ,  $i=1, 2, 3$  – uticajni faktori (s, a, r),
  - $f_{i\ sr}$  – srednja vrednost uticajnog faktora,
  - $f_{i\ max} / f_{i\ min}$  – maksimalna, odnosno, minimalna vrednost uticajnog faktora
- Radna plan-matrica sa vrednostima faktora i kolonom za unošenje izmerenih rezultata vrednosti parametra hrapavosti  $R_a$  (srednje vrednosti izmerenih parametara  $R_a$  za tri merenja) data je u tabeli 1.

RB eksper.	Faktori			Eksperimentalni rezultati (rezultati merenja) parametra hrapavosti $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )
	s ( $\text{mm}/^\circ$ )	a (mm)	r (mm)	
1	$s_{sr}$	$a_{min}$	$r_{min}$	$R_{a\ 1}$
2	$s_{min}$	$a_{sr}$	$r_{sr}$	$R_{a\ 2}$
3	$s_{max}$	$a_{min}$	$r_{min}$	$R_{a\ 3}$
4	$s_{sr}$	$a_{max}$	$r_{min}$	$R_{a\ 4}$
5	$s_{min}$	$a_{sr}$	$r_{sr}$	$R_{a\ 5}$
6	$s_{max}$	$a_{max}$	$r_{min}$	$R_{a\ 6}$
7	$s_{min}$	$a_{sr}$	$r_{sr}$	$R_{a\ 7}$
8	$s_{sr}$	$a_{min}$	$r_{max}$	$R_{a\ 8}$
9	$s_{max}$	$a_{min}$	$r_{max}$	$R_{a\ 9}$
10	$s_{min}$	$a_{sr}$	$r_{sr}$	$R_{a\ 10}$
11	$s_{sr}$	$a_{max}$	$r_{max}$	$R_{a\ 11}$
12	$s_{max}$	$a_{max}$	$r_{max}$	$R_{a\ 12}$

- Tabela 1. Plan eksperimenta-

### Matematička obrada eksperimentalnih rezultata:

- Ovo podrazumeva određivanje numeričkih vrednosti konstante  $C_H$  i parametara obradljivosti  $x_H, y_H, z_H$  u matematičkom modelu (2), uz pomoć sledećih relacija:

$$\ln R_a = \ln C_H + x_H \ln s + y_H \ln a + z_H \ln r \quad (3)$$

što pišemo na sledeći način:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (4)$$

- Proračun koeficijenata  $b_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) u jednačini (4) pojednostavljuje se uvođenjem novih nezavisno promenljivih veličina  $x_1, x_2, x_3$  na tri nivoa (nivo "+1" odgovara maksimalnoj vrednosti faktora, nivo "0" odgovara srednjoj vrednosti, i nivo "-1" odgovara minimalnoj vrednosti faktora), preko jednačina transformacije:

$$x_i = 1 + 2 (\ln f_i - \ln f_{i\ max}) / (\ln f_{i\ max} - \ln f_{i\ min}) \quad (5)$$

Reg. broj	Prezime i ime:	Smer:	Šk. god.	Datum:	Pregledao:



- Parametri modela (4) određuju se iz sistema opštih jednačina (gde je  $N$  – ukupan broj eksperimenata):

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N y_u \quad b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u \quad \text{za } i = 0, 1, 2, 3 \quad (6)$$

- Za izračunate parametre  $b_i$ ,  $i = 0, 1, 2, 3$ , dobija se model u kodiranim koordinatama.
- Prelaskom sa kodiranih na prirodne koordinate preko jednačina transformacije dobija se predloženi model (2) pri čemu se konstanta  $C$  ( $C_H$ ) i eksponenti  $p_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) određuju iz sledećih relacija:

$$p_i = \frac{2 \cdot b_i}{\ln \frac{f_{i \max}}{f_{i \min}}} \quad \text{za } i = 1, 2, 3 \quad (7)$$

$$\ln C = b_0 + b_1 + b_2 + b_3 - 2 \left( b_1 \cdot \frac{\ln f_{1 \max}}{\ln \frac{f_{1 \max}}{f_{1 \min}}} + b_2 \cdot \frac{\ln f_{2 \max}}{\ln \frac{f_{2 \max}}{f_{2 \min}}} + b_3 \cdot \frac{\ln f_{3 \max}}{\ln \frac{f_{3 \max}}{f_{3 \min}}} \right) \quad (8)$$

- Na osnovu izračunatih parametara  $b_i$ , izračunavaju se numeričke vrednosti  $p_i$  i  $C_H$ .
- Ocena signifikantnosti parametara modela  $b_i$ ,  $i = 0, 1, 2, 3$ , kao i provera adekvatnosti modela (2) izvodi se prema  $F$  – kriterijumu (detaljan postupak je dat u knjizi "Merna tehnika u tehnologiji obrade metala rezanjem", grupa autora).
- *Ako se model oceni kao adekvatan, na osnovu dobijenih rezultata mogu se odrediti uslovi obrade pri kojim će se ostvariti traženi kvalitet obrađene površine.*

Reg. broj	Prezime i ime:	Smer:	Šk. god.	Datum:	Pregledao:



## 2.) TOLERANCIJE MAKRO-GEOMETRIJE OBRAĐENIH POVRŠINA

### Zadatak 2.1. – Provera ravnosti površine mernog predmeta

Pomoću \_\_\_\_\_ proveriti ravnost površine mernog predmeta, skicirati dobijene rezultate i dati komentar rezultata.

RB	Položaj merenja	Izmerena vrednosti	Komentar o ravnosti

- Tabela 2. -

- Skica ravnosti površine mernog predmeta -

Reg. broj	Prezime i ime:	Smer:	Šk. god.	Datum:	Pregledao: