

**ISPITIVANJE MEĐUZAVISNOSTI PARAMETARA KVALITETA
OBRADENE POVRŠINE I PARAMETARA ODSUPANJA OD OBLIKA
I POLOŽAJA PRI OBRADI BUŠENJEM**

**TESTING THE CORRELATION BETWEEN SURFACE ROUGHNESS
PARAMETERS AND PARAMETERS OF FORM AND LOCATION
TOLERANCES IN DRILLING**

Radoslav Vučurević, docent
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Fakultet za proizvodnju i menadžment
Trebilje

Petar Ivanković, vanredni profesor
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Fakultet za proizvodnju i menadžment
Trebilje

Zdravko Krivokapić, redovni profesor
Univerzitet Crne Gore
Mašinski fakultet
Podgorica

Samir Lemeš, vanredni profesor
Univerzitet u Zenici
Politehnički fakultet
Zenica

REZIME

U radu je ispitivano postojanje korelacione međuzavisnosti između parametara kvaliteta obrađene površine i parametara odstupanja od oblika i položaja pri obradi bušenjem, zavojnim burgijama DIN 338 od brzoreznog čelika Č.7680 sa varijantom normalnog oštrenja, čelika za poboljšanje Č.4732, tvrdoće 28 HRC. Ispitivanje je izvršeno primjenom dijagrama rasipanja na podacima dobijenim provođenjem eksperimenta po Taguchijevom planu. Uporednom analizom formiranih dijagrama sa karakterističnim oblicima dijagrama rasipanja uočava se da ne postoji korelaciona međuzavisnost.

Ključne riječi: kvalitet obrađene površine, odstupanje od oblika, odstupanje od položaja

ABSTRACT

This paper investigates the existence of correlation between the parameters of surface roughness and the parameters of form and location tolerances in drilling operation on alloy steel Č.4732, hardness 28 HRC, with the twist drills DIN 338 made of high-speed steel Č.7680 with normal blade. Research was conducted using a scatter chart on the data obtained by conducting the experiment using Taguchi plan. Comparative analysis of generated charts with characteristic forms of scatter charts showed that there is no correlation.

Keywords: surface roughness, form tolerance, location tolerance

1. UVOD

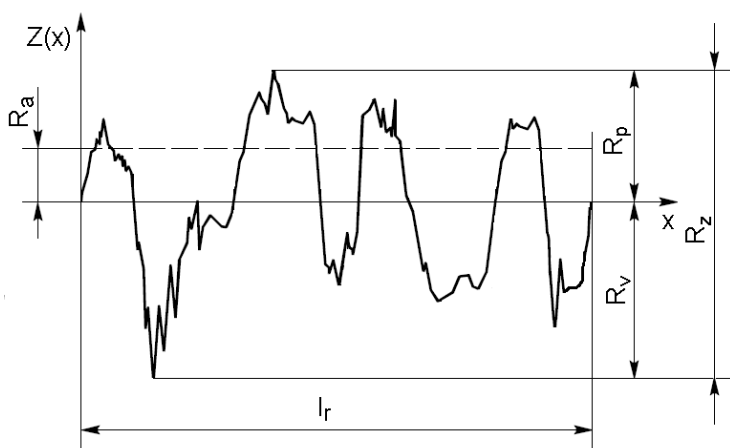
Prilikom izrade proizvoda posebna pažnja, s aspekta kvaliteta obrade, posvećuje se dimenzionoj tačnosti i kvalitetu obrađenih površina, pa mjerenje parametara hrapavosti i parametara tačnosti obrade posebno dobija na značaju. Tačnost obrade obuhvata tačnost mjera, tačnost oblika

površina i tačnost međusobnog odnosa dvije ili više površina, dok se kvalitet obrađene površine najčešće određuje preko hrapavosti površine. Kako je kvalitet obrade, pored tačnosti mjera, u potpunosti određen sa vrijednostima parametara kvaliteta obrađene površine i parametara odstupanja od oblika i položaja, cilj istraživanja je bio ispitivanje korelacione međuzavisnosti između parametara kvaliteta obrađene površine i parametara odstupanja od oblika i položaja, korišćenjem eksperimentalnih rezultata, te mogućnosti prosuđivanja o kvalitetu obrade, uz tačnost mjera, samo na bazi parametara kvaliteta obrađene površine. Ranija istraživanja nekih autora pokazala su da je Taguchi metoda primjenjiva za ovakva istraživanja, kako kod legura aluminija [1], tako i kod čelika [2].

2. PARAMETRI KVALITETA OBRADE

2.1. Parametri kvaliteta obrađene površine

Mašinskom obradom rezanjem dolazi do mikrogeometrijskih odstupanja obrađenih površina u odnosu na idealnu površinu. Ta mikrogeometrijska odstupanja, kojim se karakteriše kvalitet obrađene površine, nazivaju se hrapavost površine, koja ima veliki uticaj na funkcionalne karakteristike mašinskih dijelova [3]. Hrapavost površine, čiji su osnovni pojmovi propisani standardom ISO 4287 [4], može se pratiti preko više amplitudnih parametara profila hrapavosti, kao što su maksimalna visina vrha profila R_p , maksimalna dubina dna profila R_v , maksimalna visina profila R_z , srednje aritmetičko odstupanje profila R_a (slika 1.).



Slika 1. Hrapavost obrađene površine sa amplitudnim parametrima

Prema standardu ISO 4287 maksimalna visina vrha profila R_p je najveća visina vrha profila na dužini uzorka l_r , dok je maksimalna dubina dna profila R_v najveća dubina dna profila na istoj dužini. Maksimalna visina profila je zbir najveće visine vrha profila i najveće dubine dna profila na dužini uzorka l_r . Prema ovom standardu srednje aritmetičko odstupanje mjenenog profila R_a je aritmetički prosjek apsolutne ordinatne vrijednosti $Z(x)$ na dužini uzorka l_r :




$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \cdot \quad \dots (1)$$

Od standardizovanih parametara za mjerenje hrapavosti obrađene površine najčešće se primjenjuje srednje aritmetičko odstupanje profila R_a [5].

2.2. Parametri odstupanja od oblika i položaja

Kod izrade otvora pri obradi bušenjem dolazi do odstupanja oblika otvora i dimenzija, što predstavlja geometrijsku razliku između otvora zadatog na crtežu i realnog otvora pri samoj izradi [6]. Najčešći parametri odstupanja od oblika i položaja koji se primjenjuju kod izrade otvora, rupa i dijelova kružnog poprečnog presjeka su kružnost, cilindričnost i koncentričnost (tabela 1), a osim navedenih parametara, kao dodatni parametar, može se pratiti zakošenje ose otvora u odnosu na idealnu osu zadatu crtežom (ekscentričnost).

Tabela 1. Parametri odstupanja od oblika i položaja kod izrade otvora

Parametar	Vrsta parametra	Simbol
Kružnost	Parametar odstupanja od oblika	
Cilindričnost		
Koncentričnost	Parametar odstupanja od položaja	

Kod kružnosti tolerisana obimna linija mora ležati u kružnom prstenu zadate tolerisane širine, dok kod cilindričnosti tolerisana cilindrična površina mora ležati između dva koaksijalna cilindra, zadatog tolerisanog radijalnog rastojanja. Kod koaksijalnosti osa tolerisanog dijela mora ležati unutar cilindra zadatog tolerisanog prečnika, čija se osa poklapa sa osom referentnog elementa [7].

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

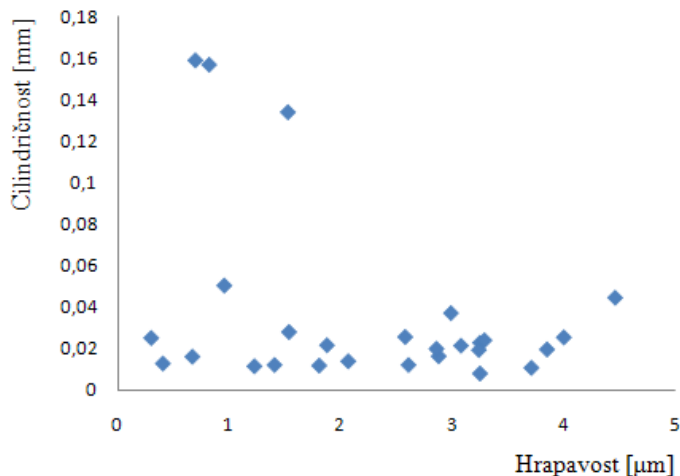
Ekperimentalni rezultati su dobijeni mjerenjem vrijednosti srednjeg aritmetičkog odstupanja profila, kao parametara kvaliteta obrađene površine, i parametara odstupanja od oblika i položaja provodeći eksperiment po Taguchijevom ortogonalnom planu eksperimenta, sa variranjem faktora eksperimenta (d - prečnik zavojne burgije, n - broj obrtaja, s - korak, ε - ugao postavljanja epruvete za ispitivanje) na tri nivoa. Eksperiment je izveden bušenjem rupa dubine $l = 3d$ u epruvetama od čelika za poboljšanje Č.4732, tvrdoće 28 HRC, upotrebom zavojnih burgija DIN 338 od brzoreznog čelika Č.7680 sa varijantom normalnog oštrenja [8]. Pregled rezultata mjerenja srednjeg aritmetičkog odstupanja profila (R_a), cilindričnosti (c) i ekscentričnosti (e), za različite vrijednosti širine pojasa habanja na lednoj površini zavojne burgije (h), dat je u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati mjerenja kvaliteta obrađene površine i odstupanja od oblika i položaja

RB	d [mm]	n [o/min]	s [mm/o]	ε [°]	h = 0 mm			h = 0,02d			h = 0,04d		
					R_a [μm]	c [mm]	e [°]	R_a [μm]	c [mm]	e [°]	R_a [μm]	c [mm]	e [°]
1.	3	300	0,03	0	0,306	0,0249	0,3361	0,675	0,0159	0,6212	0,960	0,0502	0,9539
2.	3	500	0,05	3	0,411	0,0126	0,7156	1,230	0,0113	0,0703	1,410	0,0119	0,0393
3.	3	800	0,10	5	2,610	0,0119	0,1202	3,250	0,0226	0,0132	3,710	0,0105	0,0483
4.	5	300	0,05	5	0,702	0,1587	0,5406	0,825	0,1566	0,5333	1,530	0,1337	0,3892
5.	5	500	0,10	0	2,580	0,0254	0,1353	2,880	0,0161	0,3060	3,250	0,0078	0,2697
6.	5	800	0,03	3	1,540	0,0278	0,0302	1,810	0,0116	0,0129	2,070	0,0137	0,1157
7.	8	300	0,10	3	3,080	0,0212	0,6480	3,240	0,0191	0,5850	3,850	0,0194	1,1545
8.	8	500	0,03	5	1,880	0,0214	0,0547	2,990	0,0369	0,1080	4,000	0,0252	0,6861
9.	8	800	0,05	0	2,860	0,0197	0,1329	3,290	0,0238	0,1872	4,460	0,0443	0,1271

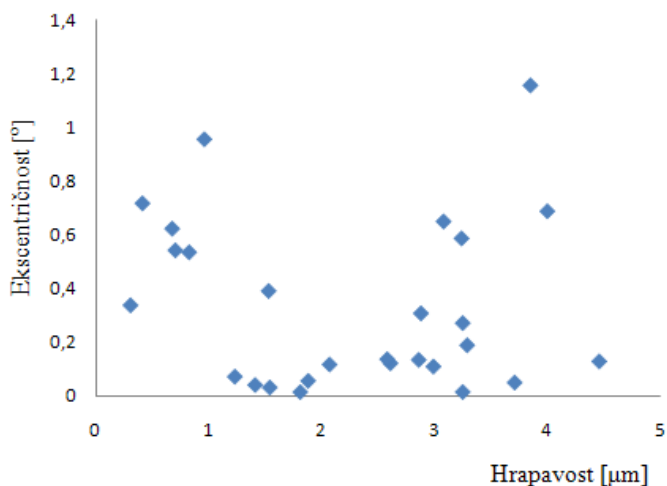
4. ISPITIVANJE KORELACIONE MEĐUZAVISNOSTI

U cilju utvrđivanja postojanja korelacione međuzavisnosti između srednjeg aritmetičkog odstupanja profila i cilindričnosti i ekscentričnosti kao parametara oblika i položaja rupe, izvršena je primjena dijagrama rasipanja na podacima dobijenim za bušenje zavojnim burgijama sa varijantom normalnog oštrenja u epruvetama tvrdoće 28 HRC. Korišćenjem podataka za srednje aritmetičko odstupanje profila (R_a) i cilindričnost (c) izmjerenih u karakterističnim trenucima, na početku procesa ($h = 0$ mm), u trenutku srednje zatupljenosti alata ($h = 0,02$ d) i u trenutku zatupljenja alata ($h = 0,04$ d), formiran je dijagram rasipanja hrapavost-cilindričnost (slika 2.).



Slika 2. Dijagram rasipanja hrapavost-cilindričnost

Po istom principu, korišćenjem podataka za srednje aritmetičko odstupanje profila (R_a) i ekscentričnost (e) izmjerenih u karakterističnim trenucima, formiran je dijagram rasipanja hrapavost-ekscentričnost (slika 3.).



Slika 3. Dijagram rasipanja hrapavost-ekscentričnost

U poređnom analizom formiranih dijagrama rasipanja sa karakterističnim oblicima dijagrama rasipanja [9] uočava se da ne postoji korelaciona međuzavisnost između srednjeg aritmetičkog odstupanja profila i cilindričnosti i ekscentričnosti, kao parametara odstupanja od oblika i položaja.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata eksperimenta vidi se da se vrijednosti srednjeg aritmetičkog odstupanja profila, kao parametra kvaliteta obrađene površine, pri obradi bušenjem povećavaju sa habanjem alata, dok parametri oblika i položaja, cilindričnost i ekscentričnost, nemaju takav trend. Provjerom korelacione međuzavisnosti između srednjeg aritmetičkog odstupanja, kao parametra kvaliteta obrađene površine i cilindričnosti i ekscentričnosti, kao parametara odstupanja od oblika i položaja, korišćenjem dijagrama rasipanja kao jednog od 7 osnovnih alata kvaliteta, dolazi se do zaključka da parametri kvaliteta obrađene površine nisu u korelacionoj međuzavisnosti sa parametrima oblika i položaja, čime se isključuje mogućnost prosuđivanja o kvalitetu obrade, uz tačnost mjera, samo na bazi parametara kvaliteta obrađene površine.

6. REFERENCE

- [1] Kurt, M.; Bagci, E.; Kaynak, Y.: Application of Taguchi methods in the optimization of cutting parameters for surface finish and hole diameter accuracy in dry drilling processes, *Int J Adv Manuf Technol* (2009) 40: 458. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1368-2>, 2009
- [2] Bhattacharya, A.; Das, S.; Majumder, P. et al.: Estimating the effect of cutting parameters on surface finish and power consumption during high speed machining of AISI 1045 steel using Taguchi design and ANOVA, *Prod. Eng. Res. Devel.* (2009) 3: 31. <https://doi.org/10.1007/s11740-008-0132-2>, 2009
- [3] Globočki-Lakić, G.: *Obrada metala rezanjem*, ISBN: 978-99938-39-30-9, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, 2010.
- [4] ISO 4287:1997 *Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters*
- [5] Chi, T.; Ballinger, T.; Olds, R.; Zecchino, M.: *Surface Texture Analysis using Dektak Stylus Profilers*, Veeco Instruments Inc., Tucson, 2004.
- [6] Rupar, M.: *Krutost bušilice kao preduvjet osiguranja kvaliteta otvora*, 7. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "Kvalitet 2011", Neum, BiH, 01-04. jun 2011.
- [7] Šotra, V.; Raković, A.: Merenje tolerancija oblika i položaja delova kružnog oblika, *Tehnička dijagnostika*, Br. 1, 2008, str. 19-24
- [8] Vučurević, R.: *Razvoj modela predikcije procesa obrade bušenjem na bazi kvaliteta obrađene površine*, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje, Trebinje, 2018.
- [9] Vulanović, V. i drugi: *Metode i tehnike unapređenja procesa rada*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2003.

