

Procjena stanja alata preko karakteristika kvaliteta predmeta rada

Obrad Spaić, Mirjana Jakanović, Aleksandra Koprivica
Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Trebinje, BiH
obradspaic59@gmail.com, jokanovic.mirjana@gmail.com
aleksandra.koprivica@ymail.com

Jelena Adžić
Swisslion Industrija alata a.d. Trebinje
Trebinje, BiH
jelena.adzic@yahoo.com

Sažetak—U obradnim procesima, proces habanja zahvata sve rezne elemente alata, krajnje je negativna pojava i ima različite oblike, intenzitet i veličinu po pojedinim reznim elementima. Za mjerenje parametara habanja alata mogu se koristiti vanprocesni i procesni mjerni sistemi

U savremenim proizvodnim linijama u kojima se koriste numerički upravljani obradni sistemi, nove tehnike kontinualne promjene elemenata režima obrade i vrlo precizno regulisanje međusobnog položaja alata i obratka, razvoj procesnih mjernih sistema dobija prvorazredni značaj, a posebno razvoj industrijskih procesnih davača habanja alata, koji generišu signale o vrijednostima parametara habanja u toku odvijanja procesa bez njegovog prekidanja (*on-line*).

Zbog toga je u radu uspostavljena veza između karakteristika kvaliteta predmeta obrade (dimenzija i površinske hrapavosti obrađene površine), kao pouzdanih nosioca informacija o fenomenu habanja i širine pojasa habanja reznih alata.

Ključne riječi- habanje; dimenzije predmeta obrade; kvalitet obrađene površine

I. UVOD

Relativno visoki pritisci, visoke temperature i mehanička opterećenja na kontaktnim površinama spregnutih parova, kao i visoke relativne brzine spregnutih parova predstavljaju osnovni uzrok nastanka i razvoja procesa habanja reznih alata, kao jedne od krajnje negativnih pojava u obradnim procesima. [1]. Prekomjerno i nekontrolisano habanje alata dovodi do niskog kvaliteta obrađene površine i netačnosti oblika i dimenzija predmeta obrade.

U obradnim procesima, proces habanja zahvata sve rezne elemente alata i ima različite oblike, intenzitet i veličinu po pojedinim reznim elementima. Proces habanja reznih elemenata alata ispoljava se u vidu zona habanja, koje se razlikuju po lokaciji i obliku, i ispoljavaju se kao *pojas habanja* na leđnoj površini alata i kao *krater* na grudnoj površini [2], [3].

Stanje pohabanosti reznog alata može se izraziti (kvantifikovati) pomoću tri vrste parametara ili karakteristika habanja, i to: linijskih, zapreminskih i masenih parametara habanja [2], [3].

Prema tome, parametri habanja predstavljaju: linijske, zapreminske ili masene karakteristike (mjere) pohabanih površina ili zona habanja (pojasa habanja ili kratera) na reznom klinu.

Za mjerenje parametara habanja mogu se koristiti dvije grupe mjernih sistema: vanprocesni i procesni mjerni sistemi. Procesni mjerni sistemi obuhvataju veliki broj metoda, među kojima su najznačajnije direktne i indirektne, kontaktne i beskontaktne, neprekidne i povremene itd. Usljed složenosti direktnih metoda, kao alternativne, razvijene su indirektne metode mjerenja, koje se odlikuju relativno jednostavnijim principima i tehnikama mjerenja.

II. METODE INDIREKTOG MJERENJA HABANJA REZNIH ALATA

Kod indirektnih metoda procjena parametara habanja vrši se tokom rezanja, i to posrednim putem primjenom različitih parametara procesa vezanih za habanje alata. Kako se u ovom slučaju parametri habanja ne mjere direktno, potrebno je iz snimljenih signala izdvojiti niz različitih tipova karakteristika habanja, pomoću kojih se zatim procjenjuje stepen istrošenosti reznog alata. Osnovna prednost indirektnih tehnika mjerenja je jednostavnost u instalaciji i postupcima mjerenja. Mana im je, često vrlo zahtjevna obrada dobijenih signala koji sadrže neželjene uticaje različitih faktora koji nisu u korelaciji sa parametrima habanja. Njihova najznačajnija karakteristika vezana je uz mogućnost praćenja dinamike habanja u realnom vremenu (kontinuirani ili „on-line” režim nadzora), čime se osigurava nužan preduslov inteligentnog vođenja obradnog sistema [4].

Intenzitet i brzina habanja reznog klina utiče na stanje i ponašanje svih jedinica obradnog sistema i stoji u određenim korelacionim odnosima sa nizom karakteristika procesa. Ove karakteristike, odnosno signali, predstavljaju nosioce informacija o veličini i brzini habanja radnih elemenata reznog klina. Najčešće se, kao nosioci informacija (signali) o habanju alata u procesu rezanja, koriste sljedeće karakteristike obradnog procesa [2], [5]:

- sile i otpori rezanja,

- obrtni momenti,
- temperature rezanja,
- karakteristike kvaliteta (dimenzije i površinska hrapavost obrađenih površina),
- vibracije i šum,
- snaga rezanja,
- rastojanje između nosača alata i obrađene površine i dr.

Pored sila i otpora rezanja, obrtnog momenta i temperature rezanja, kao najčešće korištenih mjernih signala, često se koriste i karakteristike kvaliteta predmeta obrade (dimenzije i površinska hrapavost obrađenih površina) kao nosioci informacija o fenomenu habanja reznog alata.

Metoda mjerenja dimenzija predmeta obrade zasniva se na principu mjerenja promjene dimenzija predmeta obrade koja je proporcionalna habanju reznog alata. Pri tome se promjena dimenzije predmeta obrade može mjeriti mehaničkim, optičkim, električnim, fotoelektričnim, ultrazvučnim, laserskim i drugim principima [6], i na osnovu izmjerene promjene procijeniti stepen pohabanosti reznog alata.

Metoda mjerenja hrapavosti obrađene površine zasniva se na činjenici da se sa povećanjem habanja ledne površine reznog alata povećava hrapavost obrađene površine. Tako se uspostavljanjem veze između nekog od parametara hrapavosti obrađene površine (na primjer srednjeg aritmetičkog odstupanja mjenog profila od srednje linije profila - Ra) i veličine habanja, na osnovu izmjerene vrijednosti parametra hrapavosti može procijeniti vrijednost habanja reznog alata. Tako promjena, odnosno pogoršanje kvaliteta obrađene površine, predstavlja jedan od tradicionalnih kriterijuma zatupljenja i zamjene alata. Međutim, bitno je napomenuti da na kvalitet obrađene površine, pored širine pojasa habanja ledne površine alata utiče i veliki broj drugih faktora kao što su: vibracije mašine, alata, obratka, pribora, korak, radijus zaobljenja vrha noža itd [7].

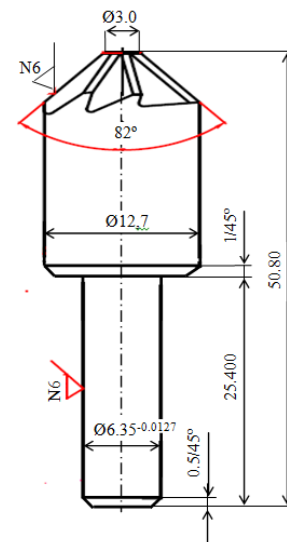
Kako svaka vrsta signala ima svoje prednosti i nedostatke, može se reći da je preduslov uspješnog nadzora habanja reznih alata primjena različitih vrsta signala i parametara habanja, te odabir onih parametara koji ostvaruju najveći stepen korelacije sa stepenom istrošenosti alata [2].

III. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

Eksperiment je izveden pri izvođenju zahvata - Predhodno struganje drške koničnog upuštača C'SINKS 6FL.82° ½ HSS, sa šest žljebova i valjkastom drškom, od brzoreznog čelika – B.W.Nr.1343 (S614), Sl. 1. Standardni molibdenski brzorezni čelik S614 odlikuje se velikom žilavošću i odličnim reznim sposobnostima u normalnim uslovima rada.

Eksperimentalna ispitivanja su izvedena u „Swisslion“ Industrija alata a.d. Trebinje, na CNC strugu „Prvomajska TSD – G“.

Struganje je izvedeno strugarskim nožem PCBNR 25X25 M12 sa pločicom od tvrdog metala DNMG 150608 – PM.

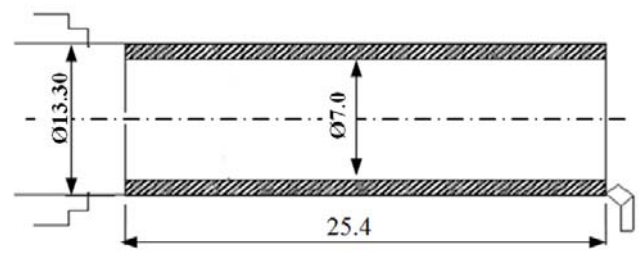


Slika 1. Konični upuštač C'SINKS 6FL.82° ½

Zahvat prethodnog struganja drške sa prečnika $\Phi 13.30\text{mm}$ na prečnik $\Phi 7.00\text{mm}$ izveden je u tri prolaza sljedećim režimima rezanja:

- dubina rezanja $a=1.05\text{ mm}$,
- broj obrtaja $n=1100\text{ o/min}$ i
- korak $s=1.9\text{ mm/s}$ (114 mm/min).

Šematski prikaz zahvata prethodnog struganja prikazan je na Sl. 2.

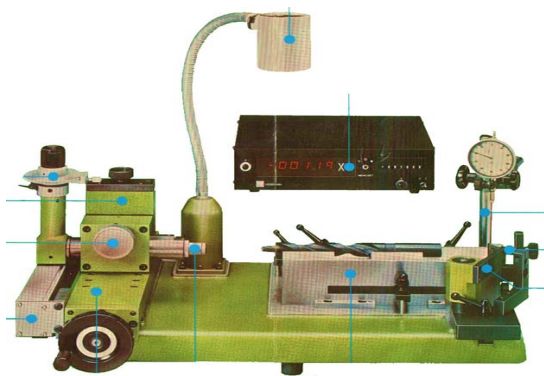


Slika 2. Šematski prikaz zahvata prethodnog struganja koničnog upuštača

Tokom izvođenja eksperimenta vršeno je mjerenje nazivnog prečnika drške i hrapavosti obrađene površine. Mjerenje hrapavosti obrađene površine vršeno je na uređaju Perthometer S5P Perthen, Sl. 3. Na istim predmetima obrade mjerena je i širina pojasa habanja na strugarskom nožu (pločici od tvrdog metala) na uređaju GÜHRING PG 100.



Slika 3. Uređaj za mjerenje hrapavosti (Perthometer S5P Perthen)



Slika 4. Uređaj za mjerenje habanja (GÜHRING G100)

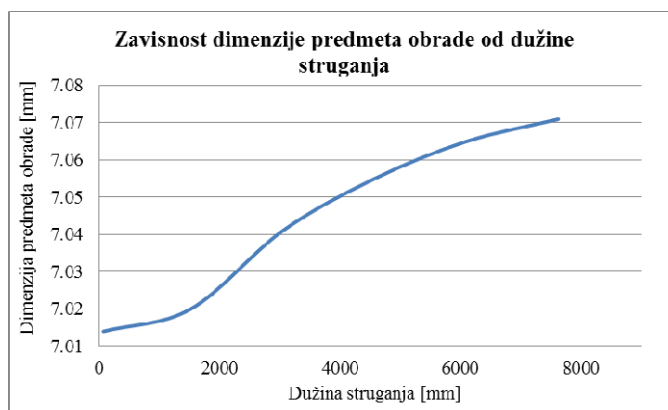
IV. ANALIZA EKSPERIMENTALNIH REZULTATA

Rezultati mjerenja prečnika (dimenzije) obrade, širine pojasa habanja i parametara hrapavosti obrađene površine prikazani su u Tabeli I.

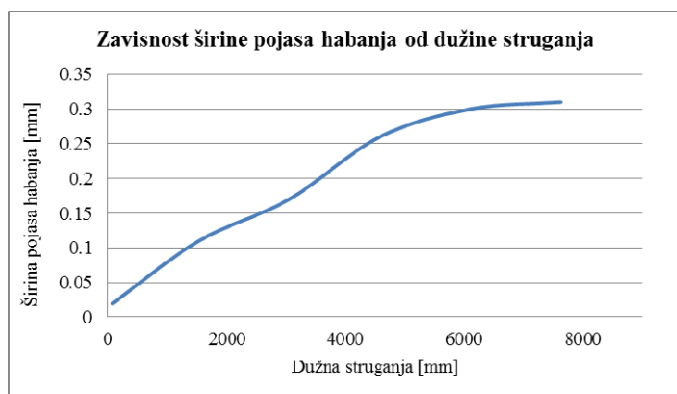
TABELA I. REZULTATI MJERENJA ŠIRINE POJASA HABANJA I HRAPAVOSTI OBRADENE POVRŠINE

Red. broj predmeta obrade	Dužina struganja [mm]	Dimenzije predmeta obrade [mm]	Širina pojasa habanja h [mm]	Srednje aritmetičko odstupanje R_a [μm]	Maksimalna visina profila R_z [μm]
1	76.2	7.014	0.02	1.65	9.48
20	1524	7.02	0.11	1.88	10.68
40	3048	7.041	0.17	2.06	11.56
60	4572	7.055	0.26	2.16	12.58
80	6096	7.065	0.3	2.23	13.94
100	7620	7.071	0.31		

Zavisnost dimenzije predmeta obrade od dužine struganja prikazana je na Sl. 5., a zavisnost širine pojasa habanja od dužine struganja na Sl. 6.



Slika 5. Zavisnost dimenzije predmeta obrade od dužine struganja

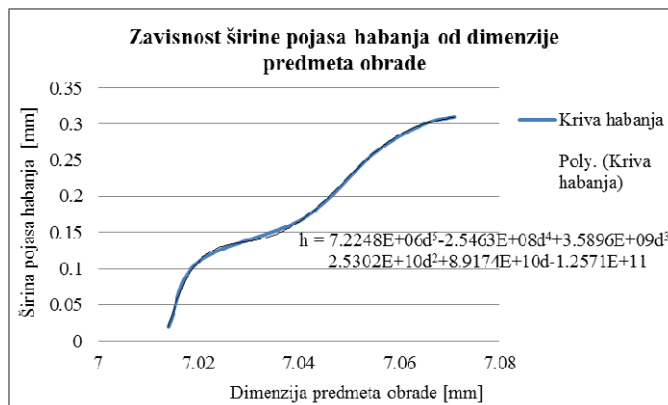


Slika 6. Zavisnost širine pojasa habanja od dužine struganja

Na Sl. 7. prikazana je kriva zavisnosti širine pojasa habanja od dimenzije predmeta obrade, kao i linija trenda i polinomna jednačina petog stepena koje opisuju datu zavisnost.

Sa slike se vidi da se zavisnost u potpunosti može opisati polinomnom jednačinom petog stepena. Međutim, ako se zanemari zavisnost u području širine pojasa habanja do 0.15 mm, kao zanemariva vrijednost sa aspekta postojanosti reznih alata, zavisnost širine pojasa habanja od dimenzije predmeta

obrade može se opisati polinomnom jednačinom drugog stepena, pa čak i linearnom jednačinom, koje su prikazane jednačinama 1 i 2, kao i Sl. 8.

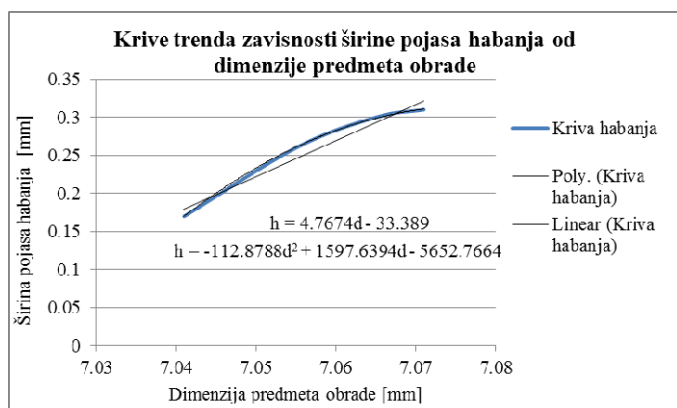


Slika 7. Zavisnost širine pojasa habanja od dimenzije predmeta obrade

$$h = 112.88d^2 + 1597.64d - 5652.77 \quad (1)$$

$$h = 4.77d - 33.39 \quad (2)$$

Odstupanje modulskih od stvarnih vrijednosti širine pojasa habanja u zavisnosti od izmjerene vrijednosti predmeta obrade prikazano je u Tabeli II.



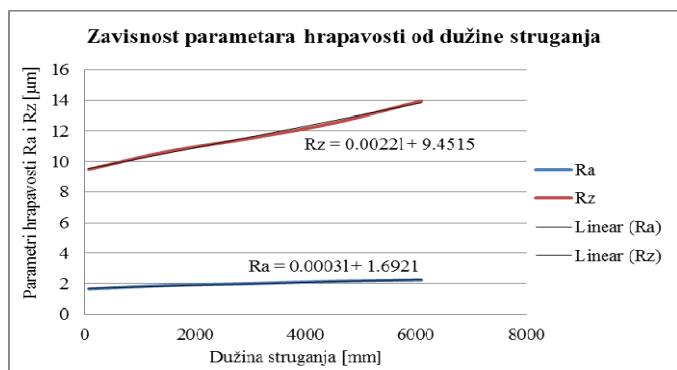
Slika 8. Krive trenda zavisnosti širine pojasa habanja od dimenzija predmeta obrade

TABELA II. Odstupanje modulskih od stvarnih vrijednosti širine pojasa habanja u zavisnosti od vrijednosti predmeta obrade

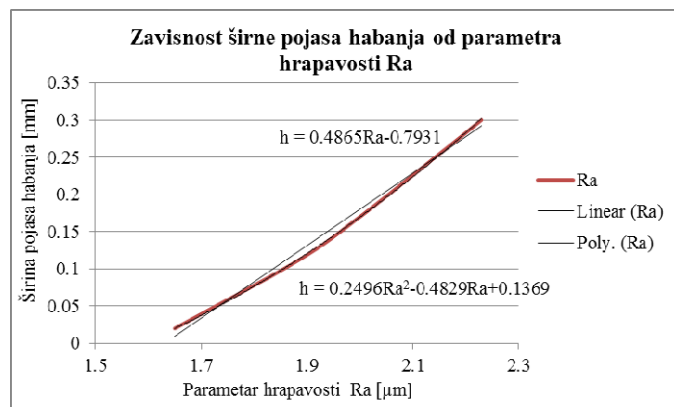
Izmjerena vrijednost širine pojasa habanja [mm]	Modulska vrijednost širine pojasa habanja [mm]		Procentualno odstupanje [%]	
	Polinomna jednačina	Linearna jednačina	Polinomna jednačina	Linearna jednačina
0.17	0.169	0.178	0.45	-4.86
0.26	0.260	0.245	-0.09	5.77
0.3	0.298	0.293	0.62	2.44
0.31	0.310	0.321	-0.02	-3.64

Iz Tabele II. se vidi da se zavisnost širine pojasa habanja od izmjerene vrijednosti predmeta obrade, bez većeg odstupanja, može predstaviti linearnom jednačinom (2), pri čemu je maksimalno odstupanje 5.77%. Polinomna jednačina drugog stepena (1), u potpunosti opisuje zavisnost širine pojasa habanja od izmjerene vrijednosti predmeta obrade sa maksimalnim odstupanjem od 0.62%.

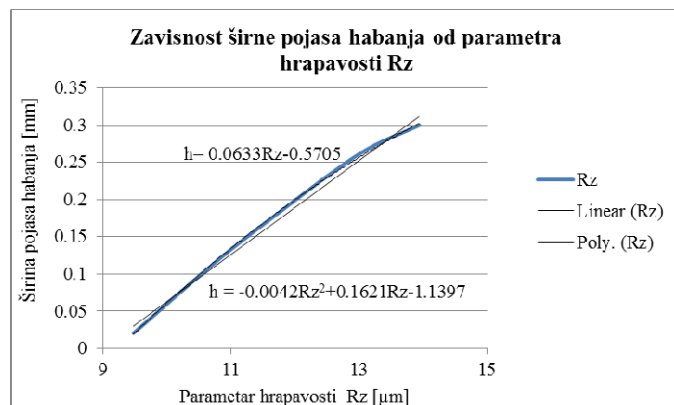
Zavisnost parametara hrapavosti R_a i R_z od dužine struganja, kao i linearne jednačine koje opisuju tu zavisnost prikazane su dijagramom na Sl. 9, a zavisnost širine pojasa habanja od parametara hrapavosti R_a i R_z , kao i polinomne i linearne jednačine koje opisuju te zavisnosti na Sl. 10 i Sl. 11.



Slika 9. Zavisnost parametara hrapavosti R_a i R_z od dužine struganja



Slika 10. Zavisnost širine pojasa habanja od parametra hrapavosti R_a



Slika 11. Zavisnost širine pojasa habanja od parametra hrapavosti R_z

Sa Sl. 10 i Sl. 11 se vidi da se zavisnost širine pojasa habanja od parametara hrapavosti R_a i R_z može modelirati polinomnim jednačinama drugog stepena (3) i (4), a uz neznatno odstupanje i linearnim jednačinama (5) i (6).

$$h = 0.2496R_a^2 - 0.4829R_a + 0.1369 \quad (3)$$

$$h = -0.0042R_z^2 + 0.1621R_z - 1.1397 \quad (4)$$

$$h = 0.4752R_a - 0.7766 \quad (5)$$

$$h = 0.0633R_z - 0.5705 \quad (6)$$

Modulske vrijednosti širine pojasa habanja dobijene preko polinomne i linearne jednačine, u zavisnosti od srednjeg aritmetičkog odstupanja od srednje linije profila R_a , kao i odstupanje modulskih od stvarnih vrijednosti širine pojasa habanja, prikazane su u Tabeli III.

Iz Tabele III. se vidi da se širine pojasa habanja, bez većeg odstupanja, osim početnih vrijednosti koje sa aspekta postojanosti reznih alata nemaju većeg značaja, može modelirati linearnom jednačinom (5) u zavisnosti od srednjeg aritmetičkog odstupanja od srednje linije profila R_a . Polinomnom jednačinom drugog stepena (3), u zavisnosti od srednjeg aritmetičkog odstupanja od srednje linije profila R_a u potpunosti se može modelirati zavisnost širine pojasa habanja sa maksimalnim odstupanjem od 1.75% pri početnim vrijednostima habanja.

TABELA III. MODULSKA VRIJEDNOST ŠIRINE POJASA HABANJA U ZAVISNOSTI OD PARAMETRA RA

Izmjerena vrijednost širine pojasa habanja [mm]	Modulska vrijednost širine pojasa habanja [mm]		Procentualno odstupanje [%]	
	Polinomna jednačina	Linearna jednačina	Polinomna jednačina	Linearna jednačina
0.02	0.020		1.75	
0.11	0.111	0.122	-1.12	-10.47
0.17	0.170	0.180	0.29	-5.82
0.26	0.258	0.258	0.63	0.87
0.30	0.301	0.292	-0.42	2.74

Modulske vrijednosti širine pojasa habanja dobijene preko polinomne i linearne jednačine u zavisnosti od srednje vrijednosti profila Rz, kao i odstupanje modulskih od stvarnih vrijednosti širine pojasa habanja prikazane su u Tabeli IV.

TABELA IV. MODULSKA VRIJEDNOSTI ŠIRINE POJASA HABANJA U ZAVISNOSTI OD PARAMETRA RZ

Izmjerena vrijednost širine pojasa habanja [mm]	Modulska vrijednost širine pojasa habanja [mm]		Procentualno odstupanje [%]	
	Polinomna jednačina	Linearna jednačina	Polinomna jednačina	Linearna jednačina
0.02	0.020		2.24	
0.11	0.112	0.106	-2.24	4.05
0.17	0.173	0.161	-1.71	5.15
0.26	0.257	0.251	1.25	3.41
0.30	0.304	0.312	-1.27	-3.97

Iz Tabele IV. se vidi da se širine pojasa habanja, bez većeg odstupanja, mogu modelirati i linearnom jednačinom (6) i polinomnom jednačinom drugog stepena (4) u zavisnosti od srednjeg odstupanja profila Rz.

V. ZAKLJUČAK

Identifikacija procesa habanja reznih alata u obradnim procesima ima izuzetan praktični značaj, jer se, na bazi triboloških mjernih signala, mogu razviti sistemi upravljanja procesima habanja alata unutar obradnih procesa, kao i optimizacija obradnog procesa saglasno polaznoj funkciji optimizacije.

Kao alternativa složenim direktnim metodama mjerenja habanja reznih alata razvile su se indirektno metode mjerenja, jer su im principi i tehnika mjerenja relativno jednostavniji, a procjena parametara habanja vrši se tokom rezanja, posrednim putem, mjerenjem različitih parametara procesa vezanih uz habanje alata.

Habanje reznih alata, kao krajnje negativna pojava u obradnim procesima, dovodi do niskog kvaliteta obrađene površine, kao i netačnosti oblika i dimenzija predmeta obrade, tako da se i karakteristike kvaliteta (dimenzije i površinska hrapavost obrađenih površina) mogu koristiti kao pouzdani nosioci informacija o veličini i karakteru procesa habanja.

Na osnovu analize eksperimentalnih rezultata u radu je pokazano da se zavisnost veličine habanja od dimenzije i parametara površinske hrapavosti u potpunosti može modelirati eksponencijalnom jednačinom drugog stepena, a uz neznatna odstupanja i linearnom jednačinom.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se „Swisslion” Industriji alata a.d. Trebinje, na obezbijeđenim uslovima za eksperimentalna ispitivanja neophodnim za izradu rada.

LITERATURA

- [1] O. Spaić, A. Koprivica, M. Jokanović, J. Adžić, „Uticaj habanja na kvalitet obrađene površine” Kvalitet&izvršnost, broj 7-8/2016, FQCE, Beograd - Zemun, pp. 79-82.
- [2] O. Spaić, „Teorija rezanja”, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje, Univerzitetski udžbenik, Trebinje, 2017.
- [3] J. Stanić, „Teorija procesa obrade”, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.
- [4] D. Brezak, „Razvoj hibridnog estimatora trošenja alata i metoda vođenja alatnog stroja”, Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2007.
http://repozitorij.fsb.hr/214/1/08_11_2007_Doktorski_rad.pdf
- [5] J. Stanić, „Teorija obrade metala I”, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 1986.
- [6] S. Ekinović, „Obrada rezanjem”, Dom štampe, Zenica, 2002.
- [7] M. Milutinović, „Istraživanje postojanosti strugarskog noža u proizvodnim uslovima pri ortogonalnom rezanju”, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2015.

ABSTRACT

In processing processes, the wear process involves all cutting tools, it is extremely negative and has different shapes, intensity and size for individual cutting elements. The wear process affects a considerable number of output characteristics of the process itself, and to a large extent on the accuracy of the dimensions and the quality of the treated surface. In this regard, the paper examines the interdependence of the condition of the tool and the number of processed work pieces.

THE ASSESSMENT OF THE STATE OF THE TOOL THROUGH THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE WORK OBJECT

Obrad Spaić

Jelena Adžić

Mirjana Jokanović

Aleksandra Koprivica