



### PRIMENA VEROVATNOSNOG PRILAZA PRI PROGNOZI PERFORMANSI REZNOG ALATA

**Dr Sava St. SEKULIĆ**, redovni profesor, *Institut za industrijsko inženjerstvo i menadžment, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, 21000 Novi Sad, Trg D. Obradovica 6, Tel.:(021) 350-122/128, E-mail: slobodan@iis.ns.ac.yu*

**B. NIKOLIĆ**

#### **Rezime:**

*Postojeće relacije između postojanosti alata i režima obrade predstavljaju deterministički pristup. Kako je proces rezanja tipičan stohastički proces, u novijoj literaturi polazi se sa verovatnosnih pozicija. Da bi se uspostavile specifične veze i relacije i da bi se analizirali otkazi reznog alata i režima obrade, u ovom radu, korišćena je dvoparameterska Weibull-ova funkcija raspodele.*

#### **Summary:**

*Existing relation between tool life and cutting conditions represent a deterministic approach. As the cutting process is a typical stochastic one, recent literature contain an approach from the probability aspect. In order to, establish specific connections and relations and to analyse of cutting-tool failures and cutting conditions based on probability approach double-parameter Weibull distribution function, in this paper, was used*

#### **1. UVOD**

U savremenim proizvodnim uslovima pitanje izbora optimalnih režima obrade predstavlja značajan zadatak vezan za izbor optimalne varijante obrade.

Razvijeni matematički modeli za njihove proračune zahtevaju posedovanje pouzdanih podataka o obradljivosti. Kao što je poznato oni se mogu dobiti: 1. laboratorijskim ispitivanjima, pri čemu se održavaju, strogi, kontrolisani, uslovi, koji se odnose na obradak i alat, kao i druge prateće uticaje i 2. praćenjem ponašanja alata u proizvodnim uslovima.

Ispitivanje zavisnosti brzina rezanja – postojanost u laboratorijskim uslovima, ukazuje da se za iste uslove pri rezanju dobijaju značajna rasipanja postojanosti kao posledica neujednačenih triboloških uslova pri rezanju. Iz tih razloga obično

se vrše preliminarna ispitivanja sa većim brojem alata pri čemu se eliminišu alati sa ekstremnim vrednostima postojanosti, a sa preostalim vrše sistematska ispitivanja. posmatrajući ovakav način izbora reprezentativnih alata za ispitivanje funkcija postojanosti sa verovatnosnih pozicija možemo zaključiti da on nema nikakve podloge i opravdanja.

Prikupljanjem podataka o otkazima alata svih vrsta, u proizvodnim uslovima, uočava se vrlo veliko rasipanje, koje je posledica manje kontrolisanih uslova vezanih, pre svega, za obradak i alat, a i ostale uslove koji prate proces. Pored toga, u realnim uslovima obrade, do otkaza alata ne dolazi samo usled triboloških pojava u zoni rezanja već i kao posledica drugih, slučajnih poremećaja.

Na osnovu napred izloženog potrebno je razlikovati pojam postojanosti i vremena bezotkaznog rada alata, i za oba pojma dati tačnije

definicije obzirom da je obrada rezanjem tipičan stohastički proces. Tako se za postojanost alata može reći da predstavlja srednje vreme efektivnog rezanja do pojave zatupljenja definisanog merodavnim kriterijumom habanja, dok vreme bezotkaznog rada, u proizvodnim uslovima predstavlja srednje vreme efektivnog rezanja do pojave otkaza alata. Na osnovu napred izloženog može se zaključiti da je srednje vreme bezotkaznog rada manje od postojanosti alata. Razlikovanje gore navedena dva pojma je vrlo značajno obzirom da se prvi odnosi na tribološke karakteristike materijala obratka i alata, pri ostalim istim uslovima, a drugi i na ostale slučajne poremećaje koji prate realne proizvodne uslove.

U zavisnosti od veličine serija koje se obraduju, broj registrovanih vrednosti otkaza alata može biti različit. Ako je broj registrovanih vrednosti  $N > 50$  on predstavlja reprezentativan uzorak, a ukoliko je  $N \leq 50$  on to više nije. Za obe gore navedena slučaja treba primeniti odgovarajuće metodologije obrade podataka, koje omogućuju određivanje raspodele otkaza, pouzdanosti, frekvence i intenziteta postojanosti ili otkaza i srednje vrednosti postojanost ili bezotkaznog rada alata [ 1,2,3 ].

## 2. USLOVI PRI EKSPERIMENTALNIM ISPITIVANJIMA I NJIHOVA OBRADA

U cilju određivanja promene srednjeg vremena bezotkaznog rada reznog alata, pri obradi na strugu, u realnim proizvodnim uslovima, pri različitim režimima obrade, praćeni su otkazi alata na operaciji: struganje, spolja, uzdužno, predhodno-završno, pri obradi košuljica cilindra motora "Perkins", tip M3, uz variranje 25 različitih režima obrade (5 različitih brzina rezanja  $v$  i 5 različitih pomaka  $s$ , u kombinaciji svaki sa svakim, dubina rezanja  $\delta = 0,5$  mm). Materijal obratka je SL.25 (JUS C J2.020), tvrdoće 98,5-106,5 HR<sub>b</sub>, odn 230-280 HB, livenje centrifugalno. Izvedeno je preko 500 eksperimenata. Eksperimenti su izvedeni na univerzalnom strugu Moskovskog zavoda za masine alatke, tip 16K20. Kao alat korišćen je nestandardni strugarski noz sledeće rezne geometrije: grudni uagao  $\gamma = 5^\circ$ , ledjni uagao  $\alpha = 5^\circ$ , poluprečnik zaobljenja vrha  $r = 8$  mm. Ugao nagiba seciva  $\lambda = 4^\circ$ .

Tablica T.1 Procenjene vrednosti parametara  $\hat{\beta}$  i  $\hat{\eta}$  i  $\hat{T}_m$

		(n, ob/min)	(160)	(200)	(250)	(315)	(400)
		v, m/min	47,226	59,03	73,79	92,98	118,06
s, mm/ob	0,8	$\beta$ $\eta$ $\hat{T}_m$	1	2	3	4	5
			3,0 600 535,80	3,1 320 4,88	3,3 158 141,73	2,9 70 62,44	3,65 38 34,276
	1,0	$\beta$ $\eta$ $\hat{T}_m$	6	7	8	9	10
			3,28 290 260,13	3,07 132 3,19	2,48 65 57,66	3,2 31,8 28,46	3,65 14 12,625
	1,2	$\beta$ $\eta$ $\hat{T}_m$	11	12	13	14	15
			2,72 170 151,83	2,76 80 71,21	2,72 37,5 33,33	2,75 19 16,91	1,6 8 7,168
	1,4	$\beta$ $\eta$ $\hat{T}_m$	16	17	18	19	20
			2,91 118 105,26	3,0 57 50,90	3,0 28 25,00	3,0 12,5 11,16	1,9 5,5 4,880
	1,6	$\beta$ $\eta$ $\hat{T}_m$	21	22	23	24	25
			3,54 89 80,10	3,2 40 35,80	1,62 17 15,23	2,01 8 7,09	1,4 3,5 3,190

Za svaku pojedinu kombinaciju režima obrade vršeno je ponavljanje praćenja otkaza sa novim alatima ( $N = 20$ ), sto je omogućilo, grafo-analitičkom obradom podataka, da se odrede

parametri oblika  $\beta$  i položaja  $\eta$  u Weibull-ovoj dvboparametarskoj funkciji raspodele [1,2,3]:

$$F(t) = 1 - \exp(t/\eta)^\beta$$

na osnovu koje je pouzdanost

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp(t/\eta)^\beta$$

i srednje vreme bezotkaznog rada

$$T_m = \eta I(1/\beta + 1)$$

Obrada eksperimentalnih podataka svodi se na određivanje sledećih zavisnosti

$$T_{mi} = f_1(v) \quad ; \quad s_i = \text{const} \quad \text{i}$$

$$T_{mi} = f_2(s) \quad ; \quad v_i = \text{const}$$

Poslednje zavisnosti za srednje vreme bezotkaznog rada  $T_m$  potražene su u eksponencijalnom obliku

$$T_{mi} = C v^{xi} \quad ; \quad s_i = \text{const.} \quad \text{i}$$

$$T_{mi} = D s^{yi} \quad ; \quad v_i = \text{const.}$$

Koeficijenti  $C$  i  $D$  su potraženi, takode, u eksponencijalnom a eksponenti u linearnom obliku

$$C = 68,8 \cdot 10^6 s^{-0,57}$$

$$x = -2,71-0,496 s$$

$$D = 73,916 \cdot 10^6 v^{-3,246}$$

$$y = -2,678-0,009$$

nakon zamena dobijena su dva konacna, ravnopravna, izraza za asrednje vreme bezotkaznog rada reznog alata

$$T_m = 68,8 \cdot 10^6 s^{-0,57} v^{-2,71-0,496 s} \quad \text{i}$$

$$T_m = 73,916 \cdot 10^6 v^{-3,246} s^{-2,678-0,00957 v}$$

Prema strukturi poslednje dve jednacine moze se zakljuciti da je prva resiva po brzini rezanja  $v$

$$v = (T_m 68,8 \cdot 10^{-6} s^{-0,57})^{1/(-2,71-0,496 s)}$$

a druga po pomaku

$$s = (T_m 73,916 \cdot 10^{-6} v^{3,246})^{1/(-2,678-0,00957 v)}$$

a koja ce se od njih koristiti zavisi od vrste problema koji se resava.

### 3. ANALIZA REZULTATA

Kao što je poznato najvažniji rezultat laboratorijskih ispitivanja obradljivosti predstavlja

zavisnost postojanosti od elemenata rezima obrade [3,4]

$$T = C_T \delta^x s^y v^z$$

gde je  $\delta$  dubina rezanja,  $C_T$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , koeficijent i eksponenti zavise od velicine elemenata preseka strugotine,  $\delta$  i  $s$ , za ostale nepromenjene uslove materijala obratka i alata.

Za određene elemente preseka strugotine dobija se Taylor-ova jednacina

$$T = C_T v^z \quad ; \quad C = C_T \delta^x s^y = \text{const.}$$

koja u log-log mreži predstavlja pravu liniju sa uglom nagiba

$$\alpha = \text{arc tg } z$$

Izraz za postojanost preme Dipiereux-u glasi

$$T = \exp [-(k_v/m)v^m - (i_s/n)s^n + c]$$

Za široki dijapazon promenljivih, uslovna veličina habanja iznosi [4]

$$b = C \delta^x s^y v^z T^{f(v)}$$

Za određeni režim obrade ona prelazi u Weber-ovu jednacinu [5]

$$b = K T^\beta \quad ; \quad K = C \delta^x s^y v^z$$

Poređenjem izvedenih izraza, zasnovanih na verovatnosnim osnovama, sa predhodno iznetim zavisnostima, možemo konstatovati da oni ukazuju na svu slozenost i delikatnost korišćenja podataka pri odrđivanju merodavnih režima obrade, pri čemu unošenje pouzdanosti kao elementa obezbedjuje veću sigurnost.

### 4. ZAKLJUČCI

Na osnovu napred izloženog mogu se doneti sledeći zaključci:

- za prognoziranje srednjeg vremena bezotkaznog rada reznog alara verovatnosni pristup ima puno opravdanje,
- u eksponencijalnim zavisnostima za postojanost alata eksponenti nisu konstante već zavise od elemenata rezima obrade,

- za srednje vreme bezotkznog rada  $T_m$  izvedene su dve ravnopravne zavisnosti, obe u ekspancijalnom obliku i
- izvedene zavisnosti mogu biti korisne pri rešavanju najrazličitijih zadataka vezanih za optimizaciju procesa rezanja.

## LITERATURA

- [1] Sekulić, S., Metodologije za određivanje pouzdanosti reznog alata, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, 14, 1983, 128-142.
- [2] Sekulić, S., Grafički postupak za određivanje pouzdanosti reznog alata zasnovan na broju obradaka obradjenih pojedinim alatima, Zbornik XIX Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, sept., 1985, Kragujevac, 1985., 218-222.
- [3] Sekulić, S., Predlog načina prikupljanja podataka o postojanosti i otkazima alata u proizvodnim uslovima, Zbornik radova XXV Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, maj Beograd, 1986., 51-58.
- [4] Sekulić, S., Pohabanost alata u funkciji režima obrade, Strojniški vestnik, XIII, 1967, 3.
- [5] Sekulić, S., Identifikacija primarnih parametara obrade na strugu na osnovu plastične deformacije i termonapona rezanja, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1977.
- [6] Sekulić, S., Nikolić, B., Influence of Cutting Tool Condition Elements on Cutting Tool Reliability Function Parameters in Turning, Proceeding CD-ROM 16<sup>th</sup> International Conference on Production Research ICPR – 16, July 2001., Prague, Czech republic, 2001, Contribution no 0019, P017.
- [7] Sekulić, S., Nikolić, B., Influence of Cutting Tool Condition Elements on Cutting Tool Reliability Function Parameters in Turning, Summaries 5, Stream 6+8, 16<sup>th</sup> 153 International Conference on Production Research ICPR – 16, July 2001., Prague, Czech republic, 2001, Contribution no 0019, P017, p 153.
- [8] Sekulić, S., Nikolić, B., Uticaj elemenata režima obrade na parametre funkcije pouzdanosti pri obradi na strugu, Zbornik radova CD-ROM XXIX Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, sept., 2002, Beograd, 2002., 218-222.