

ORIGINALNI NAUČNI RAD

D. Banjac*

POSTOJANOST ALATA PRI OBRADI KVADRATNIH OTVORA BUŠENJEM

Rezime

Na bazi širih istraživanja procesa obrade poligonalnih otvora bušenjem, u radu se iznosi deo rezultata ispitivanja modela habanja i postojanosti alata pri obradi kvadratnih otvora. Za istraženi originalni poligonalni alat prikazuju se utvrđeni merodavni parametri habanja i pouzdana funkcija postojanosti kod obrade uzoraka iz konstrukcionog čelika.

WERKZEUGSTANDZEIT BEIM BOHREN VON QUADRATLOCHERN

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein Teil der Ergebnisse von Untersuchungen des Verschleißmodells und der Werkzeugstandzeit beim Bohren von Quadratlochern präsentiert. Die vorliegende Arbeit ist nur ein Teil von breiteren Untersuchungen des Bohrens von Polygonallochern. Für das untersuchte originelle Polygonalwerkzeug werden massgebende Verschleißparametern wie auch eine Zuverlässigkeitsfunktion der Standzeit bei Bearbeitung von Konstruktionsstahl festgestellt.

1.0. UVOD

Obrada poligonalnih otvora ostvaruje se različitim procesima obrade, sa promenljivim nivoima tačnosti, proizvodnosti i ekonomičnosti obrade. Pojedini procesi obrade daju zadovoljavajuće praktične tehnoekonomske efekte samo u posebnim, relativno uskim uslovima proizvodnje. S druge strane, za neke od procesa obrade poligonalnih otvora nema dovoljno neophodnih informacija za njihovu efikasnu praktičnu primenu. Jedan od takvih procesa je i proces obrade poligonalnih otvora bušenjem. Iako su dosada-

*) Banjac mr Dragan, dipl. ing., predavač, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, V. Perića Valtera 2.

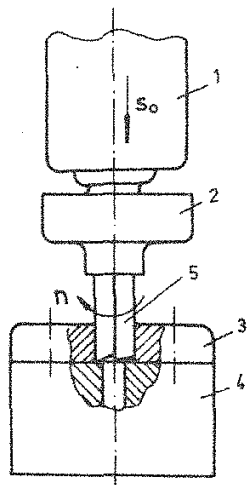
šnja istraživanja [2] dokazala da ovaj proces može obezbediti povoljne efekte u proizvodnji, njegova šira praktična primena je ograničena nedovoljnom istraženošću.

Proces obrade poligonalnih otvora bušenjem karakteriše se relativno složenijom kinematikom i dinamikom rezanja. Značajne pojave periodično promenljivih režima rezanja, dinamičkih komponenata otpora rezanja i vibracija, zahtevaju posebno istraživanje geometrije alata i uslova dinamičke stabilnosti obradnog sistema, kao pretpostavki za dalje ispitivanje i efikasnu praktičnu primenu ovog procesa. Imajući ovo u vidu, može se reći da su ranija istraživanja [1,2,6] dala zadovoljavajuće rezultate, tj. racionalno rešenje alata i pribora i obezbedjenje potrebnih nivoa tačnosti obrade i postojanosti alata.

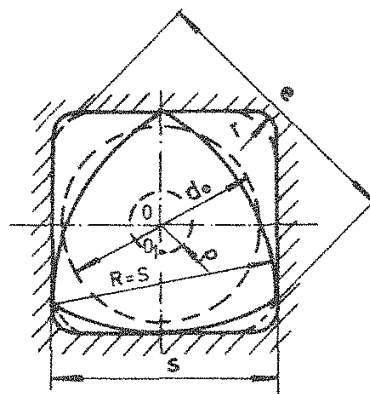
Koristeći se razvijenim i detaljno ispitanim rešenjem specifične konstrukcije alata i pribora [2], izvršena su šira istraživanja modela habanja i funkcije postojanosti alata pri obradi kvadratnih otvora u uslovima povoljne dinamičke stabilnosti obradnog sistema. Zbog toga se dalje iznosi deo rezultata tih istraživanja.

2.0. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PROCESA

Posmatrajući proces obrade poligonalnih otvora bušenjem na bušilici (sl.1), vidi se da alat vrši dva osnovna kretanja, glavno kružno (n) i pravolinijsko pomoćno (s_0). Pri obradi poligonalnog otvora sa n strana u obradku 4, alat 5 će biti takodje poligonalnog preseka sa $z=n-1$ strana i vodiće se u vodjici 3, koja je identičnog profila sa obradjenom površinom. Usled toga neophodno je da se alat u vreteno mašine 1 steže preko plivajućeg stezača 2. Naime, ako se vrši obrada kvadratnog otvora stranice s , alat mora biti trougani sa stranicama u obliku kružnog luka $R=S$ (sl.2). Vršeći pri obradi navedena dva osnovna kretanja, alat se svojim profilom kotrlja i kliže po kvadratnom profilu vodjice i obradjene površine i na taj način vrši i dopunsko periodično promenljivo kretanje, prikazano kretanjem njegove ose po kružnoj putanji poluprečnika p .



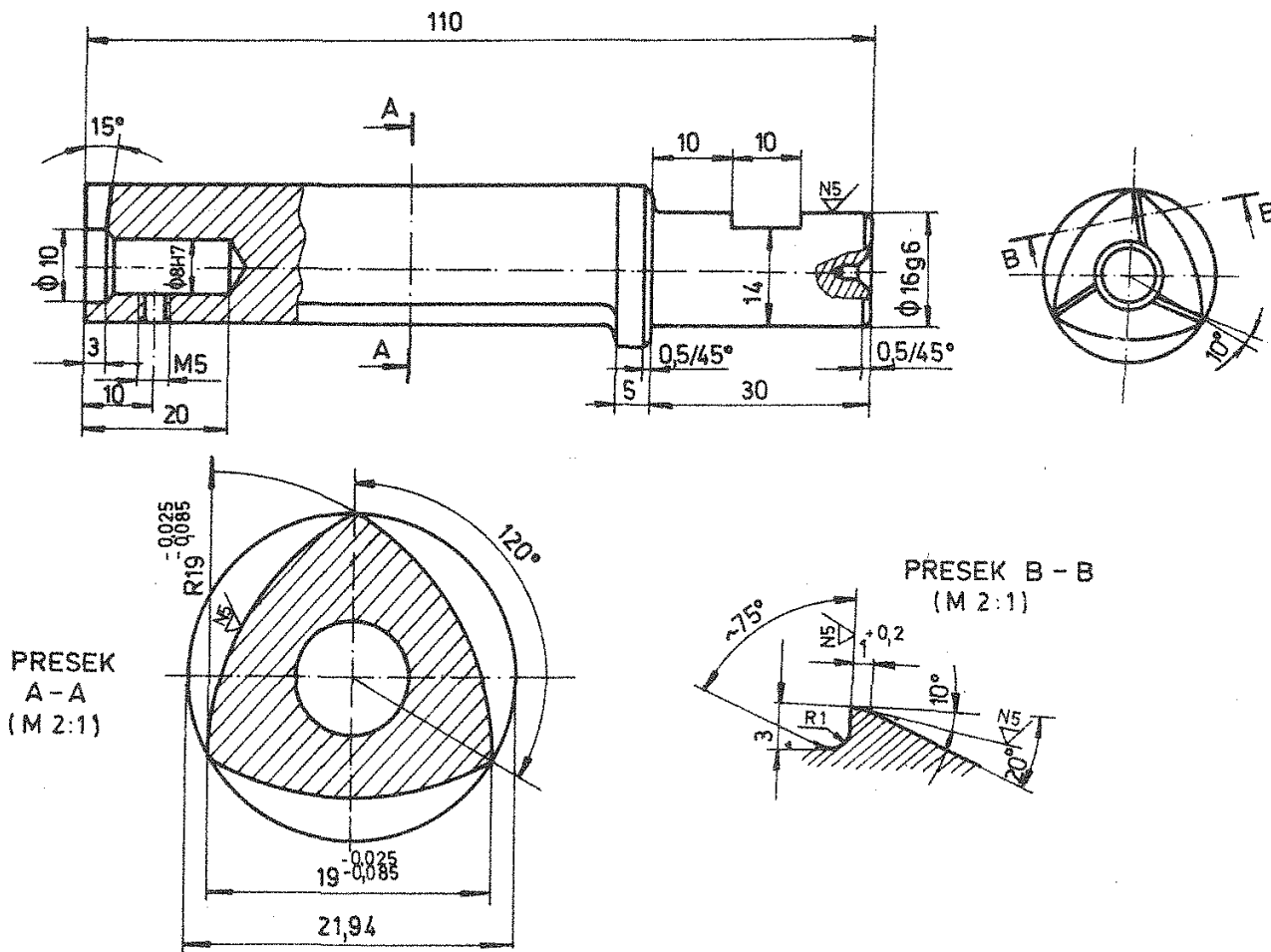
SI.1 Obradni sistem



SI.2 Profil alata

Navedeno pokazuje da će se rezultujuća brzina rezanja, za pojedine tačke alata u toku jednog njegovog obrta, menjati periodično. Pri tome dopunsko radijalno kretanje alata izaziva promenu rezultujućih brzina rezanja i po pravcu i po intenzitetu. Pošto se pri obradi ustvari vrši proširivanje prethodno izbušenog otvora (prečnika d_0) u kvadratni, u toku jednog obrta alata dolazi i do periodične promene dubine rezanja [2]. Brzina pomoćnog kretanja ostaje konstantna.

Periodična promena brzine i dubine rezanja izaziva pojavu značajnih vrednosti dinamičkih komponenata otpora rezanja i vibracija [6]. Ove pojave u osnovi određuju nivo postojanosti alata, mogućih režima rezanja i tačnosti obrade, pa prema tome i proizvodnosti i ekonomičnosti obrade. Sve to uslovljava potrebu prethodnih širih istraživanja i određivanja specifične racionalne geometrije alata. Na osnovu takvih ispitivanja [2] razvijena je i usvojena konstrukcija proširivača, koja se može smatrati racionalnom, jer daje zadovoljavajuće nivo postojanosti alata, dinamičke stabilnosti i tačnosti obrade (sl.3). Pri obradi svih ispitivanih materijala sa alatom od brzoreznog čelika č.7680, kao najpovoljnija se pokazala usvojena rezna geometrija: $\kappa=90^\circ$, $\gamma=0^\circ$, $\alpha=10^\circ$ i $\lambda=10^\circ$.



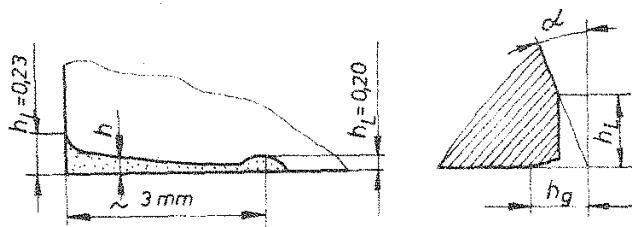
Sl.3 Konstrukcija proširivača

3.0. IDENTIFIKACIJA PROCESA HABANJA ALATA

Zavisno od vrste obradnog procesa i uslova obrade, proces habanja alata karakterišu različiti oblici i parametri habanja. Opisivanje procesa habanja alata najpotpunije se vrši preko vremenskih funkcija merodavnih parametara habanja. Za razliku od većine istraženih procesa obrade, kod procesa obrade poligonalnih otvora bušenjem neophodna su šira istraživanja svih elemenata modela habanja alata. Nedovoljna istraženost procesa, utvrđena specifična geometrija alata i složena kinematika i dinamika rezanja su osnovni faktori koji uslovljavaju neophodnost istraživanja i oblika, i parametara i krivih habanja alata.

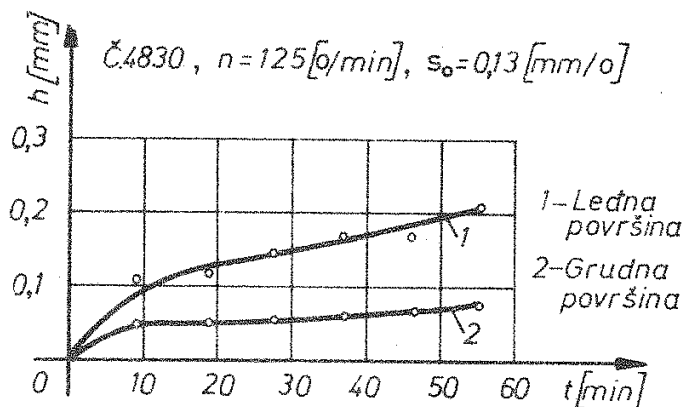
Ne iznoseći detaljnu analizu triboloških aspekata procesa rezanja, model habanja, neophodan za definisanje kriterijuma i funkcija postojanosti alata, se može utvrditi na osnovu analize rezultata eksperimenatalnih ispitivanja. Na osnovu takvih širih istraživanja procesa obrade kvadratnih otvora u uzorcima iz različitih standardnih konstrukcionih materijala, utvrđeno je postojanje tri karakteristična oblika habanja: habanje na ledjnoj i grudnoj površini i krzanje sečiva. Krzanje sečiva se pri tome javlja samo kod režima rezanja koji odgovaraju uslovima nedovoljne dinamičke stabilnosti obradnog sistema [2], kao i pri znatnijim vrednostima parametara habanja alata.

Eksperimentalna istraživanja, vršena u istraženim uslovima zadovoljavajuće stabilnosti obradnog sistema, pokazuju visok nivo zakonitosti procesa habanja izraženog u dva osnovna oblika habanja: pojasa habanja na ledjnoj i pojasa habanja na grudnoj površini sečiva alata. Tako, pri obradi kvadratnih otvora srednjih dimenzija ($S=19\text{mm}$), u uzorcima od konstrukcionih čelika i pod uslovima ispitivanja koji se navode kasnije, pojas habanja na ledjnoj površini karakteriše se klinastim oblikom, sa najvećom širinom na spoljnom delu sečiva (sl.4-b). Istovremeno, u najvećem broju eksperimenata, utvrđeno je i izvesno koncentrisano habanje na ledjnoj površini oko unutrašnje granice aktivnog dela sečiva (sl.4-a).



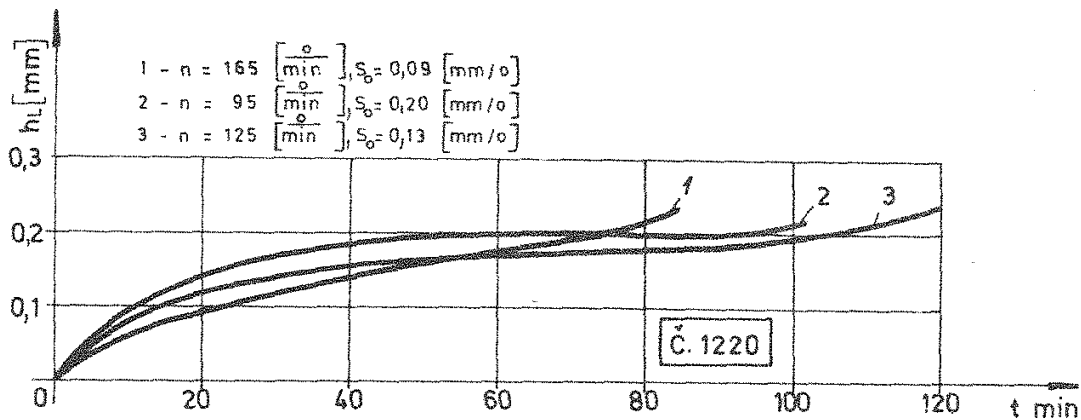
Sl.4 Model habanja alata

Habanje alata na grudnoj površini ima isti klinasti oblik kao i habanje na ledjnoj površini (sl.4-a). Medjutim, kod obrade uzoraka od svih ispitivanih materijala, pokazuje se da je širina pojasa habanja na grudnoj površini (h_g) mnogo manja u odnosu na ledjnu površinu (h_l) i da nije merodavna za utvrđivanje postojanosti alata. To potvrđuju rezultati dobijeni pri obradi kvadratnih otvora u uzorcima od čelika Č.4830, gde se uporedjenjem krivih habanja može videti da je habanje na ledjnoj površini izraženije i da se kao merodavni parametar habanja može usvojiti širina pojasa habanja na ledjnoj površini (sl.5).



Sl.5 Krive habanja alata

Za utvrđeni merodavni parametar habanja, širinu pojasa habanja na ledjnoj površini, rezultati eksperimenata pri obradi kvadratnih otvora, prikazani vremenskim funkcijama habanja-krivama habanja alata, pokazuju visok nivo zakonitosti promena habanja u toku vremena rezanja. Zbog toga se može zaključiti da se kao pouzdan i praktično primenljiv kriterijum habanja alata može definisati na osnovu analize krivih habanja. Tako na primer, pri obradi čeličnih uzoraka vidi se da se širina pojasa habanja na ledjnoj površini u toku druge faze habanja menja približno linearno (sl.6). Pri tome je važno naglasiti da se praktično ne sme dozvoliti prelazak u treću fazu habanja, kada zbog navedenih dinamičkih pojava dolazi do krzanja i lomova sečiva.



Sl.6 Habanje alata na ledjnoj površini

Na osnovu izloženog i analize velikog broja krivih habanja, definisanih za slučajeve obrade više konstrukcionih materijala sa različitim režimima rezanja, kao pouzdan kriterijum habanja alata usvojena je širina pojasa habanja na ledjnoj površini $h_l = 0,2 \text{ mm}$, što odgovara kraju ravnomernog habanja. U toku daljih ispitivanja postojanosti alata, usvojeni kriterijum je višestruko potvrđen, pre svega kao vrednost koja omogućava maksimalno iskorišćenje reznih sposobnosti alata uz istovremeno odsustvo pojava lomova sečiva.

4.0. EKSPERIMENTALNO UTVRĐJIVANJE FUNKCIJA POSTOJANOSTI ALATA

Eksperimentalna istraživanja procesa obrade kvadratnih otvora bušenjem vršena su u laboratorijskim uslovima, definisanim na osnovu rezultata prethodnih ispitivanja [1,2] i njihovog usaglašavanja potrebama praktične primene. Polazeći od činjenice da se za matematičku interpretaciju funkcije postojanosti najčešće koristi eksponencijalni model [2,3], za planiranje i realizaciju eksperimenata usvojen je izraz oblika

$$T = C v^{b_1} s_0^{b_2} \quad (1)$$

gde su C, b_1, b_2 - konstante obradnog procesa, s_0 - pomak.

Na bazi takvog modela funkcije postojanosti u ispitivanjima je primenjen dvofaktorni plan eksperimenata prvog reda i odgovarajući postupak statističke obrade dobijenih rezulta-

ta pomoću računara.

Karakteristike elemenata obradnog sistema i uslovi eksperimenata pri utvrđivanju postojanosti alata su identični sa primenjenim pri analizi i utvrđivanju modela habanja i dalje se nešto detaljnije preciziraju.

4.1. Uslovi eksperimenata

Ispitivanja modela habanja alata i njegove postojanosti vršena su na radijalnoj bušilici SASS-Torino, $\varnothing 60\text{mm}$. Pri obradi uzoraka od čelika korišćeno je sredstvo za hladjenje i podmazivanje - 10% emulzija BU-3, FAM, Kruševac.

Za nivo ulaznih parametara procesa, brzine rezanja i pomaka, usvojene su i primenjivane vrednosti, koje odgovaraju području dinamičke stabilnosti primenjenog obradnog sistema:

	V m/min	s_0 mm/a
Gornji nivo	10,36	0,20
Srednji nivo	7,85	0,13
Donji nivo	6,00	0,09

U ispitivanjima koja se prikazuju obradjivani su kvadratni otvori stranice $S=19\text{mm}$ u uzorcima dimenzija: $\varnothing 40 \times 30\text{mm}$, sa izbušenim otvorom $d_0=17,5\text{mm}$. Karakteristike materijala obradjivanih uzoraka su date u tablici 1.

Tablica 1. Karakteristike materijala uzoraka

Oznaka	Hemijski sastav	Stanje i karakteristike		
		Term.ob.	σ_M N/mm ²	HB N/mm ²
Č.4830	0,55%C; 1,2%Cr; 0,12%V; 0,35%Si	meko žaren	850	2.000
Č.1220	0,18%C; 0,5%Mn; 0,35%Si	žaren	430	1.400

U svim eksperimentima korišćena su istražena rešenja alata, pilvajućeg stezača, vodjice i pribora za stezanje uzoraka |1,2|. Alat je prikazane konstrukcije (sl.3), od brzoreznog

čelika Č.7680, kaljen na 64^{+2} HRC.

Merenje širine pojasa habanja vršeno je na radioničkom mikroskopu posle svakog petog obradjenog uzorka, zbog potrebe definisanja krivih habanja i obezbedjenja od lomova sečiva.

4.2. Rezultati eksperimenata

Za utvrđeni kriterijum postojanosti alata, širinu pojasa habanja na ledjnoj površini $h_{\perp}=0,2\text{mm}$, dobijene vrednosti postojanosti iz krivih habanja za svaku eksperimentalnu tačku date su u tablici 2, izražene brojem obradjenih uzoraka i vremenom rezanja. Pored toga u tablici je data plan matrica eksperimenta, sa vrednostima ulaznih parametara procesa, čime su definisane sve eksperimentalne tačke. Dati su samo rezultati dobijeni pri obradi Č.1220.

Tablica 2. Rezultati eksperimenata

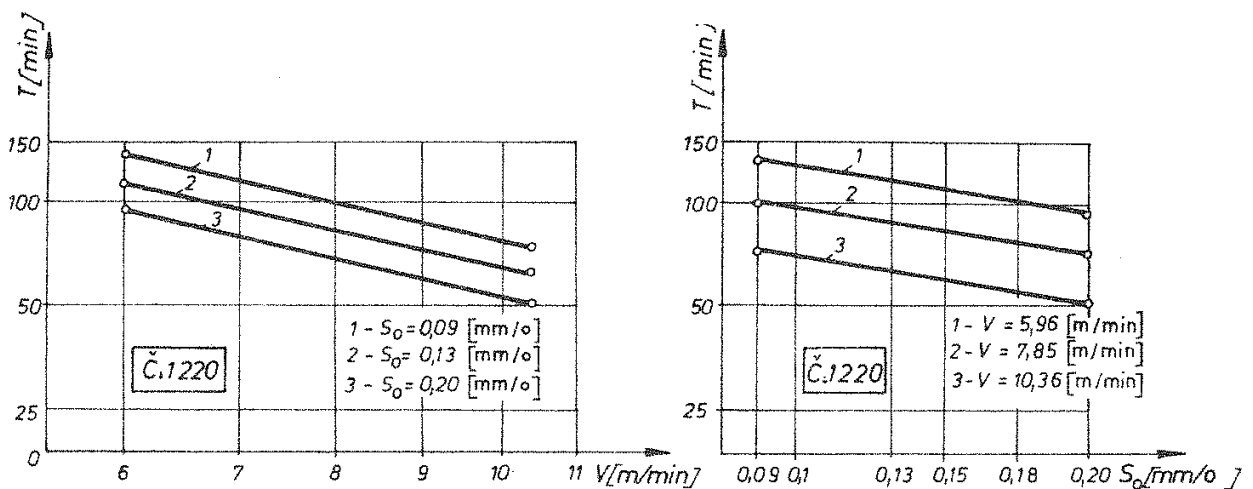
EKSPERIME.		n	v	s_o	PLAN			T	
Red. broj	Kod	$\left[\frac{o}{\text{min}}\right]$	$\left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right]$	$\left[\frac{\text{mm}}{o}\right]$	X_0	X_1	X_2	kom	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	165	10,36	0,09	1	1	-1	40	80,8
2	2	165	10,36	0,20	1	1	1	55	50
3	5	125	7,85	0,13	1	0	0	41	75,8
4	4	95	6	0,2	1	-1	1	65	102,7
5	7	125	7,85	0,13	1	0	0	28	51,8
6	6	125	7,85	0,13	1	0	0	65	120,2
7	1	95	6	0,09	1	-1	-1	37	129,9

4.3. Obrada rezultata eksperimenata

Polazeći od opšteg eksponencijalnog modela funkcije postojanosti (1), dobijeni rezultati eksperimenata (tab.2) obradjeni su na računaru primenom standardnih programa za određivanje konstanti obradnog procesa, proveru adekvatnosti modela i signifikantnosti parametara funkcije postojanosti. Pri obradi čelika Č.1220 dobijen je izraz:

$$T = \frac{310}{v^{1,08} s_o^{0,45}} \quad (2)$$

čija je grafička interpretacija data na slici 7.



Sl.7. Zavisnost postojanosti alata od režima rezanja

Dobijeni rezultati disperzione analize pomoću računara pokazuju da je izraz (2) adekvatan i pouzdan. S druge strane to potvrđuje i opravdanost primenjenog modela funkcije postojanosti i dvofaktornog plana eksperimenata prvog reda. Istovremeno treba naglasiti da su i pri obradi uzoraka od drugih ispitivanih materijala takodje dobijeni zadovoljavajući rezultati, kako u pogledu pouzdanosti dobijenih funkcija, tako i u pogledu nivoa postojanosti alata.

Na bazi dobijenih funkcija postojanosti alata, odgovara-

juća tehnoeekonomska analiza [2] pokazuje da proces obrade kvadratnih otvora bušenjem može obezbediti značajne tehnoekonomske efekte, posebno u nižim tipovima proizvodnje.

5.0. ZAKLJUČCI

Na osnovu izloženog mogu se izvući sledeći zaključci:

1. Ostvarivanje racionalnog procesa obrade kvadratnih otvora bušenjem uslovljeno je prethodnim ispitivanjem specifične konstrukcije alata i oblasti režima rezanja u cilju obezbedjenja povoljne dinamičke stabilnosti obradnog sistema.
2. Prikazana istraživanja modela habanja alata pokazuju da je merodavni parametar habanja širina pojasa habanja na ledjnoj površini, čije se krive habanja mogu pouzdano koristiti za odredjivanje postojanosti alata.
3. Iako se radi o složenoj kinematici i dinamici procesa rezanja, dobijene funkcije postojanosti dokazuju mogućnosti ostvarivanja značajnih tehnoekonomskih efekata pri bušenju kvadratnih otvora.

LITERATURA

- [1] Banjac, D., Obrada poligonalnih otvora bušenjem - rezultati eksperimentalnih istraživanja, Zbornik saopštenja X savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Beograd, 1975.
- [2] Banjac, D., Istraživanje procesa obrade poligonalnih otvora bušenjem, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1977.
- [3] Bobrov, V.F., Osnovy teorii rezanija metallov, Moskva, 1975.
- [4] Kacev, D.G., Statističeskie metody issledovanija režuščego instrumenta, Moskva, 1968.
- [5] Weigold, R.P., Unrun-~~bohren~~ bohren, Werkstatt und Betrieb III, N^o 2, 1978.
- [6] Banjac, D., Sile rezanja i tačnost obrade pri bušenju kvadratnih otvora, Zbornik radova FTN, Novi Sad, br. 14, 1983.