

<https://doi.org/10.24867/JPE-1992-09-083>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Kovač P.*

FUNKCIJE OBRADLJIVOSTI NA BAZI
TEMPERATURE REZANJA

MACHINABILITY FUNCTIONS BASED ON
CUTTING TEMPERATURE

Summary

This paper presents results of experimental investigations of the tool wear in milling. The cutting conditions during experiment were constant moreover cutting speed. Graphs of the wear parameters on flank and rake face versus cutting time were plotted. Very significant influence of cutting speed versus cutting time can be notice.

In the same time mean temperature - termovoltage and the cutting temperature in a point versus time were measured. Cutting temperature in a point versus time has same trend like parameters of the tool wear with three characteristic phases. Thermovoltage remains constant until tool became worn. This feature had find very useful because through the thermovoltage, tool life relationship can be determined by shorted experiment.

Using least square method for the experimental datas processing, the Taylors tool life relationship is evaluated. Other machinability function based on the temperature by same methodology are also determined.

*Dr Pavel Kovač, docent, FTN, Institut za proizvodno mašinstvo,
21000 Novi Sad, Vladimira Perića-Valtera 2.

Rezime

U radu su prikazani rezultati eksperimentalnih istraživanja parametara habanja alata na grudnoj i ledjnoj površini u vremenu rezanja za različite brzine rezanja. Istovremeno je praćena i promena termonapona i temperature rezanja u tački. Ustanovljeno je da se temperatura rezanja menja u tri karakteristične faze kao i habanje alata a termonapon ostaje konstantan sve do zatupljenja alata.

Koristeći metodu najmanjih kvadrata određena je Taylorova funkcija postojanosti kao i funkcije obradljivosti na bazi temperature rezanja.

1. UVOD

Prava ocena obradljivosti nekog materijala može se jedino dati pomoću skupa funkcija obradljivosti kojim se obuhvata, mehanika, termodinamika, kvalimetrija i dinamika procesa rezanja kao i nastajanje strugotine.

Laboratorijska i pogonska ispitivanja obradljivosti za razne vrste obrade baziraju na razvijenim metodologijama, koje definišu kompleksne i skraćene metode istraživanja. Osnovu ovih eksperimentalnih procesa čine teorija planiranja eksperimenta i faktorni planovi. Za ova istraživanja su predloženi određeni formulari na osnovu kojih se prikupljaju podaci o: materijalu, alatu mašini, uslovima eksperimenta i eksperimentu /4/. Ovi nosači informacija mogu istovremeno predstavljati slogove podataka u tehnološkoj banci podataka. Najčešće se određuju četiri funkcije obradljivosti:

- Taylorova jednačina $T=T(v)$, kada se vrši sistematsko praćenje habanja alata (na grudnoj ili ledjnoj površini) u vremenu rezanja
- merenje komponenti otpora rezanja $F_i=F_i(\delta, s)$
- merenje temperature, odnosno temperature u procesu rezanja $\Theta = \phi(v, s, \delta)$
- praćenje i merenje parametara kvaliteta obradjene površine $R_i=R_i(s, \delta, \dots)$

U ovom radu se daje prilog određivanju Taylorove funkcije postojanosti na osnovu praćenja habanja alata. Na bazi istraživanja toplotnih pojava u procesu rezanja tj. praćenja temperature rezanja (Θ) u tački i termonapona prirodnog termopara (U) u vremenu rezanja za tri različite brzine rezanja može se naći njihova zavisnost od habanja alata /1/.

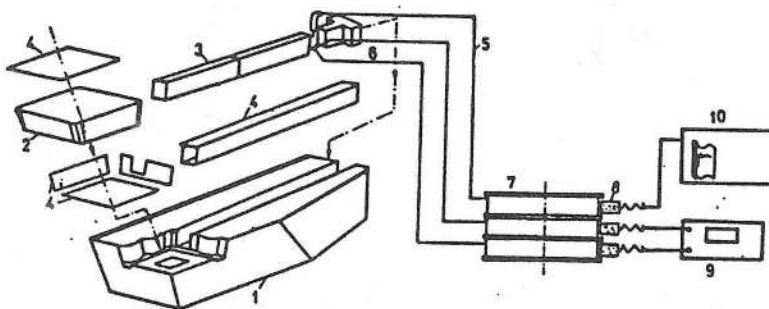
Na osnovu ovih podataka mogu se naći funkcije temperature u tački i termonapona rezanja u zavisnosti od brzine rezanja $\theta=\theta(v)$ i $U=U(v)$. Sledeći korak je određivanje funkcija postojanosti alata u zavisnosti od temperature i termonapona rezanja $T=T(\theta)$ i $T=T(U)$.

2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

2.1. Korišćena metodologija

Obzirom da je merenje termonapona detaljnije opisano u radu /3/, ovde će se istaknuti samo najbitnije. Pri glodanju alat vrši rotaciono kretanje pa se signal sa alata dovodi na klizne prstenove, koji su izolovani od vretena mašine. Prstenovi su od bakra a izolacija od pleksiglasa i pertinaksa. Jedan prsten služi za signal prirodnog termopara a preostala dva za signal sa veštačkog termopara CrNi-Ni, kojim je merena temperatura u "hladnom sloju" prirodnog termopara na alatu.

Da bi se kod termoelemenata na alatu ostvario "hladan spoj" izvan zone zagrevanja, kontakt sa rezne pločice od TM je u produžetku izveden od TM iste vrste. Rezna pločica od nosača pločice je izolovana pomoću liskuna, koji je dobar električni i toplotni izolator, sl.1.



1-nosač pločice, 2-pločica od TM, 3-štapići od TM, 4-izolacija, 5-bakar-ni provodnik, 6-veštački termopar, 7-bakarni prstenovi, 8-grafitne četkice, 9-termometar, 10-svetlosni pisač.

Sl.1. Šema merenja termonapona

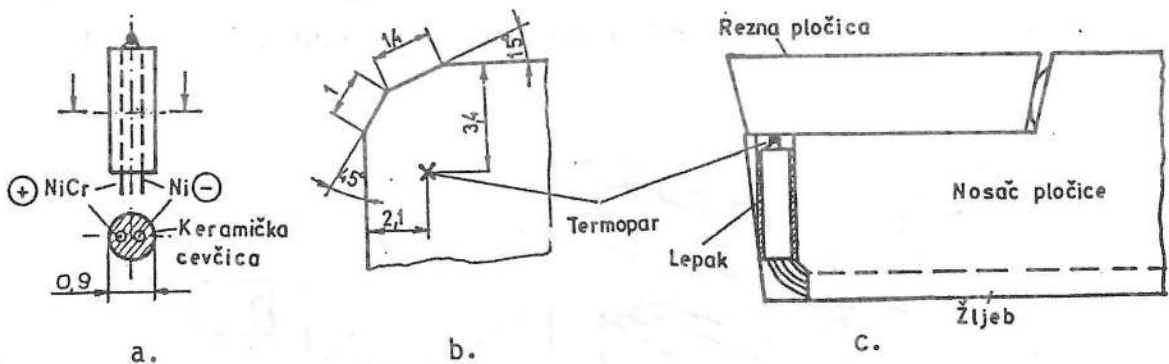
Fig.1. Scheme of thermovoltage measuring

Prenos signala sa kliznih prstenova ostvaren je grafitnim četkicama sa konstantnim pritiskom, koji se ostvaruje oprugama pa kompenzuje i eventualnu ekscentričnost kliznih prstenova. Da bi greška bila što manja prenos signala je sa svakog prstena izvršen pomoću dve četkice. Dalje se signal prenosi bakarnim provodnicima.

Signal veštačkog termopara prenosi se na merni instrument, odnosno Digital Multithermometer a vrednost se direktno očitava u $^{\circ}\text{C}$. Merenje temperature "hladnog spoja" na alatu vršeno je u cilju kompenzacija eventualne razlike u temperaturi oba "hladna spoja". Pri ovom eksperimentu temperatura oba "hladna spoja" je bila jednaka i stalno je kontrolisana (pomoću veštačkog termopara).

Obradak, izolovan od mašine, povezan je sa mernim instrumentom, odnosno svetlosnim pisačem.

Pri merenju temperature u tački korišćenja je metoda veštačkog termopara, koja je prilagodjena procesu čeonog glodanja. Termopar je bio malih dimenzija sa žicama od nikla i hrom nikla prečnika 0,1 mm. Žice termopara su zavarene u kuglicu prečnika 0,5 mm. U zoni najviših temperatura žice termopara su izolovane keramičkom cevčicom prečnika 0,9 mm sa otvorima za smeštaj žica (sl.2a). Dužina keramičke cevčice je bila oko 10 mm a dalje izolacija termopara je bila od PVC.



Sl.2. Priprema i postavljanje termopara

Fig.2. Thermocouple preparation and positioning

Ovako pripremljen termopar postavljen je i zaljubljen u unapred pripremljen kanal na nosaču pločice. Vrh termopara u obliku kuglice je bio pritisnut reznom pločicom, koja se mehanički steže i ostvaruje stalan kontakt sa termoparom (sl.2c). Ovako postavljen termopar u nosaču pločice omogućuje skidanje pločice sa nosača kada se

meri habanje, bez pomeranja tačke kontakta. Termopar je merio temperaturu u tački ispod kratera (sl.2b).

Prenošenje signala sa rotirajućeg alata pri glodanju je izvršeno na isti način kako je to opisano za termonapon.

Signali termonapona vodjeni su direktno na jedan od kanala svetlosnog oscilografa "August Fischer" KG tip AF-8UV-6. Ovo direktno priključenje bez pojačanja, bilo je moguće primenom vrlo osetljivog galvanometra sa elektromagnetnim prigušenjem tip GA 1,1/8H. Da bi se veličine registrovanih otklona na hartiji prevele u napon vršeno je baždarenje. Ono je ostvareno pomoću kompenzacionog instrumenta "Thermocontrol" tip YHK, kojim se može vrlo precizno ostvarivati jednosmerni napon od 0 do 100 mV. Baždarenje je izvršeno tako što je na ulazni kanal za termonapon, priključen kompenzacioni instrument, pomoću kojeg je stepenasto variran napon u potrebnim granicama.

2.2. Uslovi pri eksperimentalnom ispitivanju

Ispitivan je čelik za poboljšanje Č.1730, u obliku paralelopipeda 100x100x600 mm, zatezne čvrstoće $90 \cdot 10^7$ Pa.

Obrada je vršena na vertikalnoj glodalici "PRVOMAJSKA" FS-GVK-3, snage pogonskog elektromotora 14,5 kW. Pri izvodjenju eksperimenta korišćena je glava za glodanje proizvodnje "Jugoalat" JAL G-750 Ø125 mm sa umetnutim pločicama od tvrdog metala kvaliteta P25 (SPAN 12 03 ER proizvodnje "Prvi Partizan"). U glavi je bila učvršćena samo jedna pločica pa je obrada izvodjena jednozubim alatom.

U toku eksperimenta varirana je brzina rezanja V u tri vrednosti 2,95; 3,67 i 4,63 m/s, ostali elementi režima su bili konstantni: dubina rezanja $\delta = 1,5$ mm a pomak zuba $S_z = 0,223$ mm/z.

Na ledjnoj površini alata praćena je srednja vrednost širine pojasa habanja na fazetama VB_g i VB_s . Da bi fazete stalno pri merenju bile u horizontalnom položaju, napravljen je poseban pribor sa žljebovima, koji su uvek bezbedjivali isti položaj fazete pri merenju habanja na alatnom mikroskopu.

Na grudnoj površini merena je širina kratera KB i odstojanje sredine kratera od sečiva KM, pomoću alatnog mikroskopa "Zeiss".

Direktno merenje dubine kratera KT vršeno je na Šmalc-ovom mikroskopu za merenje hrapavosti, pri odgovarajućem uvećanju. Pločica je postavljena u poseban pribor koji je obezbedjivao uvek isti položaj.

3. REZULTATI MERENJA I NJIHOVA OBRADA

Rezultati merenja habanja alata prema postupku opisanom u prethodnoj tački su prikazani na slikama 3. i 4. Na slici 3. su parametri habanja na glavnoj ledjnoj površini VB_g i srednjoj fazeti VB_s u funkciji vremena rezanja. Na slici 4. su prikazani parametri habanja na grudnoj površini: dubina kratera KT i širina kratera KB u funkciji vremena rezanja.

Promena termonapona za tri brzine rezanja u funkciji vremena rezanja prikazana je na slici 5. Na slici 6. je prikazana promena temperature rezanja merena na površini oslanjanja rezne pločice u vremenu.

4. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

Sa dijagrama promene parametara habanja u vremenu se vidi da brzina rezanja ima vrlo veliki uticaj na habanje alata, kako na grudnoj tako i na ledjnoj površini, a time i na postojanost alata. Za kriterijum zatupljenja alata $VB=0,3$ mm za sve tri vrednosti brzine rezanja određene su postojanosti alata i prikazane u Tabeli 1.

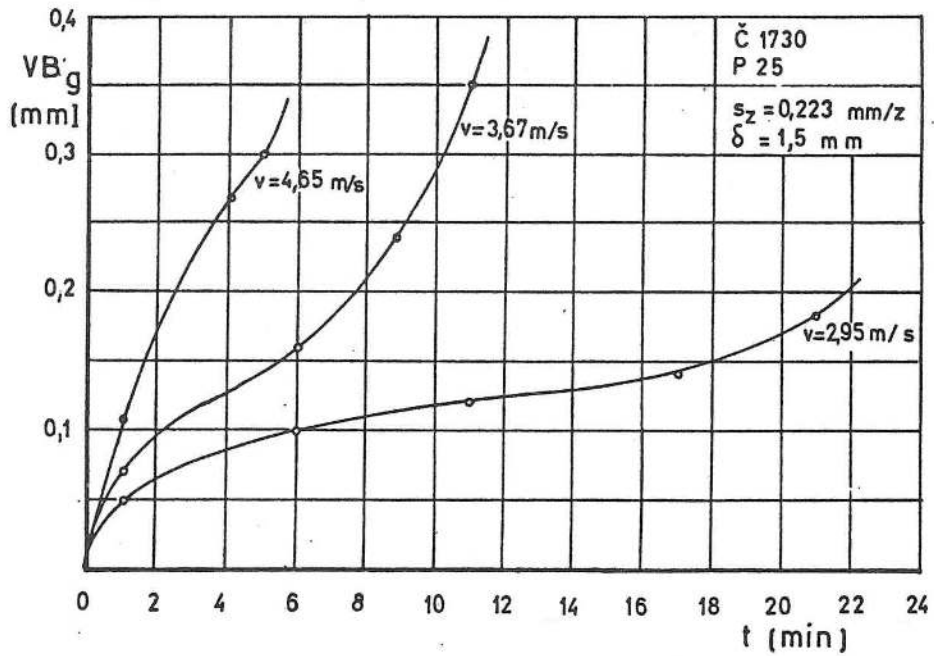
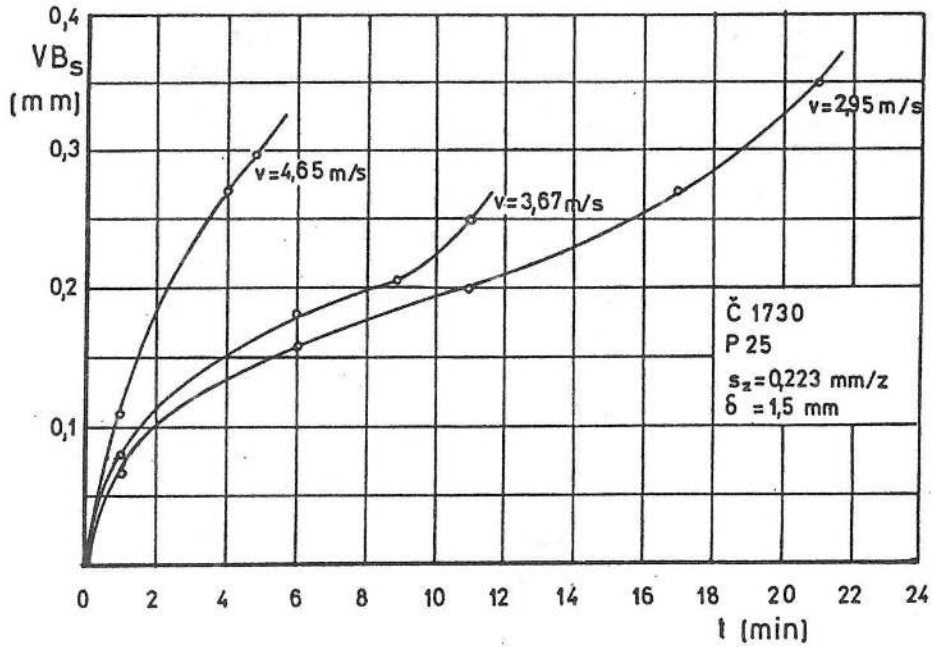
Sličan karakter promene habanja alata ima temperatura merena u tački tj. uočava se nagli porast temperature u vremenu rezanja usled habanja alata. Uticaj brzine rezanja na temperaturu ima isti trend kao i kod habanja alata, sa izražene sve tri faze promene. Za sve tri ispitane brzine rezanja i odgovarajuće postojanosti alata sa dijagrama slika 6., određene su temperature prikazane u tabeli.

Promena termonapona u funkciji vremena rezanja za konstantnu brzinu rezanja oscilira oko srednje vrednosti sl.5. Za dosta široki ispitivani dijapazon brzina rezanja ne uočava se promena termonapona do zatupljenja alata iako su krive habanja imale sve tri karakteristične faze.

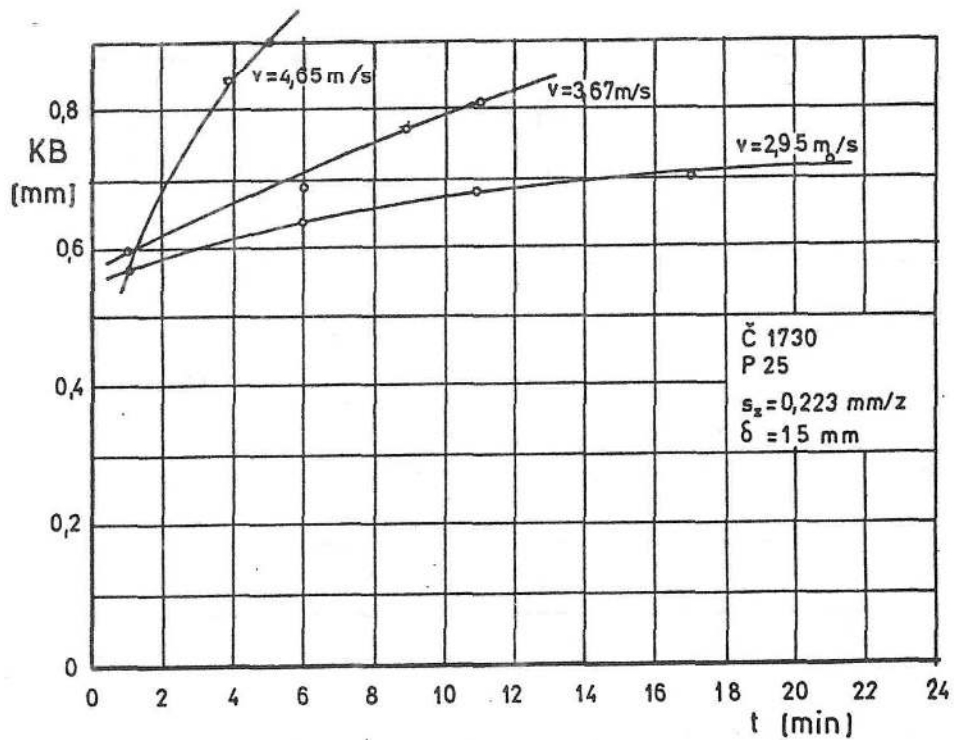
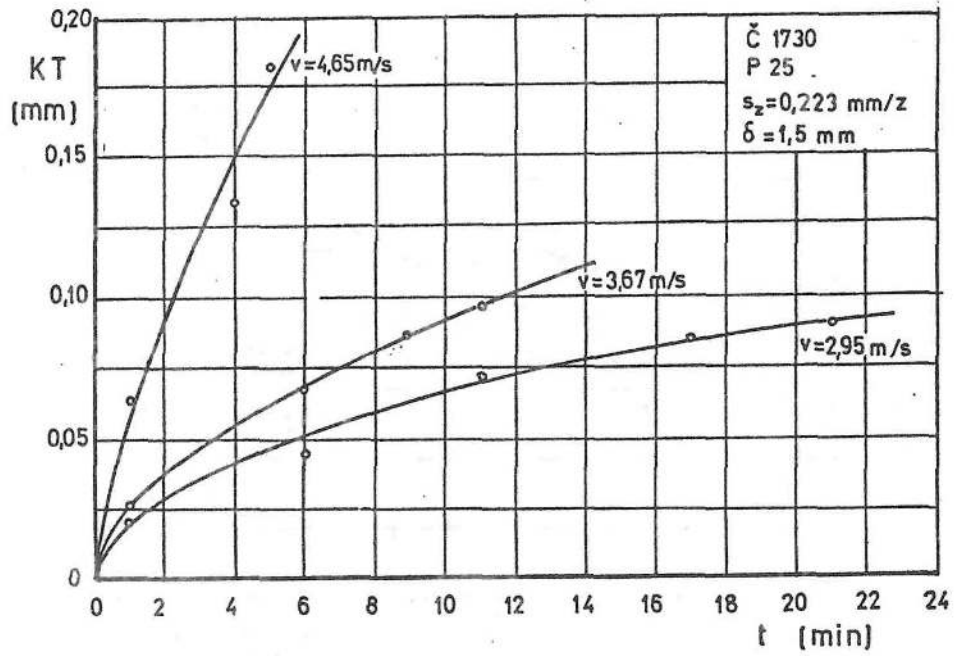
Ovakva promena termonapona ima određene prednosti pri određivanju funkcije postojanosti. Ako se postojanost određuje preko krivih habanja mora se rezati sve dok se alat ne pohaba. Ako se nađe korelacija između postojanosti i termonapona onda je dovoljno odrediti termonapon na osnovu kratkih opita rezanja u prvoj fazi habanja.

Vrednosti termonapona u tabeli 1. su određene na osnovu dijagrama, sl.5.

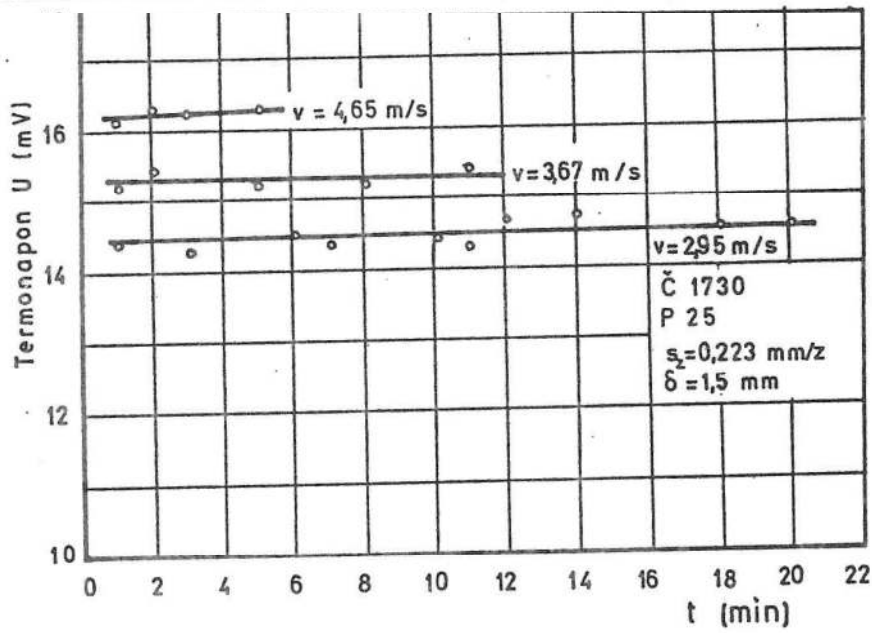
Primenjujući metodu najmanjih kvadrata obradjeni su podaci prikazani u tabeli 1. Uz odgovarajuće kombinacije podataka određene su



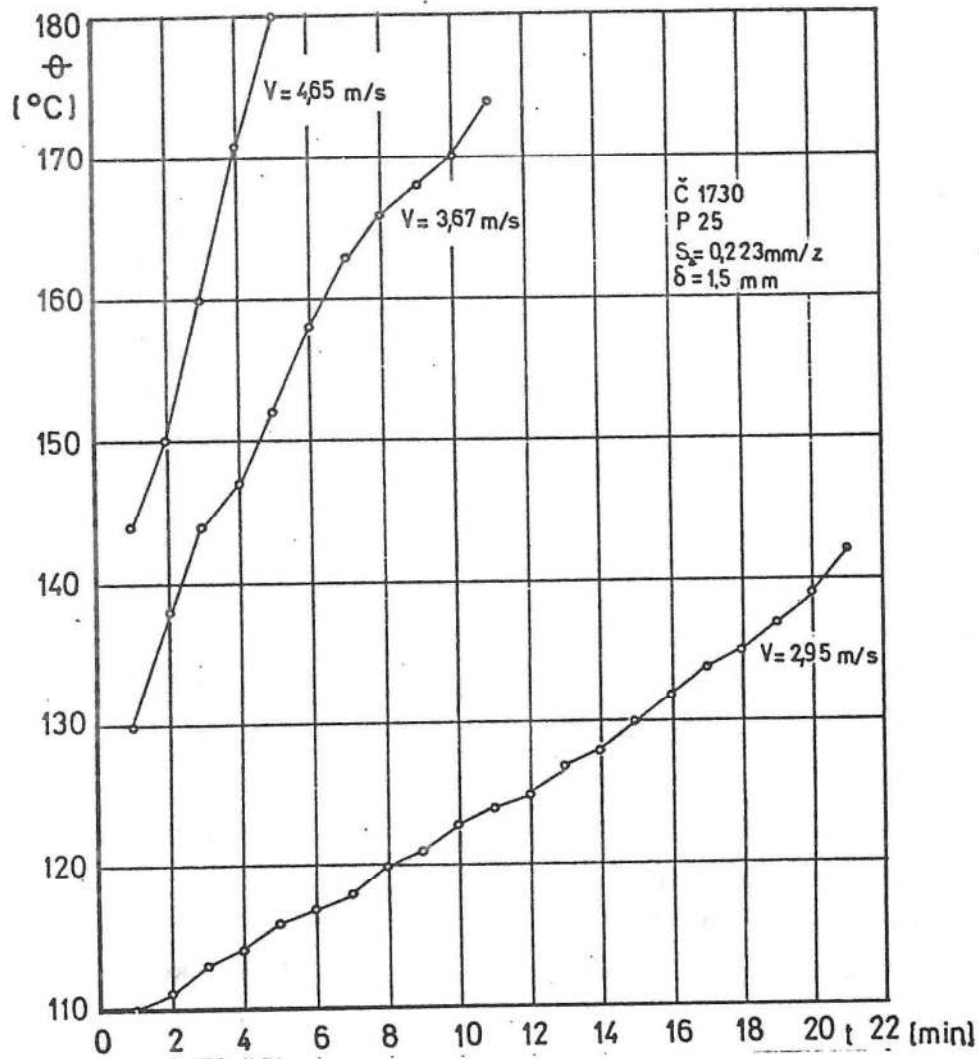
Sl.3. Parametri habanja na ledjnoj površini
Fig.3. Tool wear parameters on the flank face



Sl.4. Parametri habanja na grudnoj površini
 Fig.4. Tool wear parameters on the rake face



Sl.5. Termonapon prirodnog termopara
Fig.5. Thermovoltage of tool - work thermocouple



Sl.6. Temperatura rezanja
Fig.6. Cutting temperature

TABELA 1.

R.br.	V (m/s)	T (min)	θ ($^{\circ}$ C)	U (mV)
1	4,62	5	180	16,2
2	3,67	11	174	15,4
3	2,95	21	143	14,4

funkcije prikazane u tabeli 2. Navedeni su i odgovarajući koeficijenti korelacije za svaku zavisnost.

TABELA 2.

R.br.	Funkcija	koef.korelacije
1	$T = 682,2 \cdot V^{-3,201}$	0,9991
2	$\theta = 84,80 \cdot V^{0,510}$	0,9203
3	$U = 10,88 \cdot V^{0,262}$	0,995
4	$T = 4,02742 \cdot 10^{12} \theta^{-5,225}$	0,9031
5	$T = 1,9998 \cdot 10^{15} \cdot U^{-12,049}$	0,9905

Sve određene funkcije obradljivosti u tabeli 2. predstavljaju ja-ke korelacione veze jer su im vrednosti koeficijenta korelacije veoma blizu jedinice.

5. ZAKLJUČCI

Na osnovu izloženog može se zaključiti:

- Funkcija postojanosti preko termonapona prirodnog termopara se može odrediti na osnovu kratkih opita rezanja jer termonapon ostaje konstantan u vremenu.
- Temperatura rezanja u tački ima isti karakter promene kao i parametri habanja.
- Za funkcije obradljivosti na osnovu temperature rezanja i temperature rezanja dobijene su visoke vrednosti koeficijenta korelacije.

6. LITERATURA

- /1/ Kovač P., Milikić D.: Zavisnost termonapona pri čeonom glodanju od režima rezanja. Zbornik radova IPM, br.2., 1985.
- /2/ Milikić D., Gostimirović M., Kovač P.: Identifikacija stanja procesa rezanja pomoću prirodnog termonapona alat-obradak, Zbornik radova IPM, br.4., 1987.
- /3/ Stanić J., Majstorović V., Banjac D., Todić V., Bojanić P.: CePTI tehnološka banka podataka - stanje pravci daljeg razvoja i primene. 14. Simpozijum Upravljanje proizvodnje u ind.prerade metala, Beograd, 1984.
- /4/ Vukelja D., Šolaja V.: Utvrđivanje obradljivosti materijala pomoću temperaturske metode. Zbornik saopštenja VII Savetovanja proizvodnog mašinstva, I knjiga, Novi Sad, 1971.