

1. METODI MERENJA TEMPERATURE REZANJA**Uticaj temperature rezanja na
karakteristike stanja i
tehnoekonomske efekte
procesa obrade**

Toplotne pojave (temperatura rezanja, generisana toplota i sl.), koje se javljaju u užem i širem području zone rezanja, stoje u direktnoj i vrlo uskoj korelacionoj vezi sa brzinom habanja alata, stepenom obradljivost materijala obratka, postojanošću alata i nizom drugih karakteristika efekata procesa obrade. Generisana toplota u zoni rezanja prelazi na strugotinu, alat, obradak i na okolnu sredinu. Distribucija generisane toplote u obratku, alatu i strugotini, pa prema tome i veličina temperature na elementima radnog dela alata, na obrađenoj površini i strugotini, zavisi od materijala obratka i materijala alata (mehaničkih i hemijskih svojstava), brzine rezanja, koraka, dubine rezanja, geometrije alata, sredstava za hlađenje i podmazivanje i niza drugih faktora.

Pod uticajem toplote koja prelazi na alat smanjuje se tvrdoća materijala, što dovodi do postepene plastične deformacije reznih sečiva, gubljenje rezne sposobnosti alata i njegovog zatupljenja. Pored uticaja na postojanost alata generisana toplota utiče takođe i na proizvodnost procesa obrade, kvalitet obrađene površine, tačnost obrade i druge izlazne karakteristike procesa.

Otuda je ispitivanje, merenje i poznavanje rasporeda temperature rezanja u alatu i obratku od praktičnog značaja, jer se na osnovu ovih saznanja mogu odrediti optimalni uslovi i režimi obrade, kvalitet konformnosti, proizvodnost i ekonomičnost procesa, postojanost alata i sl.

Podela metoda merenja temperature rezanja

Za podelu merne tehnike i metoda merenja temperature rezanja koristi se više kriterijuma među kojima su najvažniji:

- cilj (predmet) merenja;
- mesto merenja;
- način merenja;
- tip senzora.

Otuda podela metoda merenja prema:

1. Cilju merenja na:
 - Metod merenja srednje temperature;
 - Metod merenja lokalne (u tački) temperature;
 - Metode eksp. identifikacije zona rasporeda temperature;
 - Metode eksperimentalne identifikacije temperaturnog polja.
2. Mestu merenja na:
 - Metode merenja temperature alata;
 - Metode merenja temperature obratka;
 - Metode merenja temperature strugotine.
3. Načinu merenja na:
 - Direktni metod merenja temperature;
 - Indirektan metod merenja temperature.
4. Tipu senzora na:
 - Metod prirodnih termoparova;
 - Metod poluveštačkih termoparova;
 - Metod veštačkih termoparova;
 - Kalorimetrijski metod
 - Beskontaktni metodi (fotoelektrični metodi i dr.).

Daljim razvrstavanjem može se, u okviru grupe metoda merenja srednje temperature izdvojiti nekoliko osnovnih metoda, tj:

- Kalorimetrijski metod;
- Metod prirodnih termoparova;
- Metod promene boje tankog oksida na strugotini;
- Metod termoosetljivih boja.

Isto tako postoji i u grupi metoda merenja temperature u tački (tačnije lokalne temperature koja se odnosi na neko vrlo usko područje alata ili obratka) sledeći osnovni metodi:

- **Metod veštačkih termoparova;**
- Fotoelektrični metod;
- Metod mikrostrukturne analize;
- Metod elektrotplotne analogije.

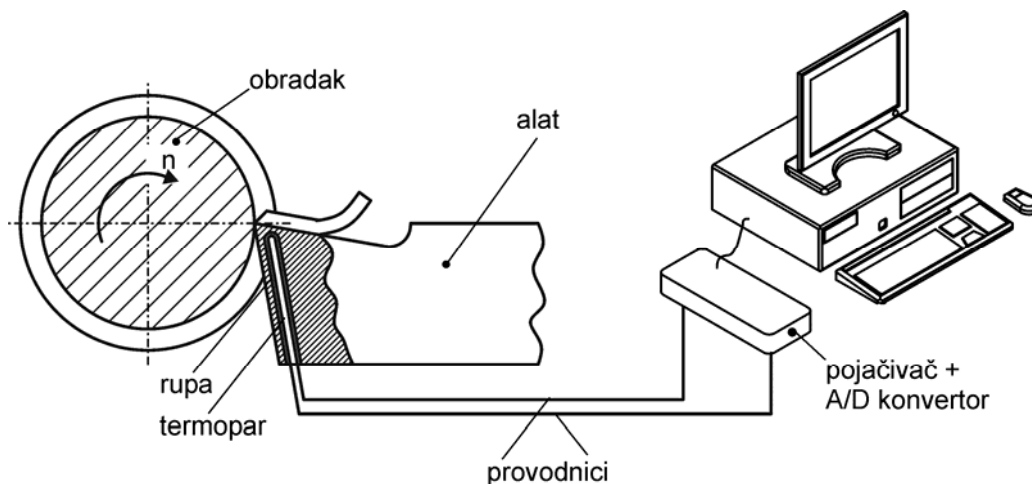
LITERATURA:

1. Stanić J.: *Teorija procesa obrade*, Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet, Beograd, 1994. 2. Kalajdžić M.: *Tehnologija mašinogradnje*, Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet, Beograd, 2008. 3. Kalajdžić M. i grupa autora: *Tehnologija obrade rezanjem*, Priručnik, Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet, Beograd, 2006. 4. Stanić, J., Kalajdžić M., Kovačević R.: *Merna tehnika u tehnologiji obrade metala rezanjem*, Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet, Beograd, 1983.

CILJ LABORATORIJSKE VEZBE: ispitivanje uticaja brzine rezanja v i dubine rezanja a pri konstantnom koraku s pri obradi struganjem, na veličinu temperature u izabranoj tački reznog dela alata.

Metod veštačkih termoparova

Tehnika veštačkih termoparova koristi se kao vrlo pouzdana i tačna metoda za merenje temperatura u procesu rezanja na radnim elementima alata i obratka i to u tačkama ili njihovim užim okolinama, što omogućava da se ispita temperaturno polje alata u zavisnosti od uslova i režima obrade. Šema merenja lokalne temperature alata u procesu rezanja pomoću veštačkog termopara data je na slici 1.



Slika 1. Šema merenja lokalne temperature alata u procesu rezanja pomoću veštačkog termopara (Prikaz tehnike merenja, potrebne aparature i obratka)

U prethodno izbušen otvor (elektroerozivnim postupkom) do tačke u kojoj se planira merenje temperature, uvlači se veštački termopar, izgrađen od dva raznorodna izolovana metala. Metali su spojeni u vrhu termopara (u dnu otvora), dok su ostala dva kraja utaknuta u voltmetar.

Termonapon, koji se meri na voltmetru, nastaje usled zagrevanja termopara u procesu rezanja i proporcionalan je razlici temperatura vrućeg spoja (lokalna temperatura rezanja) i hladnog spoja, koja se u toku eksperimenta zadržava konstantnom.

Baždarenjem datog termopara dobija se dijagramska zavisnost skretanja kazaljke (podeoka) voltmetra izraženog u mV od temperature vrućeg spoja, pa se zatim ovaj dijagram koristi u toku eksperimenta za određivanje temperature rezanja (u planiranim tačkama alata) za izmerenu vrednost napona na voltmetru dobijenu za određene uslove i režime obrade.

Napomene:

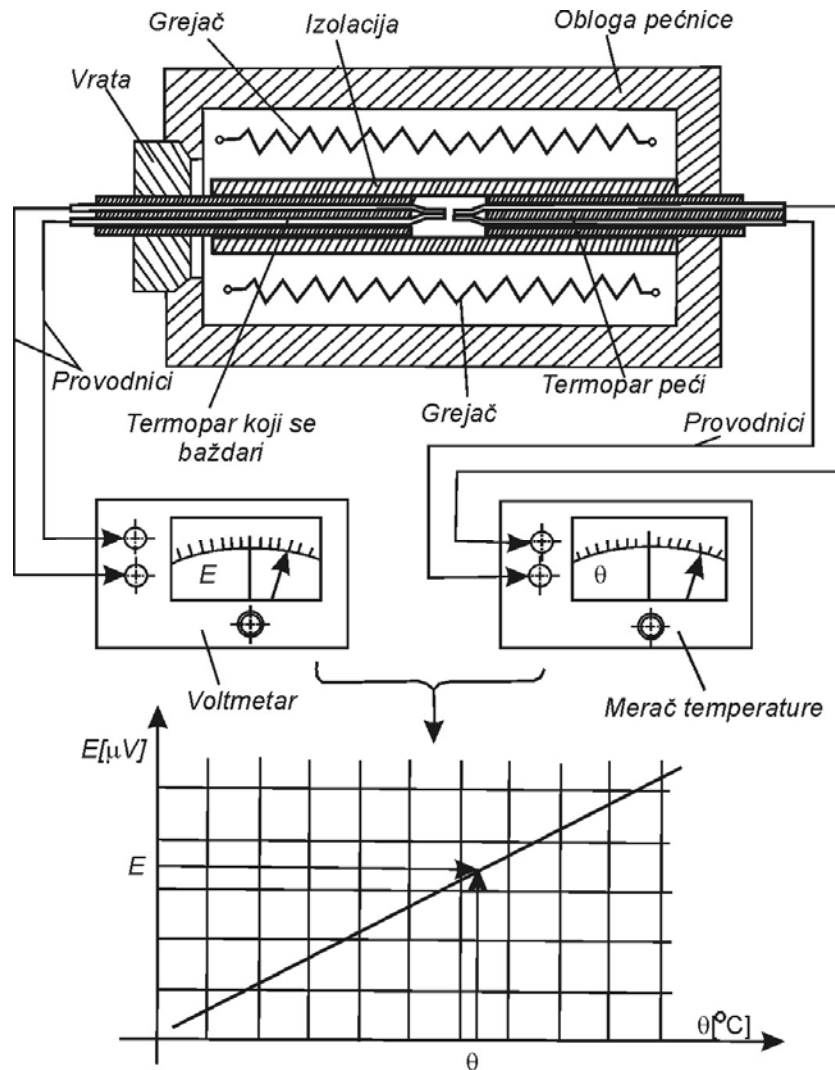
1. Termopar koji se koristi u tokom izvođenja vežbe je kombinacija dva materijala **NiCr-Ni** oznaka mu je **K** i meri maksimalno temperaturu $1200^{\circ}C$.
2. Najčešće se koriste standardizovani termoparovi, koji su baždareni, tako da se temperatura može direktno očitavati na termometru ili zapisivati u fajl (kod primene računara).

Metod ugrađenih termoparova ima nedostatke: relativno veća složenost postupak baždarenja termopara, otežano merenje na graničnim površinama trenja alat-strugotina i alat-obradak (jer je tehnološki veoma složeno lociranje termopara na ove površine), alat posle bušenja otvora u neposrednoj blizini graničnih površina dopušta samo jedno do dva oštrenja.

Baždarenje

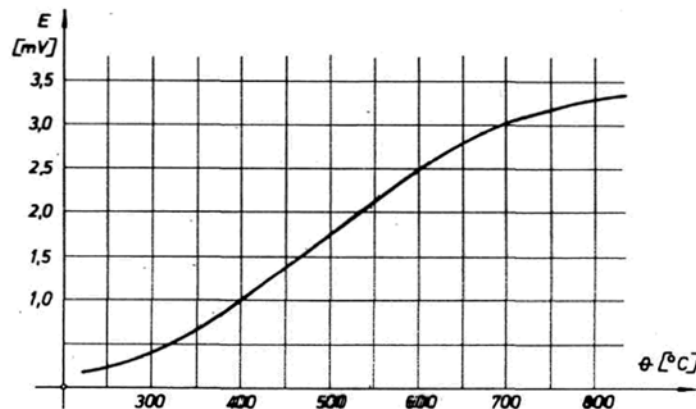
Postoji više načina baždarenja termoparova ovde se dje kratko objašnjenje baždrenja u električnoj peći (šema baždarenja data je na slici 2). Termopar, sastavljen od raznorodnih materijala, uvlači se posle međusobne izolacije žica u električnu peć. Drugi kraj termopara povezuje se sa provodnicima na voltmetru. Vrući spoj termopara primiče se u neposrednu blizinu vrućeg spoja termopara peći koji je povezan sa pokazivačem temperature i pomoću koga se meri temperatura peći u svakom trenutku procesa zagrevanja.

Postepenim zagrevanjem peći meri se u stacionarnim stanjima tekuća temperatura pomoću termopara peći i merača temperature, a takođe i odgovarajući naponi na voltmetru u kolu termopara koji se baždari. Tako se dobija niz parova vrednosti (θ, E), koje kada se nanesu u $E-\theta$ koordinatni sistem i povežu linijom, daju dijagram baždarenja. Dobijeni dijagram baždarenja omogućava da se za izmerenu vrednost napona odredi vrednost odgovarajuće temperature u procesu rezanja.



Slika 2. Šema baždarenja termopara u elekthčnoj peći i dijagram baždarenja $E=f(\theta)$

Primer dijagrama zavisnosti temperature θ od veličine termonapona E pri struganju čelika Č. 1730 nožem Super E18 C₀ 10 dat je na slici 3.



Slika 3. Dijagram bazdarenja $E=f(\theta)$

2. METODOLOGIJA IZVOĐENJA VEŽBE

Program laboratorijske vežbe obuhvata ispitivanje stepena uticaja pojedinih faktora i uslova obrade na veličinu temperature.

Uticajni faktori na temperaturu rezanja pri struganju su:

- vrsta materijala obratka;
- vrsta materijala alata;
- brzina rezanja v ;
- korak s ;
- dubina rezanja a .

Geometrija strugarskog noža:

- grudni ugao (γ) i leđni ugao (α);
- napadni ugao (κ);
- ugao nagiba glavnog seciva (λ);
- poluprečnik zaobljenja vrha noža (r);
- presek tela noza.

Tabela 1. Uslovi i režimi obrade

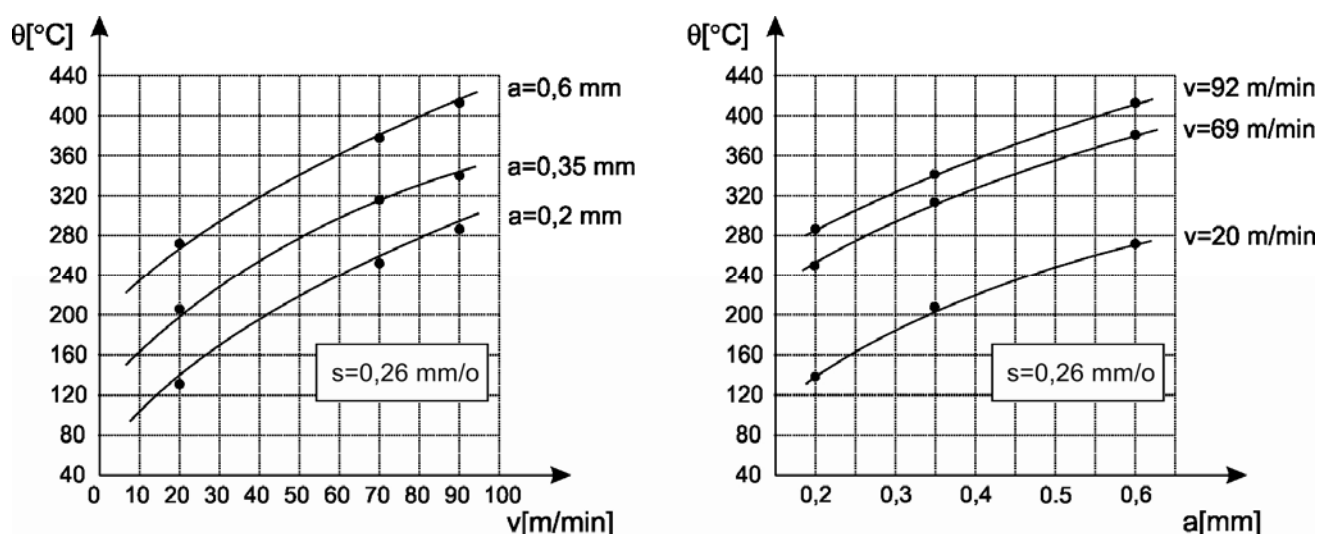
Geometrija noža		Elementi i uslovi obrade	
κ_r	75°	Materijal obratka: Č.1730	
κ_{r1}	15°	Materijal alata: Super E18 C ₀ 10	
γ	-6°	Mašina: Univerzalni strug (US) - Niles	
α	7°	Protok sredstva za hlad. Q	0
ϵ_r	0°	Brzina rezanja v (m/min)	20 69 92
λ	0°	Dubina rezanja a (mm)	0,2 0,35 0,6
r	0,8	Korak s (mm/o)	0,26

Plan eksperimenta sa rezultatima merenja termonapona, odnosno temperature rezanja dat je tabelarno.

Tabela 2. Plan eksperimenta

Red. broj eksperim.	Elementi režima obrade			Rezultati merenja temperatura θ (°C)
	brzina rezanja v (m/min)	dubina rezanja a (mm)	korak s (mm/o)	
1	20	0,2	0,26	
2	69			
3	92			
4	20	0,35		
5	69			
6	92			
7	20	0,6		
8	69			
9	92			

Na osnovu izmerenih ili očitanih vrednosti temperature treba prikazati: dijagram zavisnosti temperature rezanja od brzine rezanja $\theta=f(v)$ i dijagram zavisnosti temperature od dubine rezanja $\theta=f(a)$, pri konstantnom koraku ($s=const.$) kod obrade struganjem. Na slici 4. je dat primer kako se crtaju dijagrami.



Slika 4. Prikaz dijagrama zavisnosti temp. rezanja θ od brzine rezanja v i dubine rezanja a pri $s=const.$ pri struganju.