

**POBOLJŠANJE KVALITETE IZRADA NAVOJA KOD  
VISOKOUČINSKE OBRADJE NAVOJA EKSCENTRIČNIM  
REZANJEM**

**QUALITY IMPROVING OF PRODUCTION OF THREADS BY  
ECCENTRIC CUTTING HIGH-PRODUCTIVE METHOD**

**Danijel Šogorović  
Ante Mišković  
Fakultet strojarstva i računarstva  
Mostar, BiH**

**REZIME**

*Izrada navoja se smatra jednom od težih operacija što se tiče preciznosti i postignute kvalitete, jer se uslijed popratnih pojava u zoni rezanja, kao što su habanje, generiranje toplinske energije, visoke sile rezanja i specifični tlakovi i dr., javljaju greške.*

*U radu se daje jedan od mogućih načina poboljšanja kvalitete izrade navoja kod ekscentričnog rezanja navoja kao jedne od visokoproduktivnih metoda rezanja navoja. Podaci su dobiveni obradom teorijskih i laboratorijskih istraživanja.*

**Ključne riječi:** navoj, ekscentrično rezanje navoja, poboljšanje kvalitete, Ishikawa metoda.

**SUMMARY**

*Production of threads is one of the most difficult working operations concerning accuracy and achieved quality. There are some failures due to features in cutting zone like as wearing of tool, generating of heat, high cutting forces, high specific pressures, etc.*

*This paper shows one of the possible ways of quality improvement of production of threads by eccentric cutting as one of the high-productive methods. Data are following by processing of theoretical and laboratorial research.*

**Key words:** thread, eccentric cutting of threads, quality improving, Ishikawa method.

**1. UVOD**

Ekonomski tržišni uvjeti uspostavljaju zahtjeve za veću proizvodnost u slučaju široke uporabe proizvoda. Izrada navoja se smatra jednom od težih operacija što se tiče preciznosti i postignute kvalitete, jer se uslijed popratnih pojava u zoni rezanja, kao što su habanje, generiranje toplinske energije, visoki specifični tlakovi i dr., javljaju greške. Zbog ovih pojava, režimi obrade su redovito višestruko blaži nego za druge operacije, što je dovelo do produženja trajanja operacija izrade navoja, a samim tim i do smanjenja proizvodnosti, uz zadržavanje kvalitete izrade navoja na istom nivou (ne dolazi do poboljšanja). Mnogi

nacionalni standardi, kao i tehnološki standardi u pojedinim granama (zrakoplovstvo, raketna tehnika i sl.) propisuju metode i načine izrade navoja za specijalne proizvode. Mnoga istraživanja idu u pravcu iznalaženja metoda za visokoproduktivno rezanje navoja.

Suvremene proizvodne uvjete sve više karakterizira razvoj i uvođenje visokoučinskih postupaka obrade rezanjem, kao što su postupci obrade:

- na povišenim temperaturama,
- tokarenjem alatima za glodanje,
- visokim brzinama rezanja.

U radu je dana jedna metoda visokoproduktivnog rezanja navoja koja se bazira na obradi tokarenjem glodačkom glavom – ekscentrično rezanje navoja na univerzalnom tokarskom stroju. Posebno su obrađeni kinematski odnosi, kao i utjecaj raznih parametara na kvalitetu izrade navoja. Također, u radu je obrađena jedna od mogućih metoda poboljšanja kvalitete izrade navoja (Ishikawa metoda).

## 2. METODE POBOLJŠANJA KVALITETE IZRADE

Kako bi se poboljšala kvaliteta izrade, nužno je načiniti promjene koje će dovesti do poboljšanja stanja. Aktivnosti koje treba provesti da bi se poboljšala kvaliteta izrade, sastoje se od slijedećeg [2]:

- *prikupljanje informacija* o nedostacima i manama, odnosno greškama koje utječu na kvalitetu izrade;
- *analiziranje podataka* radi identificiranja i utvrđivanja uzroka nezadovoljavajuće kvalitete;
- *donošenje programa* korekcijskih aktivnosti za poboljšanje kvalitete izrade.

Od mnogobrojnih postojećih metoda za osiguranje kvalitete, trebalo bi svakako izdvojiti Paretovu, brainstorming i Ishikawa metodu.

Paretova metoda koristi se za identificiranje i razlučivanje najvažnijih od sporednih problema postizanja zahtjevane kvalitete. Kod ove metode, prikaz preko dijagrama nije baš najjasniji, jer nema prikaza uzročno – posljedičnih veza između pojedinih parametara koji utječu na kvalitetu.

Brainstorming metoda se sastoji u kolektivnom rangiranju odabranih, ključnih parametara, koje neovisno jedan od drugog rangiraju članovi izabranog tima stručnjaka te matematske obrade dobivenih podataka. Kao krajnji rezultat grupnih ocjena dobiva se kvantitativni pokazatelj. Što se tiče ove metode, ona je vrlo nepraktična, jer je nužno osigurati eksperte kako bi se uopće mogla izvesti.

### 2.1. Ishikawa metoda

Ova metoda potječe od dr. sc. Kaura Ishikawe, profesora Tokijskog sveučilišta i predstavlja se pomoću specijalnog dijagrama koji podsjeća na riblju kost ili razgranato stablo. Metoda služi za utvrđivanje uzročno-posljedičnih veza između osnovnih parametara i određene karakteristike kvalitete.

Konstruiranje Ishikawa dijagrama odvija se na slijedeći način:

- povlači se vodoravna crta koja predstavlja problem kvalitete koji se istražuje;
- utvrđuju se glavni parametri koji utječu na istraživani problem kvalitete i oni se prikazuju kosim crtama usmjerenim prema središnjoj crti;
- potom se glavni parametri raščlanjuju na svoje komponente, odnosno elementarne parametre i prikazuju se kosim ili vodoravnim crtama usmjerenim prema svojim glavnim parametrima;
- nakon toga slijedi raščlanjivanje elementarnih parametara na svoje komponente i prikazuju se grafički na sličan način;

- parametri koji imaju značajan utjecaj na istraživanu problematiku ostvarivanja kvalitete ističu se uporabom različitih simbola, uokviruju se, podvlače ili se koriste boje da bi bili uočljiviji;
- daljnjim istraživanjem se Ishikawa dijagram dopunjava tekstualnim obrazloženjima kojima se konačno rangiraju parametri značajni za problem kvalitete izrade.

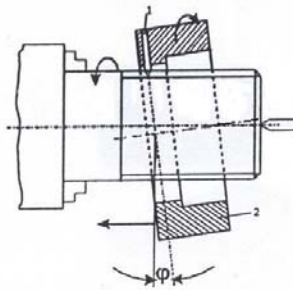
Od svih nabrojanih metoda, najpraktičnija primjena je upravo Ishikawa metode, jer nam ona daje dijagram iz koga je vrlo lako vidjeti parametre koji utječu na kvalitetu. Osim toga, glavni parametri su raščlanjeni na elementarne, tako da se jasno vidi na što treba utjecati da se smanji loš utjecaj na kvalitetu.

U ovom radu se daje primjer Ishikawa dijagrama kvalitete izrade navoja metodom ekscentričnog rezanja navoja na tokarilici, koji će biti dat nakon osnovnih informacija i analize podataka o konkretnom problemu

### 3. OPĆENITO O EKSCENTRIČNOM REZANJU NAVOJA (ERN)

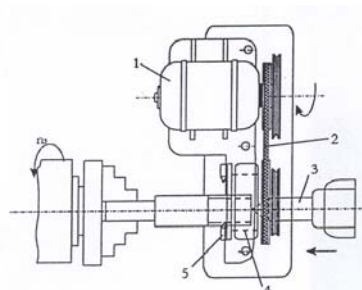
Izrada navoja ekscentričnim rezanjem predstavlja noviju metodu izrade navoja koja se odlikuje znatno većim brzinama rezanja, a time i većom produktivnošću u odnosu na klasične metode izrade navoja na tokarilici. Zbog velikih brzina obrade ovom metodom dobivaju se navoji s vrlo velikom kvalitetom obrađene površine. Kvaliteta izrade navoja ovom metodom je bliska kvaliteti izrade brušenih navoja, dok je vrijeme izrade u odnosu na izradu navoja na tokarilici klasičnim metodama gotovo dva puta manje. Navoj se izrađuje u jednom prolazu.

Izrada po ovoj metodi se izvodi na tokarilici korištenjem posebne naprave [3]. Naprava predstavlja cjelinu koja se postavlja na suport tokarilice. Princip rada se sastoji u tome da se nož za rezanje navoja postavlja u specijalnu glavu čija je osa nagnuta prema osi navoja za kut uspona navoja  $\varphi$ . (Slika 1.)



Slika 1. Princip ERN-a

- 1 – rezni nož
- 2 – rezna glava



Slika 2. Shema osiguranja kretanja kod ERN-a

- 1 – elektromotor
- 2 – klinasti remen
- 3 – šiljak
- 4 – kućište ležaja
- 5 – rezna glava

Glava s nožem izvodi glavno obrtno kretanje velikom brzinom (140 – 400 m/min) pogonjena vlastitim pogonom preko posebnog elektromotora uz istovremeno lagano uzdužno pomoćno kretanje koje izvodi zajedno s nosačem alata, dok radni predmet stegnut u stezač glavnog vretena tokarilice izvodi lagano obrtno pomoćno kretanje. Pomoćno uzdužno kretanje rezne glave mora biti usklađeno s obrtnim pomoćnim kretanjem radnog predmeta, tako da se za jedan obrtaj radnog predmeta rezna glava pravocrtno pomjeri za korak navoja. Slika 2. prikazuje shemu osiguranja kretanja kod ekscentričnog rezanja navoja.

#### 3.1. Kinematski odnosi kod ekscentričnog rezanja navoja

Ekscentrično rezanje navoja je prvenstveno proces izrade navoja glodanjem. Tijekom razrade zub za glodanje je zamijenjen s tokarskim nožem. Noževi su smješteni unutar "glave za

rezanje". Ovisno o položaju radnog predmeta i rezne glave postoje dva načina izrade vanjskog navoja: kada je radni predmet unutar rezne glave (češći slučaj) i kad je radni predmet izvan rezne glave.

Možemo definirati parametre:

$d_p$  – promjer predmeta obrade (nazivni promjer navoja) [mm]

$d_1$  – unutarnji promjer navoja [mm]

$D_g$  – promjer rezne glave [mm]

$e$  – ekscentricitet (udaljenost između osa radnog predmeta i rezne glave) [mm]

$s_z$  – duljina luka na predmetu obrade koji reže jedan nož [mm]

$z$  – broj noževa na reznoj glavi [kom]

$n_p$  – broj obrtaja predmeta obrade [ $\text{min}^{-1}$ ]

$n_g$  – broj obrtaja rezne glave [ $\text{min}^{-1}$ ]

Prema literaturi odnos promjera se kreće u granicama:  $D_g/d_p = 1,4 - 1,6$ .

Brzina rezne glave  $v_g$  se kreće u rasponu od 140 m/min do 400 m/min u ovisnosti o materijalu predmeta obrade, vrste materijala noža, oblika i dimenzija profila koji se izrađuje i vrste sredstva za hlađenje i podmazivanje.

$$v_g = \frac{D_g \cdot n_g \cdot \pi}{1000} \left[ \frac{m}{\text{min}} \right] \quad v_g = 140 - 400 \text{ [m/min]} \quad \dots (1)$$

$$n_g = \frac{1000 \cdot v_g}{\pi \cdot D_g} \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad \dots (2)$$

Duljinu luka  $s_z$  koju reže jedan nož možemo naći po obrascu

$$s_z = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_p}{z \cdot n_g} \text{ [mm]} \quad \dots (3)$$

i nalazi se u granicama od 0,4 – 1,2 mm/rez u ovisnosti o čvrstoći materijala predmeta obrade i bira se s pomoću sljedeće tablice 1.

Tablica 1. Duljina luka u ovisnosti o materijalu

Vlačna čvrstoća materijala [N/mm <sup>2</sup> ]	R <sub>m</sub> =550	R <sub>m</sub> =650	R <sub>m</sub> =750	R <sub>m</sub> =850
$s_z$ [mm/rez]	1.0 – 1.2	0.8 – 1.0	0.6 – 0.8	0.4 – 0.6

Iz jednadžbe za  $s_z$  proizlaze sljedeće jednadžbe:

$$n_p = \frac{s_z \cdot n_g}{\pi \cdot d_p} \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad \dots (4)$$

$$v_p = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_p}{1000} \text{ [m/min]} \quad \dots (5)$$

Posmak s pomoćnog kretanja jednak je koraku navoja koji se izrađuje.

Glavno vrijeme izrade navoja (vrijeme rezanja) se računa po obrascu:

$$t_g = \frac{L}{n_p \cdot s} \text{ [min]} \quad \dots (6)$$

gdje su:

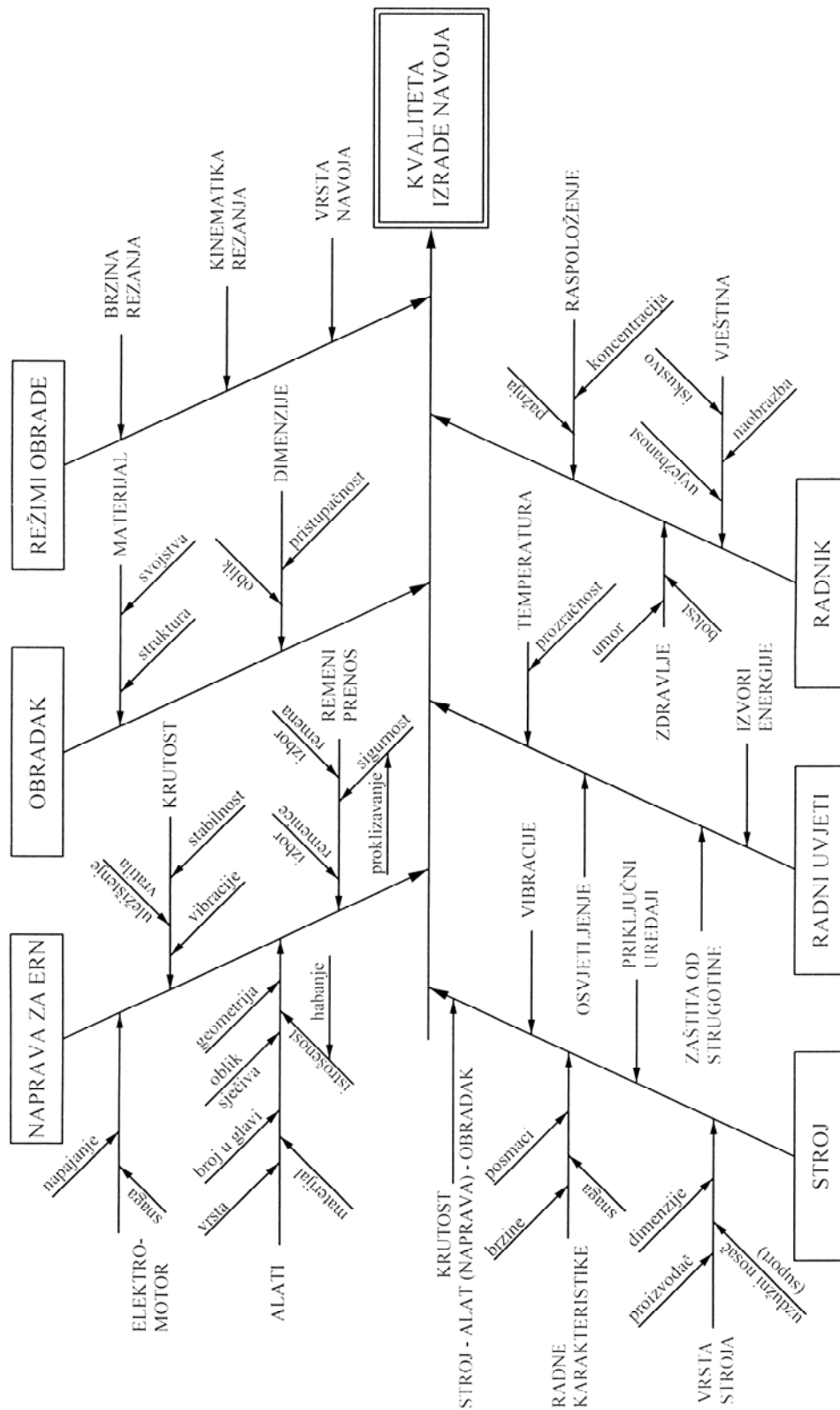
L – efektivna duljina navoja uvećana za prazan hod

s – korak navoja

$n_p$  – broj obrtaja radnog predmeta

#### 4. ISHIKAWA DIJAGRAM

Na osnovi iznijetog prilazi se izradi Ishikawa dijagrama koji je dat na slici 3.



Slika 3. Ishikawa dijagram

S dijagrama možemo zaključiti da su glavni parametri dobre kvalitete izrade navoja visokoučinskom obradom ekscentričnim rezanjem: naprava za ekscentrično rezanje, stroj, režimi obrade, materijal obratka, radni uvjeti u kojima se odvija obrada, kao i radnik koji vrši izradu navoja ERN metodom. Svaki od ovih glavnih parametara ima i svoje elementarne parametre na koje treba djelovati s ciljem poboljšanja kvalitete izrade.

Najlakše je i najjeftinije je pratiti koji od glavnih parametara, odnosno njegovih elementarnih parametara je najveći uzročnik loše kvalitete te najprije djelovati na otklanjanju njegovog utjecaja. Zatim treba otkloniti postupno sve ostale redom po važnosti.

Ovo je vrlo teško ostvariti, ali rezultati koji bi se postigli sigurno bi opravdali ulaganja koja su neminovna.

## **5. ZAKLJUČAK**

U radu su date osnovne metode poboljšanja kvalitete, a detaljnije je razrađena Ishikawa metoda i to kroz konkretni problem kvalitete izrade navoja metodom ekscentričnog rezanja navoja. Na samom kraju je dat i primjer Ishikawa dijagrama za konkretan problem.

Iz navedenog je očito da je kvaliteta prva i najvažnija kako u proizvodnji, tako i u usluzi te je stoga nužno činiti sve na poboljšanju kvalitete. Svodeći bilance, može se pogrešno zaključiti da poboljšanje kvalitete iziskuje mnogo troškova koje je teško nadoknaditi. Međutim, dugoročno, oni koji ulažu u kvalitetu sada, plodove ulaganja osjete kasnije uz višestruku dobit. Danas se mora postići tzv. "prijelaz u osiguranje kvalitete"[4], a to znači preventivu u prvom redu, tj. preventivu u svim fazama razvoja, proizvodnje i uporabe proizvoda.

Upravo je i ovaj primjer uporabe Ishikawa metode za poboljšanje kvalitete izrade navoja visokoučinskom metodom ekscentričnog rezanja na tokarilici mali doprinos prijelazu u osiguranje kvalitete.

## **6. LITERATURA**

- [1] Šogorović, D.: Istraživanje kvalitete izrade elemenata od polimernih kompozitnih materijala pri obradi odvajanjem čestica, Znanstveni glasnik br. 4., Mostar, 1998.
- [2] Vulanović, V.: Upravljanje kvalitetom, Viša tehnička škola Novi Sad, Novi Sad, 1989.
- [3] Mišković, A., Šogorović, D.: A Description of High – Productive Method for Thread Cutting on Lathe, TMT'2008, Istanbul, 2008.
- [4] Bakija, I.: Osiguranje kvalitete po ISO 9000, Privredni vjesnik, Zagreb, 1991.