

# REZNA GEOMETRIJA NOŽEVA ZA OBRADU INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA<sup>1</sup>

Babić A., Miodragović G., Petrović A., Žukovski A.

Kategorizacija rada: STRUČNI RAD

Recenzent: Prof. dr Miodrag Manić

Rad primljen: 04. 05. 2006.

Adresa:

Mašinski fakultet

Kraljevo

**Rezime:** Klasifikacija glodačkih glava i doboša u obradi infrastrukturnih objekata se zasniva na reznom elementu noža koji u obradi izvodi trag izvodnice pri njenom kretanju po vodilji. Prema usvojenoj metodi noževi se dele na radijalne i aksijalne, pri čemu ovi drugi mogu biti udarni i rezni. U radu se daje uporedna analiza noževa sagledana prema zadnjoj podeli. Posebno se analizira rezna geometrija vrha noževa sa aspekta oblika vrha od tvrdog metala. U obzir se uzimaju i rezultati dobijeni u istraživanjima datim u prethodnom programu razvoja noževa.

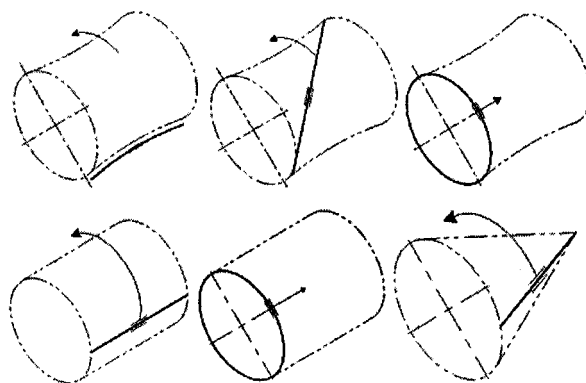
**Ključne reči:** analiza noževa, rezna geometrija, radijalni i aksijalni noževi.

## 1. UVOD - METODE OBRADNE

Oblikovanje infrastrukturnih objekata se odvija *metodama obrade* i sastoji se u uklanjanju ili skidanju viška materijala sa objekata. Višak materijala skida se, najčešće, u slojevima. Površina na *objektu obrade* se oblikuje usvojenom metodom obrade. Metod obrade definišu glavno i pomoćno kretanje u određenoj kinematici kretanja reznog alata i objekta obrade. Jedan metod može imati samo jedno glavno i jedno ili više pomoćnih kretanja.

Oblik objekta obrade kao geometrijskog tela, formiraju površine i to po pravilu veći broj elementarnih površina. To su uglavnom ravne, cilindrične, konusne, sferne, torusne i zavojne površine. Mogu biti spoljašnje i unutrašnje.

Svaka površina predstavlja skup uzajamnih položaja (tragova) jedne linije *izvodnice* pri njenom kretanju po drugoj liniji *vodilji*. Elementarne površine sa izvodnicama i vodiljama prikazane su na slici 1.



Slika 1. Elementarne površine sa izvodnicama i vodiljama

Za dobijanje ravne površine izvodnica i vodilja su prave. Cilindrična površina se dobija kada se prava kreće po krugu ili krug po pravoj. Površina sa ravanskom konturom dobija se kada se konturna linija kreće po pravoj ili obrnuto. Ravne, cilindrične i površine sa ravanskom konturom su inverzne, jer izvodnica i vodilja mogu zameniti uloge.

<sup>1</sup>Rad se realizuje u okviru projekta MNTR TP-6345A: «Razvoj specijalnih glodačkih alata za obradu putnih i železničkih infrastrukturnih objekata» koji finansiraju Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije i CORUN, a.d. Užice.

Obrada pomenutih površina se odvija pomoću specijalizovanih alata, najčešće glodačkih glava i doboša. Oblik glodačkih alata se vezuje za funkcionalne prostorne oblike objekata obrade. U zavisnosti od primenjene metode obrade, noževi glodačkih alata se dele na radijalne i aksijalne, pri čemu aksijalni noževi mogu biti udarni ili rezni. Sve tri navedene grupe noževa imaju na vrhu reznu ivicu od vrdog metala prilagođenog oblika funkcionalnom zahtevu obrade. Vrh noža od tvrdog metala je zalemljen na telu noža. Telo je izrađeno od kvalitetnog čelika termički stabilizovanom za velika dinamička opterećenja.

Glodačke glave i doboši predstavljaju odlučujući element u sistemu mašine za obradu infrastrukturnih objekata sa aspekta potrebne snage i zapremine skinutog materijala. Ustvari glodački alat prodire u podlogu na bazi pritiska koji vrši alat na podlogu i obrtnog momenta koji se prenosi od pogonske grupe mašine. Geometrija alata i otpornost na habanje imaju značajan uticaj (efekat) na transformaciju ulazne energije količine skinutog materijala odnosno dostizanje potrebne dubine prodiranja alata u podlogu. U zavisnosti od tipa glodačkih alata, osnovni parametri rezne geometrije su razmak reznih vrhova noža  $S$  (izvodnice alata) i dubine prodiranja  $P$ . Njihov odnos  $S/P$ , zajedno sa tipom noža i svojstvima podloge definišu *efektivnost procesa rezanja*, kao odnos uložene energije i količine skinutog materijala.

## 2. AKSIJALNI NOŽEVI

### 2.1. Opšti kriterijumi za projektovanje

Udarni noževi aksijalnog tipa za obradu putnih podloga su projektovani za intezivne nivoe habanja. Projektovani nivo habanja glave noža mora da ispuni specificirane uslove eksploatacije. Uslovi se ogledaju najčešće u površini objekta koji treba da bude obrađen pri propisanim režimima rezanja. Specifičnost obrade je da se telo noža u nosaču okreće oko svoje ose. Prilikom okretanja, glava noža sa vrhom od tvrdog metala se ravnomerno haba pa je otuda i vek noža znatno duži. Ukoliko iz bilo kojih razloga dođe do nemogućnosti okretanja noža u držaču, veoma brzo dolazi do pojave nepravilnog habanja i najčešće loma glave noža.

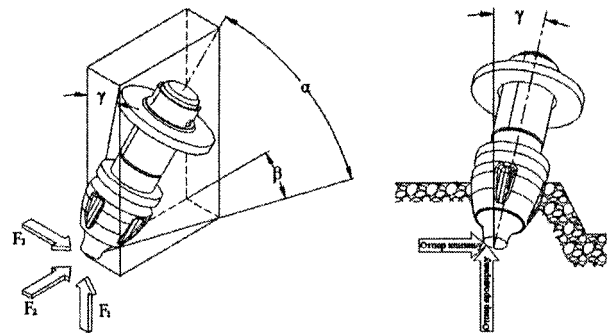
Uspostavljena kinematika obrade zahteva posebne uslove u modelovanju glodačkih alata. Pored osnovnih sila rezanja/prodiranja moraju se uvesti i dodatne sile koje uvode rotaciju noža u nosaču. Ovo uslovljava da se nosač držača na glavi odnosno dobošu postavi u položaj koji omogućuje uvođenje dodatnih sila. Na slici 2. je prikazan položaj noža u prostoru, koji obezbeđuje dodatnu rotaciju noža. Prostorni položaj noža u odnosu na ravan podloge je definisan pomoću uglova:

- $\alpha$ , - Napadni ugao, koji se definiše kao ugao između ose noža i njene projekcije na ravan podloge, u trenutku dodira.
- $\beta$ , - Ugao rotacije; ugao između projekcije ose na ravan podloge i pravca rezanja
- $\gamma$ , - Ugao nakretanja; ugao koji se nalazi u ravni upravnoj na ravan podloge i pravac rezanja, a predstavlja ugao između projekcije noža na tu ravan i pravca upravnog na podlogu.

Na vrh noža (rezni deo od tvrdog metala) pri tom deluju sile otpora podloge. Ove sile su posledica karakteristike materijala podloge da se odupre procesu drobljenja tj. odvajanja kamenog agregata i razaranju vezivnog materijala.

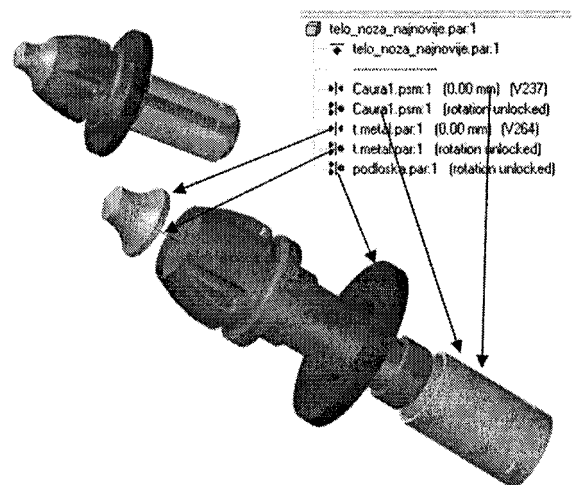
Када се сила отпора подлоге разложи добијају се следеће компоненте:

- $F_1$  Otpor prodiranju
- $F_2$  Otpor klizanju u pravcu rezanja
- $F_3$  Otpor klizanju u pravcu upravnom na pravac rezanja

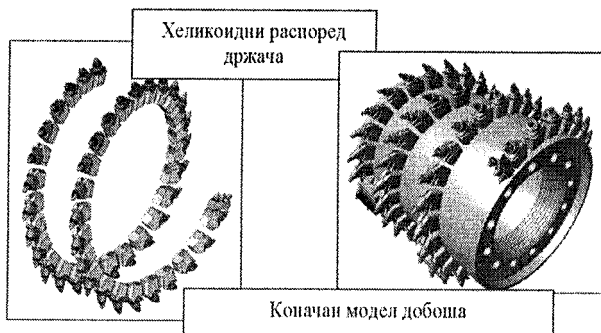


Slika 2. Prostorni položaj noža u zahvatu

Na slici 3. su prikazani oblici vrha noža i montažna struktura koja obezbeđuje rotaciju noža u držaču. Raspored nosača noževa na plaštu glodačkog doboša za obradu asfaltnih podloga je prikazan na slici 4.



Slika 3. Montažna struktura noževa glodačkih doboša



Slika 4. Raspored noževa na platu glodačkog doboša

## 2.2. Noževi udarnog tipa

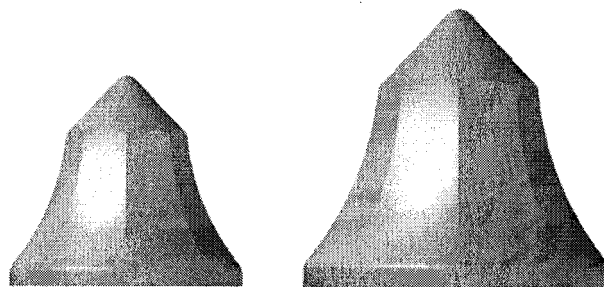
Ovi noževi se najčešće koriste za kontinualno rudarenje i dugoidna podsecanja kod podloga od tvrdih materijala u odnosu na druge tipove noževa kao što su radijalni. Otpornost na habanje ovih noževa je veća a svojstvo samo-oštrenja im obezbeđuje duži vek rezanja. Opšta karakteristika ovih noževa je da nisu ekonomični u obradi stenovitih podloga koje imaju pritisnu čvrstoću veću od 80 Mpa. Podloge sa povišenom čvrstoćom obrađuju se noževima sa koničnim vrhovima (udarni noževi) ukoliko je stenovita masa značajno oslabljena postojanjem spojeva, fraktura i slojevitosti.

Noževi udarnog tipa (sa vrhom od tvrdog metala koničnog oblika) prodiru u podlogu u početku rezanja tokom translatorsnog ili rotacionog kretanja. Alat u trenutku kontakta sa podlogom definiše međusobne geometrijske relacije noža i podloge, uslovljavajući da otpor podloge deluje po obimu reznog dela alata, tako da na nož ima efekat sprega. Kako nožu, načinom uležištenja nije ograničena sloboda okretanja oko sopstvene ose, to se on pod dejstvom ovog sprega može slobodno okretati. Ova činjenica je od izuzetnog značaja u analizi habanja reznog dela alata. Zahvaljujući tome, habanje se raspoređuje po obimu reznog dela ravnomerno, što za posledicu ima znatno povećanje radnog iskorišćenja noža, a samim tim i njegovog životnog veka. Nož koji se ne okreće trpi jednostrano habanje i za veoma kratko vreme postaje neupotrebljiv i zamenjuje se. Rotaciona sposobnost sklopa noža je, stoga veoma važan kriterijum kvaliteta.

Efikasnost i vrednost sile rezanja zavisi od oblika vrha noža od tvrdog metala. Geometrijski parametri koji se uzimaju u obzir su dimenzije vrha, prečnik glodačkog doboša, ugao konusa vrha i oblik tela noža. Dimenziono veći vrhovi od tvrdog metala se koriste u obradi tvrdih podloga. Ugao vrha noža ima značajan uticaj na sposobnost rezanja i efikasnost procesa obrade.

Osmougaoni oblik vrha noža je namenjen za ugradnju noževa na većim i manjim mašinama, slika 5. Ovaj oblik obezbeđuje bolje prodiranje noža u odnosu na vrhove prikazane na slici 3, tako što

izvodnice vrha pored gnječenja vrše i rezanje podloge. Ovaj oblik vrha noža je proizašao na bazi istraživanja koja su se odvijala na nivou zajedničkog projekta u toku 2002/2003. godine, a koji su realizovali Mašinski fakultet Kraljevo i CORUN Užice.



Slika 5. Osmougaoni oblik noža

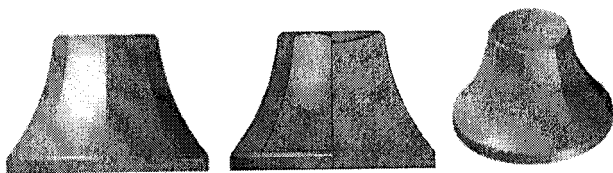
Dimenziono manji vrhovi noža sa oštrijim uglom ( $60^\circ$  do  $70^\circ$ ) se koriste za lakše uslove rada, odnosno za mekše podloge kao što su gips, ugalj, co, Veći uglovi ( $70^\circ$  do  $75^\circ$ ) se koriste za teže uslove, tvrde podloge kao što su peščari, krečnjak, silikatne podloge. Napadni ugao  $\alpha$  kod noževa sa koničnim vrhom ima glavnu ulogu u postizanju efikasnosti rezanja i radnom veku alata. Napadni ugao definišu normalna sila  $F_1$  i otpor rezanja  $F_2$ . Drugim rečima, kada rezultujuća sila deluje duž ose noža i svi elementi su opterećeni na pritisak. Na ovaj način se smanjuje moment savijanja a samim tim i vrednost napona u alatu. Ovo direktno utiče na povećanje dužine radnog veka alata.

Dodatni efekat prodiranja vrha noža u podlogu, koja je najčešće velike tvrdoće, se postiže i formiranjem specijalnog oblika glave noža. Glava sa dodatnim kanalima obezbeđuje smanjeno habanje i poboljšan efekat prodiranja. Za ovaj tip noževa uglovi, prema kojima se postavljaju nosači noževa na glodački doboš za obradu asfaltnih podloga, imaju sledeće vrednosti:  $60^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $=8.84^\circ$

## 2.3. Noževi reznog tipa

Noževi sa vrhom od tvrdog metala oblika zarubljene kupe odnosno zarubljene piramide su u zadnje vreme predmet istraživanja više naučnih institucija u svetu. Očekuje se da doprinos razvoju noževa sa reznom ivicom predstavljaju i rezultati dobijeni u realizaciji projekta koji finansira MNZZS Republike Srbije.

Pošlo se od oblika rezne ivice noževa za obradu metala rendisanjem i to u prvom redu za grubu obradu. Primenjujući ovu logiku, potrebno je na vrhu noža od tvrdog metala umesto koničnog vrha postaviti konkavnu kalotu. Na ovaj način se formira rezna ivica vrha noža. Izgled zarubljenog vrha noža je prikazan na slici 6.

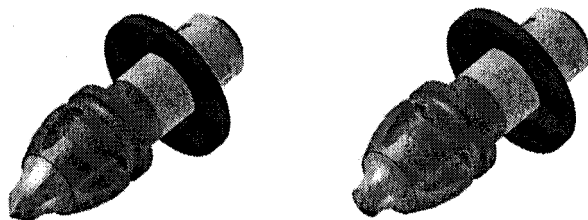


Slika 6. Zarubljeni vrh noža od tvrdog metala

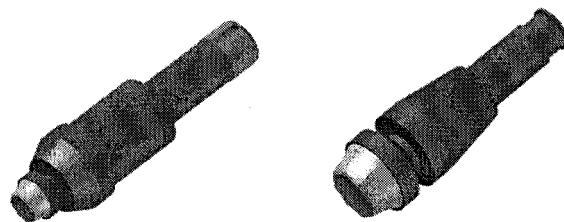
Osnovni kriterijumi definisani u prethodnim istraživanjima su primenljivi i u ovom slučaju a to su: mogućnost rotacije noža u držaču; varijantno projektovana familija proizvoda noževa; mogućnost izbora optimalne tehnologije izrade noževa; infor. razmena na nivou svetskih korisnika i dobavljača.

Rotacija noža u držaču značajno smanjuje aktivne sile koje na vrh u poređenju sa stanjem koje javlja kod noževa sa koničnim vrhom. Smanjenje sile rezanja koje je generisano dejstvom vrha sa reznom ivicom dozvoljava da se mnogo tvrde i abrazivnije podloge seku bez trošenja vrha.

Na slikama 7 i 8 daju se projektovana rešenja noževa sa reznom ivicom na vrhu i koničnim oblikom tvrdog metala. Rešenja su zasnovana na ranije realizovanim varijantnim rešenjima noževa. Specificirane pojedinosti projektovanih rešenja se sadrže u sledećem:



Slika 7. Noževi sa koničnim vrhom, tip 19



Slika 8. Noževi sa reznom ivicom tip 19 i 38

### 3. ZAKLJUČAK

Razvoj novih tehnologija obrade infrastrukturnih objekata se zasniva na formiranju novih reznih ivica noževa. Ovo se vezuje za generisanje novih oblika umetaka od tvrdog metala. Primenjeni koncept integrisanog CAD/CAM projektovanja omogućuje konkurentan pristup na svetskom tržištu za koje je zainteresovan participant projekta.

### 4. LITERATURA

- [1] Babić, A., Miodragović G, Petrović A., Sistem analiza sistema alata mašina za obradu infrastrukturnih objekata, Časopis Instituta IMK „14. oktobar“, Kruševac, broj (22-23) 3-4/2005, str. 169.175.
- [2] Asbyru, B., Ozdemir, L., Rozgonyi, T., Frustum Bit Technology for Continious Miner and Roadheader Applications, Pat Willis, CSIR, The South African Institute of Mining and Metallurgy, Center for Mine Mechanization and automation.

---

## CUTTING GEOMETRY OF TOOLS FOR MACHINING OF INFRASTRUCTURE FACILITIES

**Abstract:** Classification of milling heads and drums in machining of infrastructure facilities is based on the cutting element of the tool which, while machining, makes a tessellation trace during its motion along the guide line. According to the adopted method, tools are divided into radial and axial tools, the latter ones being either impact or cutting ones. This paper presents a comparative analysis of tools with regard to the previous classification. It especially analyzes the cutting geometry of tools from the aspect of shape of the hard metal point. The results obtained in the research presented in the previous programme of tool development are taken into consideration.

**Key words:** analysis of tools, cutting geometry, radial and axial tools.