

PRILOG RASMATRANJU PROBLEMA VEKA  
ALATA ZA PROSECANJE I PROBIJANJE x)

Dr Predrag V. Popović, dipl.ing.,  
red. profesor Mašinskog fakulteta  
Univerziteta u Nišu

Ljubomir M. Janković, dipl. ing.,  
predavač Mašinskog fakulteta Uni-  
verzitetu u Nišu

1. Uvod

Obrada materijala postupcima prosecanja i probijanja nalazi veliku primenu u savremenoj industrijskoj proizvodnji, pa su razumljiva opsežna istraživanja, koja se vrše sa težnjom da se alatima za ovu vrstu obrade povećaju postojanost i vek. Dosadašnja istraživanja ukazuju da je veliki broj činilaca koji utiču na njegovu postojanost i vek, ali isto tako da se svi oni mogu svrstati u tri grupe, i to:

- uticajne faktore mašine;

---

x) Ovaj rad predstavlja sastavni deo naučno-istraživačkog projekta RAZVOJ TEORIJE I SAVREMENIH METODA PROJEKTOVANJA I PRORACUNA SREDSTAVA ZA OBRADU DEFORMISANJEM SA APLIKACIJOM, u čijem finansiranju učestvuju Republička zajednica nauke Srbije, Mašinska industrija u Nišu i Elektronska industrija u Nišu.

- uticajne faktore alata i
  - uticajne faktore predmeta obrade,
- pa se može napisati da je:

$$T = T(f_{m1}, f_{m2}, \dots, f_{mi}, f_{a1}, f_{a2}, \dots, f_{aj}, f_{p1}, f_{p2}, \dots, f_{pk}) \quad (1)$$

pri čemu se vremenska postojanost alata može definisati izrazom:

$$T = N \cdot t_c = \frac{N}{n} \quad (2)$$

gde su:  $T$  - vremenska postojanost alata, definisana kao vremenski period između dva uzastopna oštrenja alata pri rafalnom režimu rada mašine za obradu materijala deformisanjem;

$N$  - Količinska postojanost alata, odnosno broj izradjenih elemenata metodom prosecanja i probijanja između dva oštrenja;

$t_c$  - vreme u kome se obavi jedan radni ciklus izvršnog dela mašine, a pri kome se obavi izrada jednog elementa;

$n$  - broj radnih ciklusa izvršnog dela mašine pri rafalnom režimu rada u jedinici vremena;

$f_m$  - uticajni faktori koji zavise od mašine;

$f_a$  - uticajni faktori koji zavise od alata i

$f_p$  - uticajni faktori koji zavise od predmeta obrade.

Ako se pod vekom alata podrazumeva period njegove neprekidne eksploatacije, bez drugih intervencija osim oštrenja, tada se dobija:

$$V_T = (x + 1) \cdot T \quad (3)$$

odnosno:

$$V_N = (x + 1) \cdot N \quad (4)$$

gde su:  $V_T$  - vremenski vek alata,  
 $V_N$  - količinski vek alata i

x - broj oštrenja alata u toku njegove eksploatacije.

U ovom radu definisane su vremenska (T) i količinska (N) postojanost, odnosno vremenski ( $V_T$ ) i količinski ( $V_N$ ) vek, jer se smatra da su u alata za obradu deformisanjem ovi parametri od izuzetne važnosti, i to iz sledećih razloga:

- vremenska postojanost zbog određivanja ekonomskog perioda obrade, koji treba da obezbeđi najekonomičniji odnos radnog perioda prema ukupnim vremenskim gubicima pri maksimalnoj proizvodnosti i
- količinska postojanost, odnosno vek zbog obračuna i kalkulacije cene koštanja jednog komada predmeta rada s obzirom da cena koštanja i najjednostavnijeg alata za obradu materijala deformisanjem nije mala.

Sasvim je razumljivo da se vek alata, definisan izrazima (3) i (4) izjednačuje sa vekom njegovih reznih elemenata, što u svim slučajevima nije rigurozno tačno. Naime, ako se izvrši podela alata za prosecanje i probijanje na dva tipa, i to:

- alate bez vodjenja i
- alate sa vodjenjem,

tada se u alata bez vodjenja može definisati njihov vek izrazima (3) i (4), jer u ovih alata osim reznih elemenata alata, drugi njihovi elementi nisu izloženi habanju i trošenju.

Medjutim, u alata sa vodjenjem dolazi do istrošenja - u toku njihove eksploatacije - kako reznih elemenata, tako i do istrošenja elemenata vodjenja, pa vek ovih alata zavisi od pohabanosti svih ovih elemenata.

Na osnovi izloženog, u ovih alata mogu da nastupe dva slučaja, i to:

- a) Da nastaje brže istrošenje reznih delova alata od istrošenja elemenata vodjenja. U ovom slučaju za proračun veka alata važe izrazi (3) i (4).
- b) Da dolazi do bržeg istrošenja elemenata za vodjenje od istrošenja elemenata za rezanje. U ovom slučaju vek alata se ne može odrediti pomoću izraza (3) i (4).

Kako se u ovom radu ne rasmatraju problemi vodjenja alata, već problemi vezani za postojanost i vek reznih elemenata alata - prosekača i rezne ploče - to se u njemu rasmatraju samo problemi vezani za ove elemente, i rasmatra vek alata sa aspekta postojan-

osti njegovih reznih elemenata.

## 2. Uticajni faktori

Rasmatranjem procesa obrade materijala prosecanjem i probijanjem mogu se identifikovati sledeći uticajni faktori od kojih značajno zavise postojanost i vek alata, i to:

### 2.1. Uticajni faktori mašine.

U faktore koji zavise od karakteristika i performansi mašine spadaju: brzina deformisanja i njen zakon promene u toku procesa odvajanja materijala, veličina odstupanja putanje i položaja izvršnog dela mašine od idealne, odnosno idealnog i režim rada mašine.

#### 2.1.1. Brzina deformisanja.

Brzina deformisanja i njen zakon promene su ustvari brzina kretanja i zakon promene brzine izvršnog dela mašine od početka do završetka procesa odvajanja materijala.

Poznato je da se ova metoda obrade vrši na mehaničkim krivajnim presama u kojih je zakon promene brzine kretanja pritiskivača definisan izrazom:

$$v_p = R \cdot \omega \cdot \left( \sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi \right) \quad (5)$$

gde su:  $v_p$  - brzina kretanja pritiskivača,

$R$  - dužina krivaje krivajnog mehanizma,

$\omega$  - ugaona brzina rotacije krivaje,

$\varphi$  - ugao koji zaklapa krivaja sa pravcem kretanja pritiskivača u posmatranom trenutku vremena i

$\lambda$  - parametar čija vrednost zavisi od odnosa dužina krivaje ( $R$ ) i klipnjače ( $L$ ), pošto je:

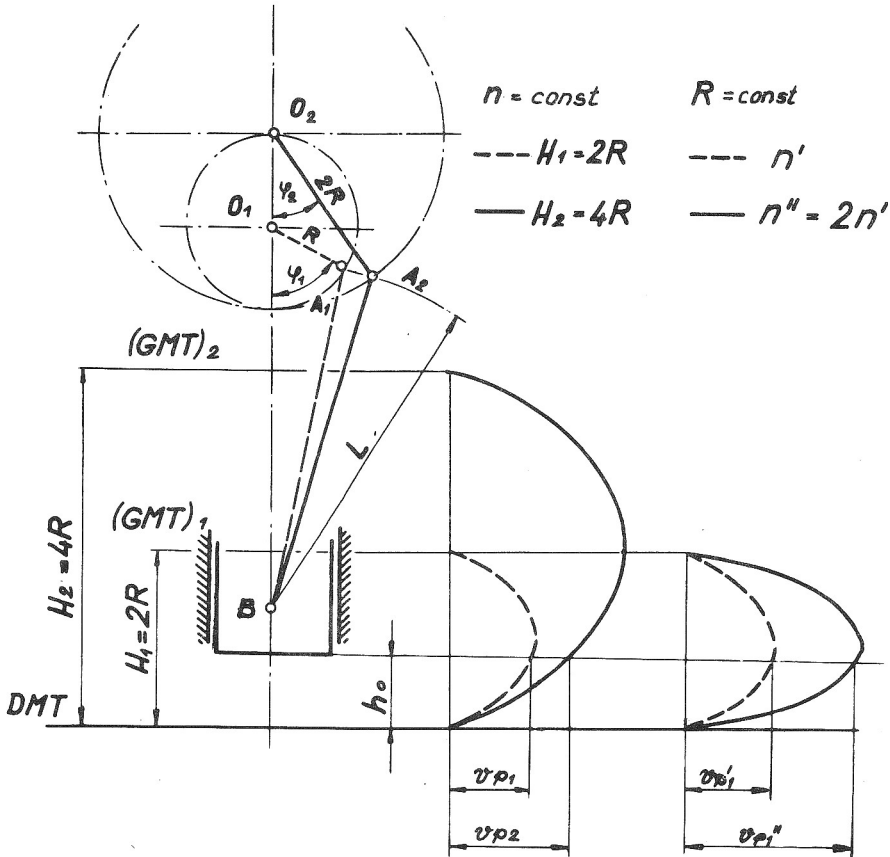
$$\lambda = \frac{R}{L} \quad (6)$$

Analizom izraza (5) se vidi, da na brzinu kretanja izvršnog dela mašine malog uticaja ima veličina parametra ( $\lambda$ ), pošto se njegova vrednost kreće u relativno uskim granicama i ne prelazi vrednost 0,2, a da znatan uticaj imaju veličine ( $R$ ), ( $\omega$ ) i ( $\varphi$ ), odnosno broj okretaja ( $n$ ) glavnog vratila mašine, koji je identi-

čan sa brojem radnih ciklusa izvršnog dela mašine u jedinici vremena ( $t$ ).

Na slici S-1, pod „a“, prikazani su zakoni promene brzine pritiskivača za slučaj  $n = \text{const}$ . a različitih dužina krivaje ( $R$ ), i pod „b“, zakoni promene brzina pri  $R = \text{const}$ . a različitih brojeva radnih ciklusa u jedinici vremena ( $n$ ).

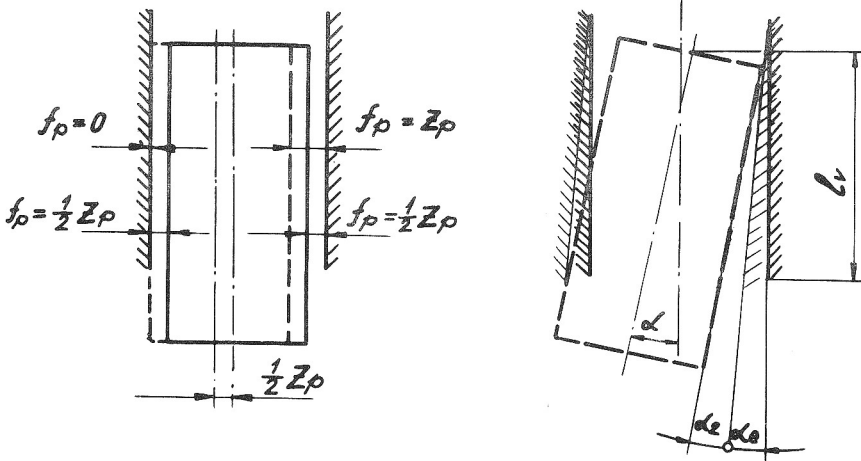
Na istoj slici je označena veličina ( $h_0$ ), koja označava rastojanje dela alata, vezanog za pritiskivač, od donje mrtve tačke (DMT) u momentu kada počinje proces obrade materijala.



Iz izloženog jasno proizlazi da je brzina deformisanja, odnosno brzina kretanja pokretnog dela alata funkcija veličina ( $R$ ), ( $n$ ) i ( $h_0$ ), što se može izraziti jednačinom:

$$v_p = v(R, n, h_0) \quad (7)$$

2.1.2. Veličina odstupanja putanje i položaja pritiskivača od idealne, odnosno idealnog.



S - 2

Kako postoji zazor ( $z_p$ ), odnosno procep ( $f_p$ ) u vodjicama izvršnog dela mašine /1/ i /2/, to su moguća, kako je prikazano na slici S-2, sledeća odstupanja, i to:

- translatorno pomeranje izvršnog dela mašine za  $0,5 \cdot z_p$ , ako se pretpostavi da je idealna putanja pritiskivača ona, pri kojoj je  $f_p = 0,5 \cdot z_p$  i
- iskošenje stvarne putanje pritiskivača u odnosu na idealnu, a koje može biti posledica zazora u klizačima izvršnog dela mašine i posledica elastičnih deformacija elemenata mašine, iz čega proizlazi da je:

$$\alpha = \alpha_z + \alpha_e \quad (8)$$

gde su:  $\alpha$  - ukupno iskošenje;

$\alpha_z$  - ugao iskošenja zbog postojanja zazora u klizačima pritiskivača, a čija veličina zavisi od

veličina zazora ( $z_p$ ) i dužine vodjenja ( $l_v$ ), odnosno  $\alpha_z = \alpha(z_p, v)$  i

$\alpha_e$  - ugao iskošenja zbog elastičnih deformacija elemenata mašine.

Iskošenje usled elastičnih deformacija elemenata mašine javlja se u nosećih struktura otvorenog tipa, dok se u nosećih struktura zatvorenog tipa može smatrati da ne postoji /3/.

Iz izloženog proizlazi jasan zaključak da se izneta odstupanja odražavaju na alat, odnosno na zakon promene procepa između njegovih reznih ivica, čime se menjaju uslovi obrade materijala, i to naročito u alata bez vodjenja.

### 2.1.3. Režim rada mašine.

Poznato je da postoje dva režima rada ovih mašina, i to:

- rafalni režim rada i
- pojedinačni režim rada.

Pri rafalnom režimu pomeranje materijala kroz radni prostor, odnosno alat je automatizovano, a pri pojedinačnom režimu se vrši ručno, što se neminovno odražava na uslove odsecanja materijala.

## 2.2. Uticajni faktori alata.

U faktore koji zavise od alata spadaju: zazor, način vezivanja alata za izvršni deo mašine i način njegovog vodjenja, vrsta reznih elemenata i njihova visinska podešenost, kao i materijal od koga su izradjeni rezni delovi.

### 2.2.1. Zazor.

Dosadašnja istraživanja mnogih autora /4/ , /5/ i /6/ ukazuju da se veličina zazora ( $z_a$ ), odnosno procepa između reznih ivica alata ( $f_a$ ) odražavaju na:

- veličinu maksimalne sile presecanja i zakon njene promene u toku procesa odvajanja materijala;
- na izgled i kvalitet presečne površine;
- na naponsko i deformaciono stanje u materijalu za vreme njegove obrade;
- na veličinu oštre ivice (srha) i
- na brzinu, kao i mesta habanja oko reznih ivica alata.

Iz ovog proizlazi da promene uslova obrade, zbog promena veličine zazora, menjaju i zakone promene opterećenja, kao i njihove

intenzitete na reznim elementima alata, što neminovno dovodi do razlika i u posledicama.

### 2.2.2. Vodjenje alata i način njegovog vezivanja za izvršni deo mašine.

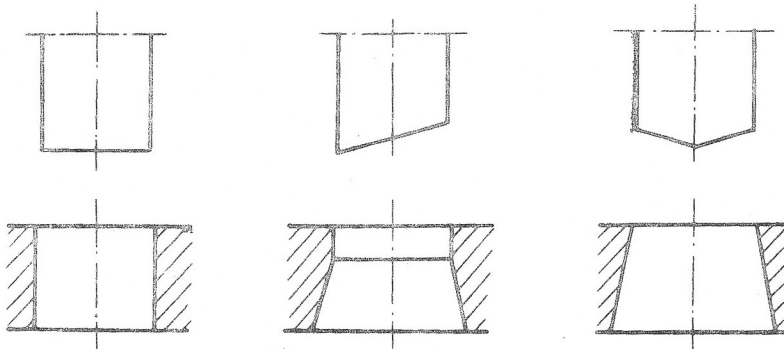
Ako se podje od toga da postoje alati sa sopstvenim vodjenjem njegovih delova, i alati bez sopstvenog vodjenja, sasvim razumljivo proizlazi sledeće, i to:

a) U alata sa sopstvenim vodjenjem obezbedjeni su uslovi da se procep između reznih ivica alata u toku obrade materijala ne menja, i da se uticaji odstupanja putanje pritiskivača od idealne na rad alata mogu zanemariti.

Ovaj uticaj mašine na alat se, u ovom slučaju, još više smanjuje pogodnim načinom vezivanja delova alata za mašinu vezama zglobnog tipa.

b) U alata bez sopstvenog vodjenja sva odstupanja kretanja izvršnog dela mašine od idealnog se direktno prenose na alat, što se odražava na sam proces i uslove pod kojim se on obavlja.

### 2.2.3. Vrste reznih elemenata alata.

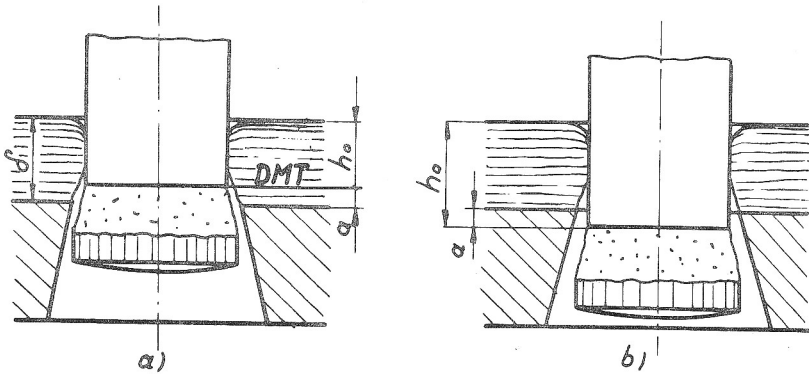


S - 3

Na slici S-3 prikazane su neke vrste oblika rezne ploče i presekača. Neosporno je da su uslovi obrade materijala različiti u alata sa različitim oblicima reznih ivica, što se reperkutuje na naponska i deformaciona stanja u zoni odvajanja materijala, pa time i na uslove obrade i opterećenja reznih elemenata alata.



2.2.4. Visinska podešenost reznih elemenata alata.



S - 4

Na slici S-4 prikazana su dva međusobna položaja prosekača i rezne ploče u momentu kada se prosekač nalazi u donjoj mrtvoj tački (DMT), i to:

- prvi slučaj, slika S-4 pod a, kada su rezni delovi alata tako podešeni po visini da prosekač ne ulazi u otvor rezne ploče i u ovom slučaju uvek postoji rastojanje ( $a$ ) između reznih elemenata, pa je:

$$h_0 = \delta - a \quad (9)$$

- gde je :  $\delta$  - debljina materijala koji se obrađuje i
- drugi slučaj, slika S-4 pod b, kada prosekač ulazi u otvor rezne ploče za neku veličinu ( $a$ ), pa je:

$$h_0 = \delta + a \quad (10)$$

Iz izloženog se vidi da visinska podešenost reznih elemenata alata ( $a$ ) može biti  $a \geq 0$ , pa iz ovog proizlazi:

- za  $a > 0$ , pa čak i  $a = 0$ , (slika S-4, pod a) uticaj vrste alata s obzirom na njegovo vodjenje (tačka 2.2.2.) je mali i
- za  $a < 0$  (slika S-4, pod b) uticaj vrste alata (tačka 2.2.2.) odnosno da li je alat sa samovodjenjem ili bez njega, na uslove obrade i opterećenja alata je znatan.

### 2.2.5. Materijal.

Kako se, danas, primenjuje veliki broj različitih materijala od kojih se izrađuju rezni elementi alata, tj. primenjuju materijali veoma različitih svojstava, pa time i različitih otpornosti na habanje i opterećenja, to će i ponašanje reznih elemenata alata u eksploataciji biti veoma različito.

### 2.3. Uticajni faktori predmeta rada.

U značajnije faktore koji zavise od predmeta rada spadaju: relativna dubina otsecanja, debljina materijala, oblik predmeta rada i vrsta materijala.

#### 2.3.1. Relativna dubina otsecanja.

Relativna dubina otsecanja, definisana izrazom:

$$\epsilon_{ot} = \frac{z_{ot}}{\delta} \quad (11)$$

gde je:  $z_{ot}$  - apsolutna dubina otsecanja, predstavlja vrlo važan parametar u procesu prosecanja i probijanja. Njena vrednost, koja zavisi od velikog broja faktora /7/, utiče na zakone pod kojima se obavlja proces odvajanja materijala (vrednost maksimalne sile prosecanja, zakon promene sile prosecanja, izgled presečne površine i njen kvalitet, naponsko i deformaciono stanje u zoni odvajanja materijala, itd.), što znači - generalno - da utiče na uslove rada alata i njegova opterećenja.

#### 2.3.2. Debljina materijala.

Debljina materijala ( $\delta$ ) utiče na:

- veličinu ( $h_0$ ), jer između njih postoje funkcionalne zavisnosti - izrazi (9) i (10) - što znači da debljina materijala ( $\delta$ ) direktno utiče na najvažniji uticajni faktor - brzinu deformisanja - pa se izraz (7) može napisati i u obliku:

$$v_p = v_1(R, n, \delta); \quad (12)$$

- na veličinu relativne dubine otsecanja ( $\epsilon_{ot}$ ), odnosno veličinu apsolutne dubine otsecanja ( $z_{ot}$ ) /7/ i
- na dužinu vremenskog intervala zahvata alata i materijala

( $t_r$ ), pošto je:

$$t_r = t_c \cdot \frac{\widehat{\varphi}_r}{2 \cdot \overline{h}} = t_c \cdot \frac{\widehat{\varphi}_1 - \widehat{\varphi}_2}{2 \cdot \overline{h}} \quad (13)$$

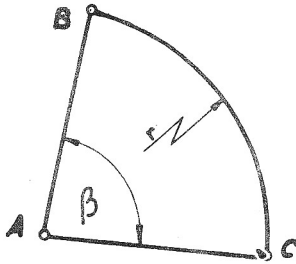
gde su:  $\widehat{\varphi}_r$  - ugao koji prebriše krivaja krivajnog mehanizma dok traje proces obrade materijala;

$\widehat{\varphi}_1$  - ugao koji zaklapa krivaja u trenutku započinjanja otsecanja i

$\widehat{\varphi}_2$  - ugao krivaje u trenutku završetka otsecanja.

### 2.3.3. Oblik predmeta rada.

Kako postoji veliko bogatstvo najrazličitijih oblika predmeta rada, koji se izradjuju ovom metodom obrade materijala, a rez-



S - 5

ne ivice alata za prosecanje i probijanje su po obliku i dimenzijama identične sa oblikom i dimenzijama njihovih kontura, to postoji i veliko bogatstvo oblika kontura reznih ivica ovih alata.

Medjutim, svi ovi oblici mogu se tretirati kao krive linije sa različitim radijusima krivine ( $r$ ), pri čemu se vrednosti radijusa

krivine kreću u granicama od  $0 \leq r \leq \infty$ , pa bi glavni oblici bili:

- $r = 0$ , što znači da se kontura lomi pod određenim uglom ( $\beta$ ) formirajući ćošak, kako je prikazano na slici S-5, tačka A, B i C.
- $0 < r < \infty$  - kružna rezna ivica, kako je prikazano na slici S-5 u delu od tačke B do tačke C.
- $r = \infty$  - prava rezna ivica, kako je prikazano na slici S-5 od tačke A do tačke B, odnosno od tačke A do tačke C.

Na osnovi izloženog, sasvim je razumljivo, da oblik, određen vrednošću parametra ( $r$ ), utiče na uslove obrade i opterećenja reznih ivica alata.

### 2.3.4. Materijal.

Vrste materijala, koji se primenjuju u izradi predmeta rada

ovim postupkom, pa time i njihova svojstva (čvrstoća, tvrdoća, i sl.) su veoma različite, iz čega proizlazi da je nepotrebno izrazito naglašavati da od vrste materijala predmeta rada zavisi i brzina habanja reznih elemenata alata.

### 3. Neki rezultati istraživanja

Autor B. Rebec /8/ je, na osnovi svojih istraživanja, uspostavio zakonitost između postojanosti reznih elemenata alata i broja radnih ciklusa izvršnog dela mašine u jedinici vremena, odnosno brzohodosti mašine, izrazivši je jednačinom:

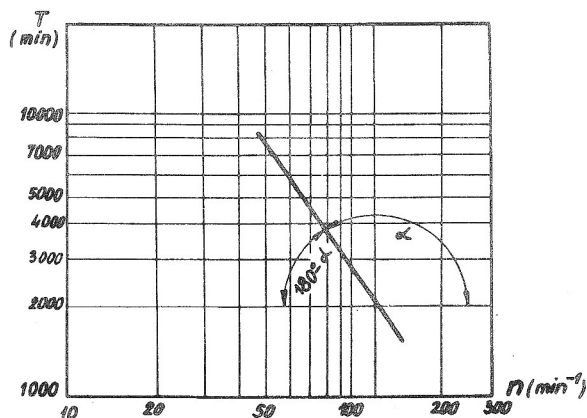
$$T = C_0 \cdot n^m \quad (14)$$

gde su:  $C_0$  - konstanta,

$n$  - broj radnih ciklusa u jedinici vremena i

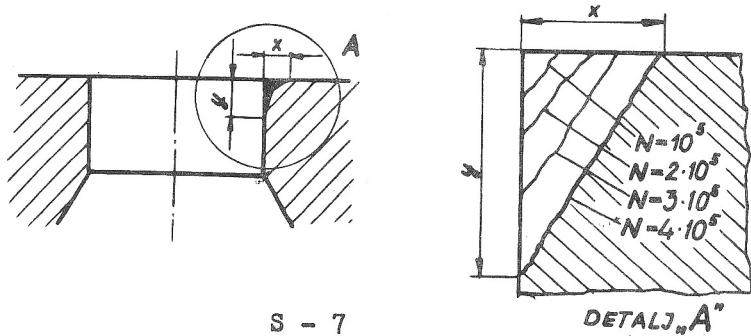
$m$  - eksponent.

Ispitivanje uticaja brzohodosti prese na postojanost alata vršio je na taj način, što je izradjivao određeni predmet rada na presi sa različitim brojevima radnih ciklusa u jedinici vremena ( $n = 50, 70$  i  $120 \text{ min}^{-1}$ ) do pojave određene visine oštre ivice (srha), čiju je visinu usvojio kao kriterijum zatupljenosti reznih ivica alata. Za maksimalnu visinu oštre ivice usvojio je vrednost od 0,3 mm.



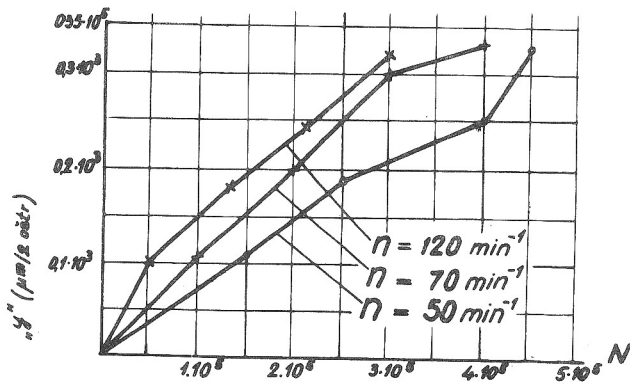
Rezultate ispitivanja je uneo u pravougli koordinatni sistem sa logaritamslom podelom, kako je prikazano na slici S-6, što mu je omogućilo smanjenje broja eksperimenata, jer je eksponencijalnu funkciju izrazio pravom linijom u duploj logaritamskoj mreži.

Na osnovi sprovedenih ispitivanja i iznete interpretacije rezultata dobio je vrednost eksponenta  $m = -1,8$ , i na osnovi toga izveo zaključak da sa porastom broja radnih ciklusa izvršnog dela mašine u jedinici vremena opada postojanost reznih elemenata alata, pa time i ukupni vek alata.



Istovremeno je ispitivao i uticaj broja radnih hodova pritiskivača prese na habanje ivica rezne ploče, tj. promenu geometrije rezne ploče oko rezne ivice usled istrošenja, kako je prikazano na slici S-7 za  $n = 70 \text{ min}^{-1}$ .

Rezultate ovih ispitivanja, za  $n = 50, 70$  i  $120 \text{ min}^{-1}$ , prezentirao je grafički, što je dato na slici S-8.

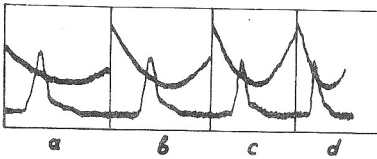


S - 8

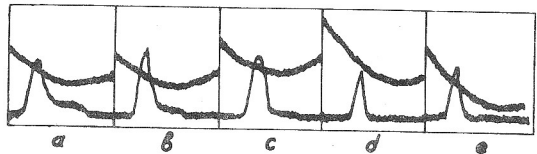
Autori F.P.Mihalenko i M.M.Durandin /5/ su istraživali uticaje brzohodosti prese ( $n$  i  $v_p$ ) i zazora ( $z_a$ ) na: habanje ( $H_a$ ) reznih elemenata, na veličinu maksimalne sile prosecanja ( $F_{max}$ ), na zakon promene sile prosecanja ( $F$ ) i na količinu rada ( $W$ ) koji se utroši za vreme otsecanja.

Pri ovim ispitivanjima varirali su broj radnih hodova pritiskivača od  $n = 139 \text{ min}^{-1}$  do  $n = 432 \text{ min}^{-1}$ , odnosno brzinu deformisanja od  $v_p = 7,6 \text{ cm/s}$  do  $v_p = 23,1 \text{ cm/s}$  i zazor od  $z_a = 0,03 \cdot \delta$  do  $z_a = 0,51 \cdot \delta$ , dok su ostali faktori bili nepromenljivi, kao što su: materijali predmeta rada i alata, vodjenje alata, i dr.

Rezultate ispitivanja su prezentirali grafički, što se daje na sledećim slikama:



S - 9



S -10

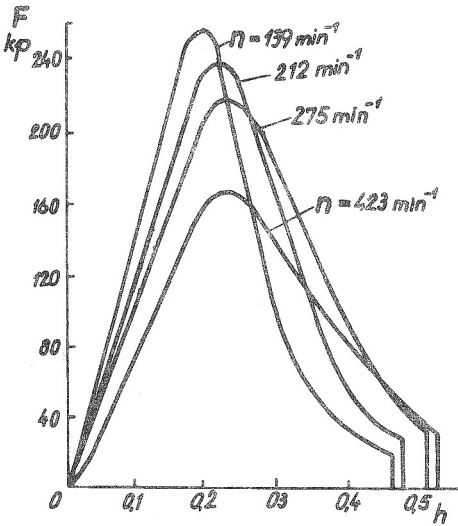
Na slici S-9 dati su zakoni promene sile prosecanja dobijeni pri  $z_a = 0,17 \cdot \delta = \text{const.}$  i pri različitim brojevima radnih hodova ( $n$ ), i to: pod a -  $n = 139 \text{ min}^{-1}$ , pod b -  $n = 212 \text{ min}^{-1}$ , pod c -  $n = 275 \text{ min}^{-1}$  i pod d -  $n = 432 \text{ min}^{-1}$ .

Na slici S-10 dati su, takodje, zakoni promene sile prosecanja ( $F$ ), samo pri  $n = 139 \text{ min}^{-1} = \text{const.}$ , i pri različitim zazorima ( $z_a$ ), i to: pod a -  $z_a = 0,03 \cdot \delta$ , pod b -  $z_a = 0,17 \cdot \delta$ , pod c -  $z_a = 0,26 \cdot \delta$ , pod d -  $z_a = 0,43 \cdot \delta$  i pod e -  $z_a = 0,51 \cdot \delta$ .

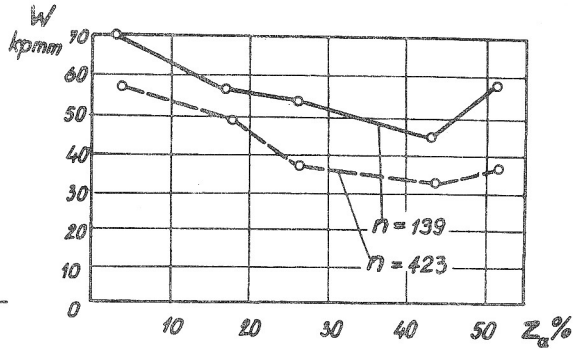
Na slici S-11 dati su zakoni promene sile prosecanja ( $F$ ) u zavisnosti od hoda alata ( $h$ ), dobijeni pri  $z_a = \text{const.}$ , i različitim brojevima radnih hodova pritiskivača ( $n$ ), i to: pod a -  $n = 139 \text{ min}^{-1}$ , pod b -  $n = 212 \text{ min}^{-1}$ , pod c -  $n = 275 \text{ min}^{-1}$  i pod d -  $n = 432 \text{ min}^{-1}$ .

Na slici S-12 data je količina rada ( $W$ ) koji se utroši za vreme otsecanja pri čemu su varirale vrednosti zazora ( $z_a$ ) i vrednosti brojeva radnih hodova pritiskivača mašine ( $n$ ). Na grafiku su ucrtane dve krive, i to puno izvučena za  $n = 139 \text{ min}^{-1}$ , i isp-

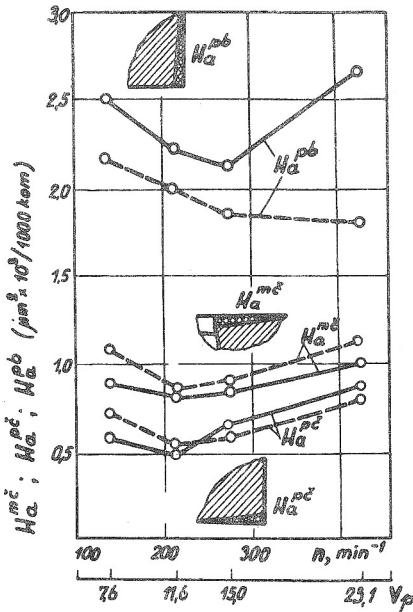
rekidana za  $n = 432 \text{ min}^{-1}$ .



S - 11



S - 12



S - 13

Na slici S-13 prikazana je promena relativnog habanja presekača i rezne ploče, i to:

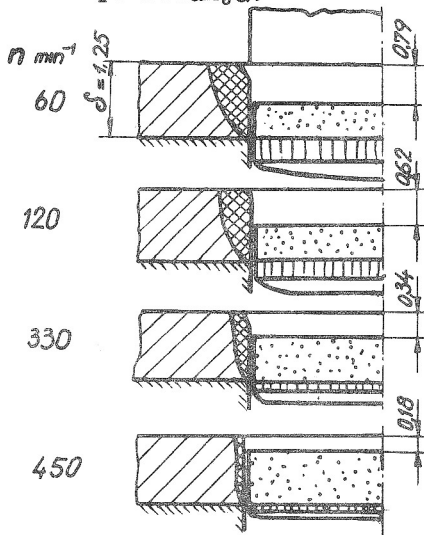
- čeno habanje rezne ploče ( $H_a^{mč}$ );
  - čeno habanje presekača, odnosno probojca ( $H_a^{pč}$ ) i
  - bočno habanje presekača, odnosno probojca ( $H_a^{bč}$ ),
- u zavisnosti od promene brzine deformisanja ( $v_p$ ), a u alata sa različitim zazorima, i to: puno izvučena linija -  $z_a = 0,3 \cdot \delta$  i isprekidana linija  $z_a = 0,085 \cdot \delta$ .

Analizom prezentiranih rezultata istraživanja autora F.P.Mihalenka i M.M.Durandina, mogu se izvući slede-

ći zaključci, i to:

- Da postoji neka vrednost zazora ( $z_a$ ) pri kojoj su vrednosti maksimalne sile prosecanja ( $F_{max}$ ) i utrošenog rada ( $W$ ) minimalne, i da smanjivanjem ili povećavanjem zazora u odnosu na ovu vrednost dolazi do povećavanja i sile prosecanja ( $F_{max}$ ) i rada ( $W$ ). Do istih rezultata su došli i autori R.Pavlović-P.Popović, što su izneli u svom radu /4/.
- Da pri ostalim istovetnim uslovima porast brzine deformisanja ( $v_p$ ) dovodi do smanjenja vrednosti maksimalne sile prosecanja ( $F_{max}$ ) i količine utrošenog rada ( $W$ ).
- Da veličina zazora ( $z_a$ ) ne utiče bitno na veličinu čeonog habanja presekača i rezne ploče, ali da je ovaj uticaj znatniji na bočno habanje presekača, pri čemu sa smanjenjem zazora opada i ovo habanje.
- Da je u domenu ispitivanih brzina deformisanja ( $v_p$ ) mali njen uticaj na promenu veličina habanja reznih elemenata alata.

Autor V.Romanovski /6/ navodi da se na brzohodim presama, u kojih je broj radnih hodova pritiskivača  $n > 200 \text{ min}^{-1}$ , mora povećati veličina zazora ( $z_a$ ) da bi se dobio duži vek alata, i ukazuje na uticaj broja hodova na promenu strukture u materijalu prilikom prosecanja.



S - 14

Romanovski iznosi da u zoni rezanja dolazi do deformacionog očvršćavanja materijala, i da dubina ovog sloja zavisi od brzine kretanja alata u procesu obrade i sledećih faktora:

- debljine materijala ( $\delta$ );
- vrste materijala, odnosno njegovih svojstava i početne strukture;
- veličine zazora ( $z_a$ ) i
- kvaliteta reznih elemenata alata.

Na slici S-14 je prik-



azan je uticaj brzohodosti prese na izgled presečne površine, veličinu zone očvršćavanja i dubinu prodiranja prosekača u materijal do pojave prskotina, i to: pod a -  $n = 60 \text{ min}^{-1}$ , pod b -  $n = 120 \text{ min}^{-1}$ , pod c -  $n = 330 \text{ min}^{-1}$  i pod d -  $n = 450 \text{ min}^{-1}$ .

Autor N.K.Foteev /9/ navodi rezultate ispitivanja koji pokazuju da se primećuje povećavanje postojanosti reznih elemenata alata pri  $n > 200 \text{ min}^{-1}$ . Po Foteev-u ovaj porast postojanosti je proporcionalan porastu broja radnih hodova pritiskivača, i navodi da je pri  $n = 1.000 \text{ min}^{-1}$  postojanost alata povećana za 30÷50 %.

Autor G.D.Skvorcov /10/ ukazuje na povećanje veka reznih elemenata alata primenom preciznog vodjenja. Naime, iznosi da je postigao dvostruko veću postojanost reznih elemenata u slučaju kada je klizno vodjenje delova alata zamenio preciznijim - kugličnim vodjenjem.

#### 4. Završna rasmatranja

Rasmatranja, izneta u tački 2. ovog rada, kao i istraživanja autora, izneta u tački 3., ukazuju na složenost problema postojanosti i veka reznih elemenata alata za prosecanje i probijanje, što zahteva da se pri postavljanju bilo kakve - za praksu prihvatljive i upotrebljive - inženjerske metode proračuna ovih parametara mora prići veoma studiozno i temeljno.

Sa druge strane, problem optimiranja postojanosti alata, odnosno utvrđivanja ekonomske postojanosti, nameće se svakodnevno sve imperativnije, s obzirom da se sve više za prosecanje i probijanje primenjuju prese sa izrazito velikim brojem radnih hodova pritiskivača u jedinici vremena ( $n = 1.000 \div 2.000 \text{ min}^{-1}$ ), a u kojih se rentabilnost eksploatacije osetno smanjuje sa zastojsima u radu /11/.

Medjutim, do sada je izvršen veliki broj istraživanja i ispitivanja, ali u većini slučajeva statističkog i faktografskog karaktera, i to:

- bez dubljeg ulaženja u objašnjavanja i teoretska razjašnjavanja pojedinih fenomena;
- bez formiranja inženjerskih metoda proračuna postojanosti i veka reznih elemenata alata za date uslove prosecanja i probijanja, pa i

- sa prezentiranjem rezultata ispitivanja na način koji ne može biti prihvatljiv.

Naime, ako se analiziraju rezultati istraživanja i ispitivanja (tačka 3. ovog rada), lako se konstatuje da se priličan broj eminentnih istraživača vezivao za broj radnih hodova izvršnog dela mašine ( $n$ ), uzimajući ga kao bitan uticajni faktor, što čini ove rezultate nepouzdanim i neupotrebljivim.

Tako su Rebec, Romanovski, Foteev, i dr. ispitivali i rasmatrali uticaj broja radnih hodova izvršnog dela mašine na fenomene kao što su: veličina zone očvršćavanja, izgled presečne površine, habanje reznih elemenata alata, itd. Međutim, pri ovome nisu vodili računa, da na postojanost reznih elemenata alata, kao i sve druge fenomene, ne utiče broj radnih ciklusa pritiskivača ( $n$ ), već brzina deformisanja ( $v_p$ ), i da se izmenom drugih parametara, kao što su ( $R$ ) i ( $h_0$ ), može održati  $v_p = \text{const.}$  i pri različitim brojevima radnih hodova izvršnog dela mašine, što jasno proizlazi iz rasmatranja iznetih u tački 2.1.1. ovog rada.

Iz ovog proizlazi da su dati rezultati ispitivanja neprihvatljivi i neupotrebljivi, jer sve prese istog broja radnih hodova pritiskivača nemaju iste i ostale parametre, što znači da bi se pri svim ostalim istovetnim uslovima (isti alat, isti predmet rada, itd.), zbog izmenjene brzine deformisanja, dobili drugi efekti i rezultati, pa bilo da je u pitanju postojanost ili vek reznih elemenata alata, ili izgled i kvalitet presečne površine, ili bilo koji drugi parametar, odnosno pokazatelj.

S toga se i izraz (14), koji predstavlja pokušaj formiranja inženjerskog metoda proračuna postojanosti, ne može prihvatiti i primeniti u praksi, i to iz sledećih razloga:

- što se postojanost izražava u zavisnosti od broja radnih hodova pritiskivača ( $n$ ), a ne u zavisnosti od brzine deformisanja ( $v_p$ ) i
- što u sebi ne sadrži ostale, veoma uticajne faktore.

Kao potvrdu drugom stavu, dovoljno je postaviti pitanje napr. uticaja veličine zazora ( $z_a$ ) na proces prosecanja i probijanja, jer sva dosadašnja istraživanja 4, 5, 6, i dr. ukazuju da zazor značajno utiče na habanje reznih elemenata, na veličine sila deformisanja, izgled presečnih površina, i dr. fenomene, pa time i na postojanost reznih elemenata alata.

Prema tome, ako se i izvrši korekcija rezultata istraživanja i daju zavisnosti pojedinih funkcija u zavisnosti od promene brzine deformisanja ( $v_p$ ), a ne broja radnih hodova pritiskivača ( $n$ ), moraju se uneti i drugi uticajni faktori, navedeni u tački 2. ovog rada, koji nemaju ništa manji, ako ne i veći uticaj od uticaja brzine deformisanja na postojanost i vek reznih elemenata alata, kako to i pokazuju neki rezultati istraživanja izneti u tački 3.

Konačno, sve ovo govori u prilog tome da je funkcija (1) vrlo složena funkcija u kojoj ne mogu da egzistiraju samo jedna ili dve nezavisno promenljive veličine.

### 5. Zaključak

Na osnovi svega što je izneto mogu se izvući sledeći zaključci, i to:

1. Neprihvatljivo je rezultate istraživanja u oblasti obrade materijala prosecanjem i probijanjem iskazivati u zavisnosti od broja radnih hodova izvršnog dela mašine, jer ih to čini nepouzdanim i netačnim.
2. Iako su vršena opsežna istraživanja u ovoj oblasti, nisu date pogodne, i za praksu pouzdane i prihvatljive inženjerske metode proračuna postojanosti i veka reznih elemenata alata za prosecanje i probijanje, pa s obzirom na aktuelnost problema, istraživanja usmerena u pravcu dobijanja pouzdanih i sveobuhvatnih inženjerskih metoda proračuna postojanosti i veka reznih elemenata alata za prosecanje i probijanje su od izuzetne važnosti.

### L i t e r a t u r a :

- /1/ P.V.Popović: Promena procepa u alata za obradu materijala deformacijom u presama otvorenog tipa, časopis TEHNIKA (Mašinstvo), Beograd, broj 2., 1974.
- /2/ P.V.Popović: Neka rasmatranja uticaja zazora i uslova vodjenja izvršnog organa mašine za obradu materijala deformacijom na njegova odstupanja od optimalnog položaja u toku procesa obrade, časopis TEHNIKA (Mašinstvo), Beograd, broj 1., 1974.
- /3/ P.V.Popović: Uticaj vrste obrade materijala deformacijom na elastične deformacije obradnog sistema, ZBORNIK RADOVA sa simpozijuma BIAM'73-Zagreb, 1973.
- /4/ P.V.Popović+R.Pavlović: Odredjivanje normalnih zazora u ala-

ta za prosecanje i probijanje, časopis TEHNIKA (Mašinstvo), broj 10., 1964.

- /5/ F.P.Mihalenko-M.M.Durandin: Vlijanije bistrohodosti presa i veličini zazora na silovoj režim i iznos instrumenta pri vi-  
rubke-probivke elektrotehničkoj stali, Kuznečno-štam-povoč-  
noe proizvodstvo, Moskva, 8-1969.
- /6/ V.Romanovskij: Spravočnik po holodnoj štam-povke, Mašinstro-  
enie, Lenjingrad, 1971.
- /7/ P.V.Popović: Uticaj vrste i debljine materijala na relativnu  
dubinu otsecanja pri prosecanju i probijanju, publikacija  
SREDSTVA I METODE OBRADE DEFORMISANJEM, Niš, broj 1., 1975.
- /8/ B.Rebec: O istraživanju zakonitosti između broja udaraca  
preše i trošenja žiga i matrice. ZBORNIK RADOVA Fakulteta  
strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1970.
- /9/ N.K.Foteev: Visokostojkie štampi, Mašinstrojenije, Moskva,  
1965.
- /10/ G.D.Skvorcov: Osnovi konstruovanja štampov dlja holodnoj  
listovoj štampovki, Mašinstrojenije, Moskva, 1972.
- /11/ P.V.Popović: Prilog rasmatranju problema proizvodnosti po ko-  
ličini uradjenih elemenata i stepena iskorišćenja u mehančk-  
ih krivajnih presa, časopis TEHNIKA (Mašinstvo), Beograd, br-  
oj 2., 1975.

POPOVIĆ V.P., JANKOVIĆ M.LJ.

PRIOLOG RASMATRANJU PROBLEMA VEKA ALATA

ZA PROSECANJE I PROBIJANJE

R e z i m e

Problem postojanosti i veka alata za prosecanje i probijanje nameće se sve imperativnije sa primenom brzohodnih presa u eksploataciji. U ovom radu su stoga identifikovani uticajni faktori, dat pregled dosadašnjih istraživanja u oblasti obrade materijala odvajanjem i kritički osvrt na stanje u ovoj oblasti po pitanju verodostojnosti prezentiranih rezultata i njihove pogodnosti primene u praksi. Pri tome je naročito kritički osvrt dat prezentiranje rezultata istraživanja u funkciji promene broja radnih hodova pritiskivača prese.

BEILAGE DER BETRACHTUNG VON PROBLEM DER WERKZEUGDAUER

FÜR AUSSCHNEIDEN UND LOCHEN

Z u s a m m e n f a s s u n g

Problem der Zuverlässigkeit und Dauer der Werkzeuge für Ausschneiden und Lochen drängt sich immer intensiver mit der Verwendung der Schnellläuferpressen in der Exploitation. In dieser Arbeit sind, deswegen, Einflussfaktoren identifiziert, es ist auch Übersicht der bisherigen Untersuchungen in dem Gebiet der Materialbearbeitung mit der Trennung gegeben. Man gibt auch kritische Rückschau auf den Zustand in diesem Gebiet wegen der Zuverlässigkeit der gegebenen Ergebnisse und derer Begünstigung für die Verwendung in der Praxis. Dabei ist besondere Rückschau auf die Auslegung der Ergebnisse von Untersuchungen in der Funktion der Veränderung von Arbeitsgängen des Pressestempels gegeben.