

**UNIVERZITET U BANJA LUCI
MAŠINSKI FAKULTET**

**ZBORNIK RADOVA
XIII SAVJETOVANJA PROIZVODNOG
MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE**

II

Banja Luka, 1979.

**UNIVERZITET U BANJA LUCI
MAŠINSKI FAKULTET**

ZBORNIK RADOVA

**XIII SAVJETOVANJA PROIZVODNOG
MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE**

II

Banja Luka, 1979.

*Štampa: NIGRO „GLAS“ Banjaluka 1979.
Za Štampariju: Josip Štemberger*

Štampano povodom

XIII savjetovanja proizvodnog mašinstva u Banjaluci
6, 7 i 8 juna 1979. godine

Savjetovanje je dio aktivnosti koje vrši Zajednica jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva

Članovi zajednice su:

- Mašinski fakultet Niš
- Mašinski fakultet Skoplje
- Mašinski fakultet Beograd
- Institut za alatne mašine i alate Beograd
- Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb
- Institut za alatne strojeve PRVOMAJSKA Zagreb
- Fakultet za strojništvo Ljubljana
- Fakultet tehničkih nauka Novi Sad
- Mašinski fakultet Sarajevo
- Mašinski fakultet Titograd
- Mašinski fakultet Kragujevac
- Tehnički fakultet Rijeka
- Visoka tehnička škola Maribor
- Mašinski fakultet Mostar
- Mašinski fakultet Banjaluka

Organizator savjetovanja:

Mašinski fakultet Banjaluka

Organizacioni odbor:

Stevan Živanović
Milan Jurković
Ostoja Miletić
Kosta Rončević
Slavko Zrnić

Zbornik je štampan u tri knjige:

I Elementi konstrukcija mašina za obradu deformisanjem i rezanjem

II Tehnološki procesi i teorija obrade deformisanjem

III Obrada rezanjem



Dosadašnja savjetovanja održana su:

- I u Beogradu 1965. godine
- II u Zagrebu 1966.
- III u Ljubljani 1967.
- IV u Sarajevu 1968.
- V u Kragujevcu 1969.
- VI u Opatiji 1970.
- VII u Novom Sadu 1971.
- VIII u Ljubljani 1973.
- IX u Nišu 1974.
- X u Beogradu 1975.
- XI u Ohridu 1977.
- XII u Mariboru 1978.

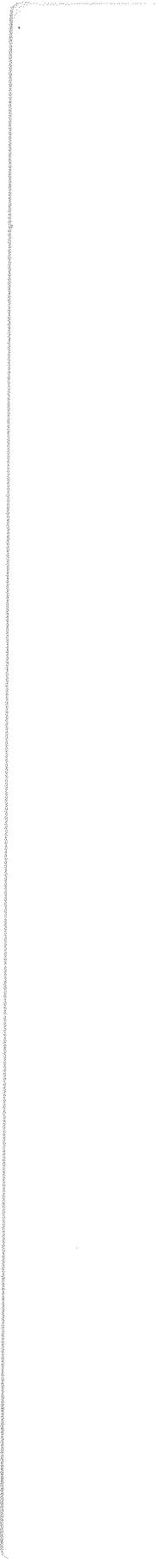
Na osnovu odluke Zajednice jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva povjereno je organizovanje XIII savjetovanja Mašinskom fakultetu - Univerziteta u Banjaluci.

U nadi da će XIII savjetovanje kao i sva dosadašnja ispuniti cilj koji je postavila Zajednica jugoslovenskih naučnoistraživačkih institucija proizvodnog mašinstva, koristimo i ovaj način da se najljepše zahvalimo autorima, finansijerima ovog savjetovanja, recenzentima i svima onima koji su doprinijeli održavanju XIII savjetovanja.

ORGANIZACIONI ODBOR

Recenzenti:

Predrag Popović
Binko Musafia
Branislav Devedžić
Franc Gologranc
Vlado Vujović
Stevan Živanović



S A D R Ž A J

V. Vujović

Uvodni referat - STANJE I PERSPEKTIVE RAZVOJA OBRADE
DEFORMISANJEM

B. Devedžić,
M. Stefanović

Primer teorijsko-eksperimentalne analize deformacionog
stanja i stepena tehnološke kritičnosti dela koji se
izvlači

I

F. Gologranc

Vpliv snovnih karakteristik na plastično nestabilnost pri
hidrostatičnem izbočenju pločevine

II

S. Živanović

Uticaj zaobljenja radnih ivica alata na preoblikovne
mogućnosti procesa dubokog izvlačenja

III

V. Stoiljković

Eksperimentalno snimanje nekih veličina pri izvlačenju
cilindričnih elemenata fluidom

IV

D. Tatalović

Razrez pločevine v kolutih na formate

V

B. Musafia

Komparativna analiza procesa presovanja i izvlačenja

VI

B. Devedžić,
R. Bančević

Kompleksan uticaj relevantnih činilaca na vek alata za
masivno oblikovanje metala u topлом stanju

VII

M. Jurković

Uticaj naponskog stanja na stepen širenja metala u proce-
su deformisanja

VIII

V. Mitković

Odredjivanje deformacija u nestacionarnim procesima
zapreminskog oblikovanja

IX

Lj. Janković,
D. Vukićević

Prilog rasmatranju problema tiskača u procesu obrade
materijala utiskivanjem

X

M. Plančak

Jedno rešenje alata za laboratorijsko istraživanje
procesa obrade suprotno-smernim istiskivanjem

XI

O. Miletić

Valjanje neprolaznog metričkog navoja s trouglastim
ISO profilom

XII

I. Kodrič

Smeri razvoja pri izdelavi pastorkov

XIII

M. Šljivić

Izrada ploče startera postupkom hladnog presovanja
istiskivanjem

XIV

V. Volčanšek

Prilog istraživanju otpora isticanja metala iz alata
kod istosmernog presovanja aluminiskih legura

XV

R. Kovačević,
V. Domazetović

Definisanje zavisnosti specifičnog deformacionog otpora
legiranih čelika od uticajnih faktora metodom toplog uvi-
janja

XVI

V. Domazetović,
R. Kovačević,
R. Vukasojević

Istraživanje funkcije pouzdanosti izrade elemenata dubo-
kim izvlačenjem na osnovu rasipanja debljine

XVII

P. Vogrič

Uporaba kibernetičkih modelov za fleksibilno avtomati-
zaciju preoblikovanja

XVIII

V. Marinković

Uticaj hladnog istiskivanja na mehaničke karakteristi-
ke jednog domaćeg čelika

XIX

D. Vukićević

Promene gustine bakra sa dodatkom Al_2O_3 pri presovanju
različitim pritiscima presovanja

xx

N. V. Račić

Prilog primjeni površinske obrade deformisanjem

xxi

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Vujović V.*

STANJE I PERSPEKTIVE RAZVOJA OBRADE DEFORMISANJEM

1. Uvod

Obrada metalnih materijala obuhvata širok spektar tehnoloških metoda zasnovanih na velikom broju naučnih disciplina. Značajan deo ove obrade zasniva se na metodama obrade plastičnim deformisanjem. Za razliku od metoda obrade skidanjem strugotine, koje se pretežno koriste u proizvodnji metalnih delova, obrada deformisanjem zastupljena je u velikoj meri u proizvodnji polufabrikata (limovi, trake, šipkasti materijal punog i šupljeg preseka i raznih profila) i u proizvodnji metalnih delova. Značajno je i uvek aktuelno identificovanje stanja rasprostranjenosti primene obrade deformisanjem u području obrade metalnih materijala i moguće sagledavanje osnovnih tendencija razvojnih pravaca.

Permanentan je trend proširivanja primene metoda obrade metala bez skidanja strugotine u čijoj sferi veoma značajno mesto priпадa obradi deformisanjem u odnosu na metode obrade skidanjem strugotine. Međutim, značajno preispitivanje ekonomske uslovljenonosti primene pojedinih metoda obrade usledilo je posle energetske krize započete 1974. god. Ova kriza uslovila je značajno ubrzavanje razvoja primene metoda obrade deformisanjem. U pitanju su intenzivna istraživanja u nekoliko osnovnih pravaca:

- proširenje primene OD na legirane čelične materijale (posebno hladnim deformisanjem),
- korišćenje OD za oblikovanje teško obradivih legura čiju su primenu uslovile razvoj tehnike nuklearnih reaktora, vavionskih letelica, vazduhoplovne i raketne tehnike,
- zamena toplog deformisanja hladnim,
- proširenje primene hladne deformacije na obradu delova složenijeg geometrijskog oblika i većih dimenzija,

*Dr Vlado Vujović, vanredni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu

**Saopštenje iz Instituta za proizvodno mašinstvo-Novi Sad, Veljka Vlahovića br. 3.

- uvodjenje u primenu postupaka polutopla deformacije,
- izoternsko deformisanje.

Uopšte, može se zaključiti da je u pitanju frontalno proširivanje primene metoda obrade deformisanjem.

Takvo snažno širenje te primene omogućeno je značajnim dostignućima u istraživanjima na dva osnovna pravca:

- izučavanje teorije plastičnog deformisanja i
 - izučavanje ponašanja materijala u različitim uslovima obrade.
- Na bazi veoma širokog i intenzivnog istraživanja u istraživačkim laboratorijama širom sveta, došlo se do kvalitetno novih saznanja o mogućnostima primene obrade deformisanjem u industrijskoj proizvodnji. Ta saznanja se odnose na razvoj sasvim novih tehnologija obrade deformisanjem. Ovde u prvom redu spadaju:*
- hidrostatičko deformisanje,
 - visokobrzinsko deformisanje i
 - superplastično deformisanje.

Osim toga razvijeni su sasvim novi pravci razmišljanja i istraživanja. To se odnosi na područje obradivosti materijala deformisanjem. Razvoj ovog područja uslovio je posebno problematsko razmatranje u obradi lima i posebno u obradi zapreminskim deformisanjem.

Saznanja o uticaju devijatora tensora napona na početak plastičnog deformisanja i uticaju hidrostatičkog pritiska na stvaranje i razvoj pukotina u materijalu dala su neprocenjiv doprinos mehaničke plastičnog deformisanja razvoju primene OD. Isto tako dublje izučavanje strukturnih karakteristika metalnih materijala u odnosu na plastično deformisanje omogućilo je stvaranje osnova za razvoj novih metoda obrade deformisanjem i adekvatnog konstruisanja obradnog sistema za stvaranje odgovarajućih uslova obrade.

U ovom radu čini se pokušaj da se na ograničenom prostoru ukaze na stanje i tendencije razvoja obrade deformisanjem u svetu i u nas. Osnov za ovaj prilog su radovi objavljeni u nizu svetskih časopisa, koji su bili autoru dostupni i po njegovom izboru. Bibliografski podaci u prilogu se odnose na radove objavljene u 1966, 1967 i 1978. godini. Osnovni akcent je dat radovima iz 1978. godine. Popis odabranih objavljenih radova na svoj način ukazuje na područja istraživanja u oblasti obrade deformisanjem. Rad je sistematizovan prema sledećem:

1. *Uvod*
2. *Naučno-tehnička i ekonomска основаност савременог интензивног развоја примење обраде материјала деформисањем.*
3. *Zapreminsко деформисање*
 - 3.1. *Toplo кованje у калупу*
 - 3.2. *Hladno истискивање*
 - 3.3. *Обликовање назубљених елемената*
4. *Обрада лима*
 - 4.1. *Obradivost lima*
 - 4.2. *Duboko izvlaчење*
 - 4.3. *Rotaciono tiskanje*
 - 4.4. *Obrada razdvajanjem*
5. *Hidroстатичко обликовање*
6. *Visokobrzinsko обликовање*
7. *Super пластично деформисање*
8. *Alati*
9. *Машине*
10. *Станje развоја обраде деформисањем у Југославији*
11. *Popis literature*

2. Naučno-tehnička i ekonomска основаност савременог интензивног развоја примење обраде материјала деформисањем

Brojna istraživanja u biloj prošlosti u okviru naučnih disciplina kao što su matematička teorija plastičnosti, primenjena teorija plastičnosti, odnosno, teorija обраде деформисањем, fizika i mehanika metalnih materijala, teorija elastičnosti, nauka о металима, metalurgija i dr., dovele су до dubljih saznanja о природи metalnih materijala, а time и до saznanja о могуćim uticajima на metalne materijale u cilju trajне промене облика plastičnim deformisanjem.

U ovom radu moguće je ukazati само на неке значајне чинioce u istraživanjima, čija je posledica nagli razvoj primene обраде деформисањем.

Cilj обраде деформисањем састојао bi se u ostvarenju заhteva da se по жељи менja oblik polaznom материјалу удоволjavajući заhteve геометријске тачности и квалитета обрађених површина i то на bilo kom metalnom материјalu.

Mogućnost promene oblika plastičnim deformisanjem iskazuje se obradivošću materijala. Maksimalna mogućnost promene oblika, predstavlja najveću deformaciju pre nastajanja pukotina u materijalu. Pojava prvih pukotina označava granicu obradivosti određenog materijala. Veličina efektivne deformacije pri tome označava graničnu deformaciju. Prema tome obradivost materijala predstavlja najveću deformaciju bez nastajanja pukotina.

Kvalitativno se može postaviti funkcija obradivosti plastičnim deformisanjem u sledećem implicitnom obliku:

$$F = F(H_M, S_M, T, \phi, \dot{\phi}, T_\sigma) \quad (1)$$

pri čemu se faktori od kojih zavisi obradivost mogu svrstati u dve grupe: hemijski sastav materijala - H_M i strukturno stanje - S_M su činioci materijala, a T - temperatura obrade, ϕ - veličina ostvarene logaritamske deformacije, $\dot{\phi}$ - brzina deformacije i T_σ - tenzor napona su činioci uslova obrade.

Svi činioci izraza (1) su sastavni elementi obradnog sistema, koji kao što je poznato obuhvata: materijal, proces obrade, alat i mašinu. Uticajem na obradni sistem, moguće je menjanje činilaca obradivosti, pa prema tome i same obradivosti.

Suptilna i veoma opsežna istraživanja uticaja činilaca u izrazu (1) na funkciju obradivosti kako pojedinačno tako i u interakciji, dovele su do saznanja o izuzetno velikim mogućnostima primene obrade deformisanjem kao i do sagledavanja neslučenih mogućnosti u budućem razvoju.

U ovom radu se ne može ulaziti u analize karaktera i obima uticaja činilaca iz izraza (1), već će se dati samo neke značajne napomenе u odnosu na uticaj tenzora napona.

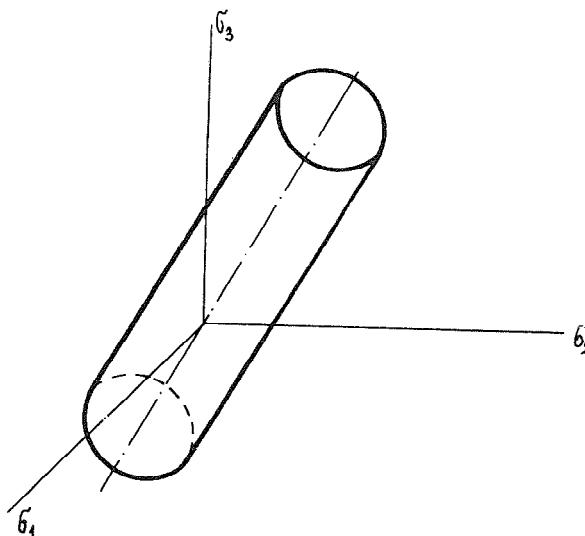
Razlaganje tenzora napona prema:

$$T_\sigma = D_\sigma + T_1 \sigma_{sr} \quad (2)$$

na devijatorski deo - D_σ i sverni deo - $T_1 \sigma_{sr}$ i posebno izučavanje uticaja svakog dela tenzora napona, dovele je do fundamentalno važnih saznanja:

- o uslovima početka plastičnog tečenja i
- o granici obradivosti deformisanjem.

Ovde je reč o naponskim uslovima, koji se ostvaruju konstrukcijom obradnog sistema.



Sl. 1 - Uslov plastičnog tečenja prikazan u naponskom prostoru

Postoji veoma velik broj mogućnosti za realizovanje naponskog stanja koje osigurava početak plastičnog tečenja. Te mogućnosti se veoma dobro ilustruju geometrijskom interpretacijom kvadratnog uslova plastičnog tečenja u naponskom prostoru. Reč je o uslovima plastičnog tečenja za glavne pravce. Jednačina (3) predstavlja cilindričnu površinu neograničene dužine čija je osa jednako nagnuta u odnosu na sve tri koordinatne ose. Znači da su kosinusi pravaca ose ci-

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_T^2, \quad (3)$$

lindrične površine jednaki i iznose:

$$\alpha_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad \alpha_2 = \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad \alpha_3 = \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Poluprečnik cilindrične površine na osnovu jednačine (3) iznosi:

$$r = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \sigma_T} \quad . \quad (4)$$

Svako naponsko stanje koje definiše neku tačku na cilindričnoj površini predstavlja zadovoljenje uslova početka plastičnog tečenja.

Krugovi na površini cilindra dobijeni presekom ravni koja je normalna na osu cilindra su geometrijsko mesto tačaka, koje određuju granično naponsko stanje za koje je zbir glavnih napona konstantan

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = p\sqrt{3} \quad (5)$$

gde je p - dužina normale (ose cilindra), tj. naponska stanja sa istim svernim tenzorom. Pošto cilindrična površina neograničene dužine ima beskonačno mnogo tačaka, a svaka tačka predstavlja naponsko stanje pri kojem može nastati plastično tečenje to sledi zaključak da je samo s obzirom na naponsko stanje moguće konstruisati bezbroj različitih obradnih sistema koji osiguravaju početak plastičnog tečenja.

Sa praktično-inženjerskog gledišta potrebno je konstruisati takav obradni sistem, koji će ne samo osigurati početak plastičnog tečenja, već i maksimalno moguću plastičnu deformaciju.

Devijator napona je, dakle, međutim, uslovljava početak i razvoj pukotina u materijalu. Brojnim ispitivanjima je dokazano, da što je veći srednji hidrostatički pritisak, pri istom devijatoru napona, to je moguće ostvariti veću plastičnu deformaciju bez pojave pukotina u materijalu.

Iz izложенog proizilazi da je kod određene vrste materijala, temperature obrade i brzine deformisanja, moguće mehanički, konstrukcijom obradnog sistema, po volji uticati na veličinu obradivosti materijala. Ako se ovome zaključku dodaju još mogući uticaji na obradivost preko strukture i hemijskog sastava materijala, temperature obrade pa i brzina deformisanja, postaju jasnije svestrane i mnogobrojne mogućnosti razvoja obrade deformisanjem. Ovime se istovremeno objašnjavaju razlozi za nastajanje tako velikog broja metoda obrade deformisanjem, čije će se stvaranje nastaviti u budućnosti.

Dakle, može se zaključiti, da su potencijalne mogućnosti primene obrade deformisanjem veoma široke i raznovrsne. Međutim, korišćenje tih mogućnosti uslovljeno je nizom drugih tehničkih, ekonomskih pa i organizacionih činilaca.

Veoma intenzivan razvoj eksperimentalno-analitičkih metoda istraživanja naponskog i deformacionog stanja omogućava razvoj prime-ne obrade deformisanjem i stvaranje novih metoda obrade. Savremeni razvoj obrade deformisanjem uslovljava konkretno određivanje komponentalnih napona i deformacija za svaki element zapremine zone deformisanja i u svakom trenutku vremena u toku izvodjenja procesa.

Ovakva nužnost je uslovljena činjenicom da su kritična mesta gde nastaju prve pukotine uvek lokalnog karaktera, a nastojanje i razvoj pukotina upravo zavisi od veličine i predznaka komponenata napona i deformacija. Do današnjih dana teorija obrade deformisanjem posebno mehanika plastičnog deformisanja još nije dala odgovore na ova veoma složena pitanja. Nedostatak teoretskih rešenja upravo ublažavaju analitičko-eksperimentalne metode istraživanja, koje često daju odgovore na ova pitanja sa dovoljnom tačnošću. Iz ovoga proizilazi da će se u budućnosti mehanika plastičnog deformisanja transformisati kako u teoretskom tako i u eksperimentalnom delu u samostalnu naučnu disciplinu koja će rešavati kako teoretske, tako i praktične probleme obrade deformisanjem [7].

U oblasti primenjene teorije plastičnosti postavljaju se problemi određivanja razumnih granica primene svakog metoda obrade. Kriterijum za primenu teoretskih metoda jeste svakako eksperimentalna potvrda dobijenih rezultata kao i jednostavnost primene. Dalji razvoj teorije obrade deformisanjem verovatno će ići u pravcu daljeg usavršavanja analitičkih, eksperimentalnih i naročito kombinovanih, eksperimentalno-analitičkih metoda istraživanja naponsko-deformacionog stanja.

Matematičke metode rešavanja problema zapreminskog naponsko-deformacionog stanja se zasnivaju na korišćenju matematičkih modela materijala kao neprekidne, homogene i izotropne sredine, koja poseduje idealna kruto-plastična svojstva. Uvek treba imati u vidu da takav model materijala samo približno izražava fizička svojstva materijala, a ne uzima u obzir osnovne faktore plastične deformacije kao što su strukturalna i temperaturna neravnomernost, deformaciono ojačavanje i rekristalizacija. Posložnjavanje matematičkog aparata u cilju dobijanja matematički tačnijih rezultata su neopravdana, pošto matematički tačna rešenja sadrže sve pretpostavke matematičkog modela deformišuće sredine. Radi toga je sasvim prirodno da u novije vreme veliku pažnju istraživača privlači problem nehomogenosti materijala.

Obrada plastičnim deformisanjem zbog pojave deformacionog ojačavanja poboljšava svojstva obradjenog materijala. Zbog ovoga postoji značajan praktični interes izučavanje mogućnosti upravljanja procesom tečenja metala u cilju dobijanja zadane strukture i osobina gotovog dela. U tom pogledu poseban značaj imaju sile kontaktnog tre-

nja. Regulisanjem intenziteta sila trenja na razlicitim delovima kontaktne površine može se u nekim slučajevima optimalno uticati na tečenje metala u cilju dobijanja željene promene oblika.

Potencijalne mogućnosti razvoja primene obrade deformisanjem su velike. Međutim, u kojoj meri se one koriste i u kojoj meri će se u budužnosti koristiti zavisi od više faktora. Tu spadaju u prvom redu tehničko-proizvodna uslovljenost i ekonomska nužnost primene ovih metoda kao i nivo saznanja o dostignućima nauke i tehnike u ovom području i efikasne organizovanosti novih istraživanja. Ti faktori su različiti u raznim zemljama i neprekidno se menjaju.

U Sovjetskom Savezu [6], [7], [8], [41] postoji, reklo bi se, nacionalna kampanja širokih razmera za uvodjenje i proširivanje primene metoda obrade deformisanjem. Postoji niz naučnoistraživačkih instituta, usko specijalizovanih za pojedine oblasti obrade deformisanjem. Međutim, pored toga su osnovani savezni stručni saveti zaduženi za pojedine aktuelne oblasti obrade deformisanjem. Na čelu tih saveta nalaze se najistaknutiji stručnjaci za tu oblast. Za područje obrade deformisanjem ustanovljeno je u 1978. god. ukupno 14 saveznih saveta za problematska područja prema sledećem:

1. Plastičnost i obradivost materijala,
2. Obradivost lima,
3. Superplastičnost,
4. Kovanje krupnih otkovaka,
5. Optimizacija i automatizacija slobodnog kovanja,
6. Usavršavanje opreme za visoko-brzinsko oblikovanje,
7. Visoko-brzinsko oblikovanje,
8. Izotermsko oblikovanje,
9. Hladno zapreminske oblikovanje,
10. Plastično deformisanje metodama lokalnog opterećenja,
11. Oblikovanje lima elastičnom sredinom,
12. Elektrohidraulično VBO,
13. Izrada tehnološke opreme metodama plastičnog deformisanja
14. Optimizacija i automatizacija projektovanja procesa slobodnog kovanja i toplog kovanja.

Takva široka akcija u Sovjetskom Savezu zasniva se na proceni da se u ovoj zemlji godišnje pretvara u strugotinu preko 7 mil.t. čelika a da ukupno u otpadak odlazi godišnje čak 15 mil.tona čelika. Osim toga konstatiše se i činjenica da se u Sovjetskom Savezu 85% ukupne proizvodnje čelika preradijuje metodama obrade deformisanjem. Ovde je uključena i primarna proizvodnja polufabrikata.

U SAD glavna pokretačka poluga istraživanja primene obrade deformisanjem su potrebe armije, vazionska istraživanja i nuklearna tehnika [1], [2].

Poljska, Čehoslovačka i Istočna Nemačka [3], [9], [10], [11], [44] organizuju naučnoistraživačku delatnost u vezi razvoja i primene obrade deformisanjem u specijalizovanim institutima. U ovim zemljama se planira ubrzanje razvoja primene metoda obrade deformisanjem i značajnije povećanje obima proizvodnje opreme za obradu deformisanjem.

Zapadna evropa i Japan koriste naučnoistraživačke institute i razvijene firme za ubrzanje razvoja primene obrade deformisanjem. Interesantni su podaci da šest zapadno evropskih zemalja proizvode dvostruko više opreme za obradu deformisanjem nego SAD [12], [16]. Takodje je interesantan podatak da su Italija i Francuska po proizvodnji opreme za obradu deformisanjem ispred Velike Britanije. U svetu se 1975. god. proizvelo opreme za obradu deformisanjem u vrednosti za cca 1 mrd. dolara, što opet približno predstavlja jednu trećinu vrednosti ukupne opreme (mašina alatki) proizvedene u toj godini za obradu metala.

Niz radova [5], [13], [17], [21], [27], [35], [36], [37], [46] [49] i dr. ukazuju na zaključak da je svako novo osvajanje primene metoda obrade deformisanjem vezano sa značajnim istraživačkim radovima eksperimentalno-analitičkog karaktera. Ovo naročito važi za proširivanje primene hladnog zapreminskog deformisanja. Posebno ilustrativan primer predstavlja osvajanje izrade elemenata valjčastih ležaja hladnom deformacijom u Japanu [35]. Reč je o izradi unutrašnjeg i spoljašnjeg prstena putem hladnog deformisanja. Istraživanja ove problematike obuhvataju niz etapa, počev od izbora optimalnog polaznog materijala, preko određivanja optimalne tehnologije hladnog deformisanja do eksplotacionih ispitivanja ponašanja ležaja od novog materijala sa primenom nove tehnologije. Zaključno se konstatuje da se tehnologija hladnog deformisanja primenjuje uspešno za konusne valjčaste ležaje do prečnika 85 mm. Pri tome je utvrđeno da su ovačko izradjeni ležaji imali znatno poboljšane eksplotacione karakteristike - njihova trajnost veća je za šest puta od ležaja klasično izradjenih metodama skidanja strugotine. Slični primeri postoje u području izrade nazubljenih, ožljebljenih i drugih sličnih delova složenih oblika. Svež primer predstavlja i primena hladne deformacije na izradu niza delova sklopa mehanizma za uključivanje automobilskog startera. Ovakva proizvodnja usvojena je i u našoj zemlji u preduzeću Iskre u Novoj Gorici.

Karakterističan primer predstavlja i izrada tela svećice za motore sa unutrašnjim sagorevanjem putem hladnog zapreminskog deformisanja.

Ekonomска nužnost ofanzivne akcije na proširenju primene obrade deformisanjem sadržana je u mogućnostima smanjenja troškova:

- materijala
- vremena izrade i
- energije

pri izradi metalnih delova.

Još u bliskoj prošlosti materijal u troškovima izrade delova činio je malu stavku, a cena utroška energije nije neposredno ni uzimana u obzir - zanemarivana je kao mala veličina višega reda. Troškovi vremena izrade su uspešno smanjivani automatizacijom mašina za obradu skidanjem strugotine. Na taj način nije postojala ekonomска nužnost intenzivnije zamene obrade skidanjem strugotine sa metodama obrade deformisanjem, mada su cene materijala neprekidno rasle sa vremenom i postepeno aktuelizovale radove na transformaciji tehnologija izrade metalnih delova.

Energetska kriza koja je započela 1974. god. i prevorila se u krizu energije i sirovina uticala je na značajnu promenu strukture troškova izrade metalnih delova. Stavka materijala i stavka energije skokovito su dobile na značaju u kalkulacijama troškova izrade metalnih delova. Prema istraživanjima objavljenim u [38] prosečni odnosi iskorišćenja materijala i utroška energije po kilogramu obradjenih delova za pojedine tehnologije obrade su prema tabeli 1.

Na osnovu podataka iz ove tabele proizilazi nedvosmislen zaključak da je značajno smanjenje utroška materijala i naročito utroš-

Tabela - 1.

Pregled prosečnog iskorišćenja materijala i utroška energije

Tehnološka metoda obrade	Iskorišćenje materijala [%]	Potrebna energija za 1 kg gotovog dela [J]
Hladno istiskivanje	85	48
Polutopla obrada	85	48
Toplo kovanje	75±80	53±56
Obrada rezanjem	40±50	80±100

ka energije moguće širom primenom metoda obrade deformisanjem na račun obrade skidanjem strugotine. Ova problematika je u toj meri dobila na značaju da se u nizu zemalja diže na nivo problema nacionalnih ekonomija uopšte. U budućem periodu cene energije i sirovina mogu samo dalje relativno rasti, čime problematika suptitucije metoda obrade dalje dobija na značaju.

Pored tehničke uslovljenosti primene obrade deformisanjem koja u nizu slučajeva predstavlja teško obradive materijale, kao i u slučajevima uslovljenim funkcijom i obikom dela, navedeni ekonomski razlozi su osnova široke ofanzive u svetu na ekspanziji primene metoda obrade deformisanjem.

Iskorišćenje potencijalnih mogućnosti obrade deformisanjem za više pored ostalog i od nivoa saznanja šire tehničke inteligencije o tim mogućnostima. Ovo se u prvom redu odnosi na sve konstruktore mašina, uredjaja i aparata. Na nivou konstruisanja kroz stvaranje tehnoloških oblika moguće je dostići maksimume u sniženju troškova proizvodnje.

Dakle, supstitucija tehnologija uz tehnološko konstruisanje obećavaju neslučene mogućnosti u smanjenju troškova proizvodnje mašinogradnje i metalopreradjičke industrije.

3. Zapreminsko deformisanje

U svetu je uobičajena podela obrade deformisanjem na dva veoma široka područja:

- Obrada zapreminskim deformisanjem i
- Obrada lima.

Ne ulazeći dublje u obrazlaganje ove podele konstatuje se da većina autora pod zapreminskim deformisanjem podrazumeva obradu pri kojoj se menja i poprečni presek polaznog materijala, a pod obradom lima podrazumeva procese obrade pri kojima se bitno ne menja poprečni presek polaznog materijala.

Ovdje se daju kraće napomene o radovima iz područja zapreminskog deformisanja svrstanog u nekoliko tipičnih oblasti:

- Toplo kovanje
- Hladno istiskivanje
- Hladno oblikovanje zupčastih ožljebljenih i drugih služenih elemenata.

Postoji još niz karakterističnih područja u oblasti zapreminskega deformisanja kao što su: oblikovanje sinterovanih pripremaka, polutopla obrada, izotermsko oblikovanje, valjanje, vučenje žice, obrada obojenih metala i legura, međutim radovi iz ovih oblasti će se donekle obuhvatiti u okviru navedene tri tipične oblasti.

3.1. Toplo kovanje

S obzirom na temperaturu oblasti obrade deformiranjem može biti podeljena na sledeća područja:

- Toplo oblikovanje, pri kome se proces plastičnog deformisanja izvodi iznad temperature rekristalizacije,
- Hladno oblikovanje, pri kome se proces plastičnog deformisanja izvodi ispod temperature rekristalizacije i pripremci se ne zagrevaju,
- Polutoplo oblikovanje, pri kome se za čelične materijale proces plastičnog deformisanja izvodi u temperaturnom području 773 do 973 °K,
- Izotermsko oblikovanje, pri kome se u zoni deformisanja temperatura održava konstantnom u toku izvodjenja plastičnog deformisanja.

Klasično kovanje je topla obrada i obuhvata slobodno kovanje i kovanje u kalupu. Ono je vezano za nekoliko ključnih nedostataka.

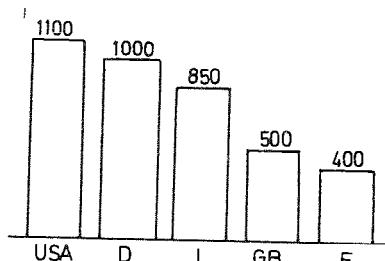
- Tačnost izrade dimenzija i kvalitet obradjenih površina su niski, zbog čega je posle toplog kovanja po pravilu neophodna obrada svih funkcionalnih površina i površina koje uslovjavaju propisana tačnost dimenzija.

- Utrošak materijala je veliki, gubitak materijala pri kovanju u kalupu iznosi do 30%.

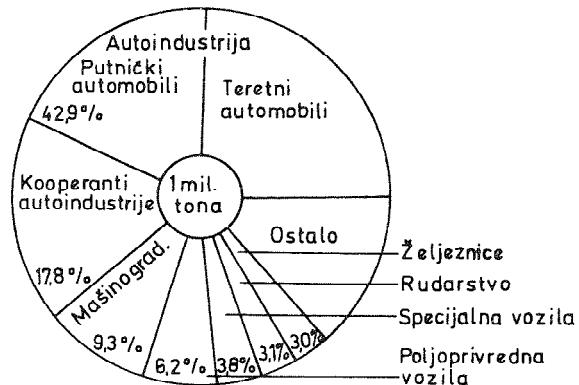
- Utrošak energije je veliki i
- radni uslovi su nepovoljni.

Zbog navedenih nedostataka, razvoj konkurenčkih područja obrade zaustavlja širenje kovanja u kalupu [50], [52], [54], [56], [57], [62] [65], [67], [70]. Konkurenčka područja su livenje, sinterovanje, hladno deformisanje. U Engleskoj i Zapadnoj Nemačkoj se konstatiše [57], [62] da je počev od 1970. god. zaustavljen porast proizvodnje otkovaka. Prema [14] proizvodnja čeličnih otkovaka u 1976. god. u najrazvijenijim zemljama sveta iznosila je prema sl. 2. A potrošnja

otkovaka u Zapadnoj Nemačkoj u istoj godini je prema sl. 3.



Sl.2 - Proizvodnja čeličnih
otkovaka [14]



Sl.3 - Podela zapadno Nemačke proizvodnje
otkovaka po nameni u 1976.god. [14]

Brojni radovi ukazuju na moguća usavršavanja kovačke industrije u cilju izvesnog pariranja razvoju konkurenčkih oblasti.

Sužavanjem tolerancija i povećanjem kvaliteta obrade [50], [56] [62], [65] omogućava se smanjenje naknadne obrade. Usavršavanjem zagrevanja i naročito prelaskom na indukciono zagrevanje pripremaka [52], [53], [67] utiče se na smanjenje utroška energije i stvaraju se povoljniji uslovi za automatizaciju procesa kovanja. Prelazak od kovanja sa vencem na kovanje u zatvorenom kalupu [59], [71], [72], [75] omogućava povećanje tačnosti izrade i naročito smanjenje utroška materijala. Automatizacijom proizvodnje otkovaka [60], [61], [74] isključuje se neposredno prisustvo radnika i time donekle rešava problem loših radnih uslova.

Ipak, i pored svih mera usavršavanja klasične proizvodnje otkovaka u neposrednoj budućnosti predviđaju se i neke sasvim nove tehnologije koje će u određenoj meri zameniti klasičnu proizvodnju otkovaka. Ovdje se ukazuje samo na neke pravce mogućeg razvoja ovih tehnologija.

1. Kovanje sinterovanih pripremaka

Klasični postupak sinterovanja sastoji se iz presovanja oblika, sinterovanja i kalibrisanja. U cilju proširenja primene sinterovanih delova navedenom procesu se dodaje još toplo ili hladno kovanje u kalupu, odnosno hladno istiskivanje [114], [115], [116], [117], [118] [120].

Na ovaj način se procesu sinterovanja čestica metalnog praha u toku deformisanja dodaje još i proces zavarivanja tih čestica i tako se dobija znatno homogeniji materijal sa poholjšanim mehaničkim svojstvima. Razvoj ovoga procesa ide relativno sporije zbog zastoja u rešavanju nekih problema vezanih za proizvodnju metalnog praha, pre svega u odnosu na njegovu cenu. Međutim, metalni prah kao polufabrikat ima niz prednosti u odnosu na šipkasti materijal. Njegova šira primena bi omogućila znatno smanjenje zaliha poluproizvoda, jer je dovoljno imati samo odredjene vrste praha a geometrijske razlike ovde ne postoje kao što je to slučaj kod šipkastog materijala.

2. Objedinjavanje procesa livenja i kovanja u kontinualni proces uz isključivanje procesa valjanja

Postoji više predloga za realizovanje ove ideje. Ovde se skreće pažnja na tz. "Osprey" postupak [32], [66], koji se šematski prikazuje na sl. 4.

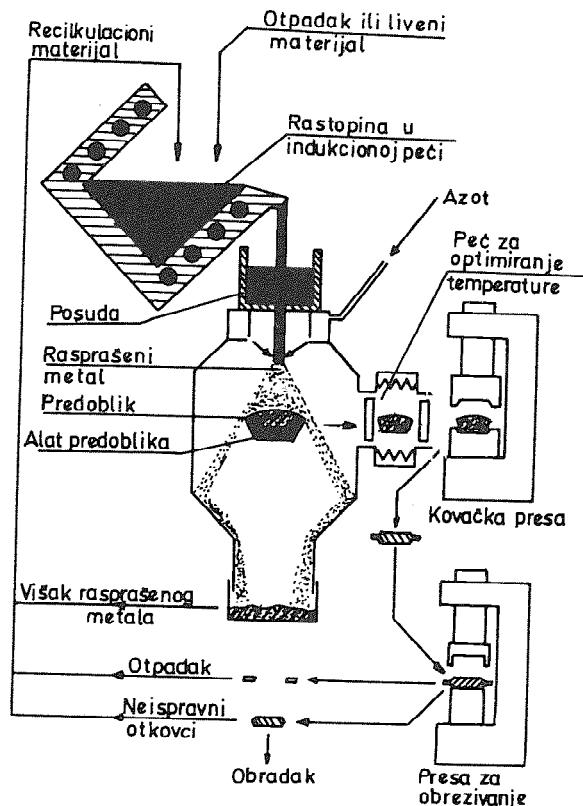
U "Osprey" - procesu, koga je razvila engleska firma Osprey Metals Ltd u saradnji sa firmom BOC Ltd, osnovu čine tri faze: atomiziranje (rasprašivanje) tečnog metala, ulaganje rasprašenog metala u kalup prethodnog oblika i zatim toplo oblikovanje. Rasprašivanje se najčešće vrši azotom, a ponekad i argonom. Celo postrojenje sadrži tri osnovne jedinice:

- jedinica za topljenje
- jedinica za rasprašivanje i formiranje prethodnog oblika i
- jedinica za kovanje

Jedinica za topljenje i kovačka jedinica predstavljaju konvencionalnu opremu. Novu opremu predstavlja rasprašivanje i predoblikovanje.

Osprey postupak se karakteriše sledećim prednostima:

- Omogućava direktno prevodjenje rastopljenog metala u otkovak pri čemu se u odnosu na konvencionalno kovanje mnoge operacije izostavljaju,
- polazni materijal procesa je rastopljeni metal, koji je relativno jevtiniji u odnosu na šipkaste polufabrikate ili metalni prah za postupke sinterovanja,
- pošto se za konačno kovanje koristi prethodni oblik može se izvesti uz malo tečenja metala u alatu pomoći jednog udarca,



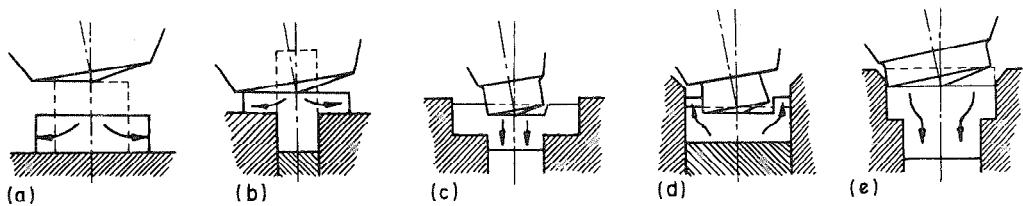
Sl.4 - Šematski prikaz Osprey - procesa prema [66]

a to omogućava povećanje produktivnosti postojeće kovačke opreme i korišćenje jednostavnijih i jeftinijih alata. Istovremeno se povećava postojanost alata i trajnost opreme, jer se oblikovanje vrši pomoću samo jednog udarca,
- uopšte proces je pogodan za takve materijale koji se teško i skupo obradjuju postojećim metodama obrade.

U radu [66] na osnovu istraživanja pomoću opitne jedinice daju se detaljni podaci o strukturnim karakteristikama i mehaničkim osobinama delova kovanih po osprey - postupku. Delovi su radjeni iz niskolegiranih čelika, nerdjajućih i alatnih čelika kao i iz legura na bazi nikla i kobalta.

3. Orbitalno oblikovanje

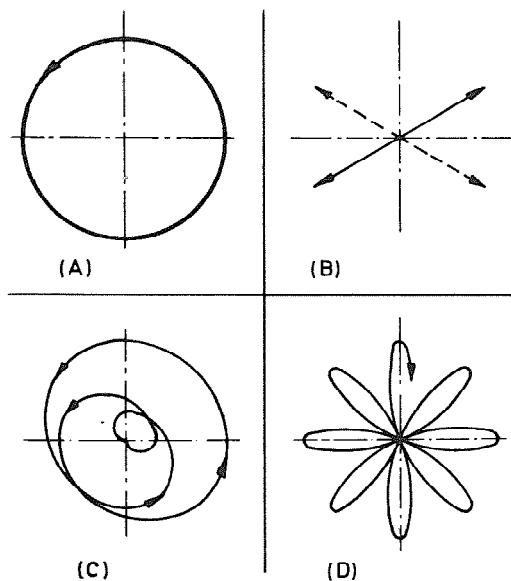
Ovo oblikovanje može biti primenjeno za hladno i toplo kovanje. Na slikama 5 do 8 daju se karakteristike ovog procesa [54]. Na sl. 5. šematski je prikazano nekoliko operacija orbitalnog kovanja.



Sl. 5 - Šematski prikaz operacija orbitalnog kovanja

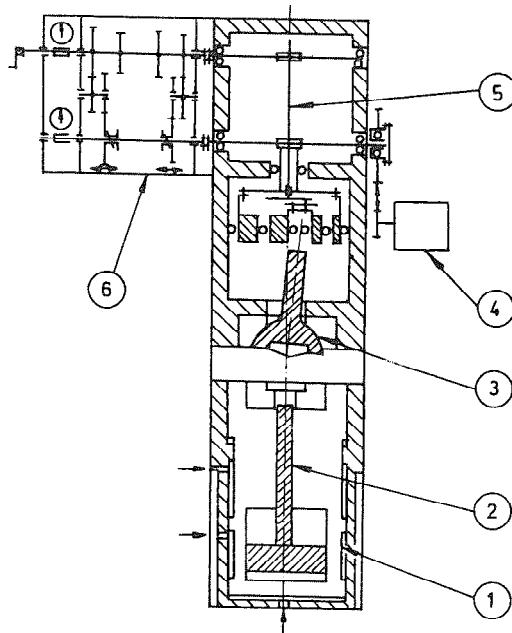
- a) Sabijanje, b) sabijanje u kalupu
- c) Kombinovano istiskivanje
- d) Protusmererno istiskivanje
- e) Istosmerno istiskivanje

Na sl. 6. se prikazuju moguća rešenja kretanja alata.



Sl. 6 - Moguće putanje alata orbitalnog kovanja [54]

Na slici 7. dat je šematski prikaz mehanizma mašine za orbitalno kovanje.



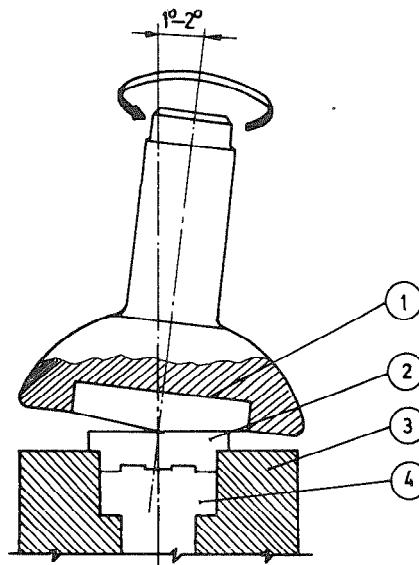
S1.7 - Šematski prikaz mehanizma mašine za orbitalno kovanje | 54 |

1. Noseća struktura
2. Izbacivač
3. Nosač gornjeg dela alata
4. Elektro motor
5. Prenosnik
6. Menjačka kutija

Na slici 8. prikazana je glava sa alatom za orbitalno kovanje где су оznake 1 - gornji deo alata, 2 - obradak, 3 - donji deo alata i 4 - izbacivač.

Kod konvencionalnog procesa kovanja početna sila je niža, a zatim raste sa povećanjem kontaktne površine. Na kraju ciklusa nastaju vrlo velika opterećenja prese, pošto otkovak postaje tanji, a kontaktna površina maksimalna.

Orbitalno kovanje uslovljava znatno manju silu nego konvencionalno kovanje. Veličina kontaktne površine izmedju gornjeg dela alata i otkovka se redukuje za 70%. Ovo se ostvaruje nagibom osovine gornjeg dela alata za 1° do 2° i zatim rotiranjem alata oko osovine čime se ostvaruje deformisanje cele površine, odnosno zapremine.



Sl. 8 - Glava sa alatom za orbitalno kovanje | 54 |

zbog nagiba osovine i rotacije gornjeg alata oko nje, deformaciona sила se može redukovati za 90%. Naročito veliki interes za uvođenje u primenu orbitalnog kovanja postoji u Sjedinjenim Američkim Državama. Orbitalno kovanje razvila je firma VSI Automation Inc., Michigan SAD. Ova firma u kooperaciji sa Poljskom, gde je Politehnički institut u Varšavi takođe uspešno razvio opremu za orbitalno kovanje, snabdeva Američko tržište opremom za orbitalno kovanje. Osnovne prednosti ovog postupka su:

- ne proizvodi se buka
- minimalno trošenje alata
- znatno manje investicije u opremu.

Međutim, ovaj postupak ima i svoje nedostatke kao što su znatno duže trajanje operacije i komplikovaniji mehanizam mašina.

Polutopla obrada [94], [121], [122], [123], se izvodi za čelične materijale na temperaturama 773 do 973 °K u cilju korišćenja nekih prednosti tople obrade (manja deformaciona sила) i nekih prednosti hladne obrade (ne stvara se veliko oksidisanje materijala i postižu se relativno veće tačnosti dimenzija oblikovanih delova u odnosu na toplo oblikovanje). U ovim procesima još nisu na zadovoljavajući način rešeni problemi izbora materijala za alate ni problemi podmazivanja.

Izotermsko oblikovanje metala [124], [125] osigurava konstantnu temperaturu u zoni deformisanja. Konstantna temperatura uz određenu brzinu deformisanja i propisanu strukturu materijala stvara uslove za vrlo povoljnu obradivost teško obradivih materijala. Izotermsko oblikovanje je prelazna etapa ka superplastičnom oblikovanju.

3.2. Hladno istiskivanje

Hladno istiskivanje metalnih materijala je prema mišljenju više istaknutih istraživača na ovom području najtipičniji proces hladnog zapreminskog deformisanja. Tri osnovna vida ovog procesa: Istosmerno, protusmerno i radikalno istiskivanje, njihove kombinacije i uz korišćenje elemenata procesa sabijanja omogućavaju dobijanje veoma širokog spektra različitih geometrijskih oblika delova. Proces hladnog istiskivanja privlači pažnju velikog broja istraživača. On je veoma razgranat u primeni. Nešto dužu tradiciju ima istiskivanje obojenih metala i njihovih legura nego čeličnih materijala. Veoma mnogo se koristi ovaj proces za dobijanje šipkastog materijala širokog assortimana različitih poprečnih preseka, uključivo i razne vrste cevi iz obojenih metala [17], [76], [96], [100]. Istovremeno se uspešno koristi i u izradi čeličnih delova vrlo različitog geometrijskog oblika i dimenzija.

Suštinski razlog intenzivnog razvoja primene procesa hladnog istiskivanja leži u koncepciji obradnog sistema, koji osigurava veoma povoljno naponsko stanje u zoni deformisanja s obzirom na obradivost metalnih materijala.

U procesima zapreminskog deformisanja maksimalna obradivost materijala se obično iskazuje veličinom efektivne deformacije pri nastajanju prvih pukotina u zavisnosti od pokazatelja napona:

$$\phi_{e\max} = \phi_{e\max} \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_e} \right) \quad (6)$$

gde su:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (7)$$

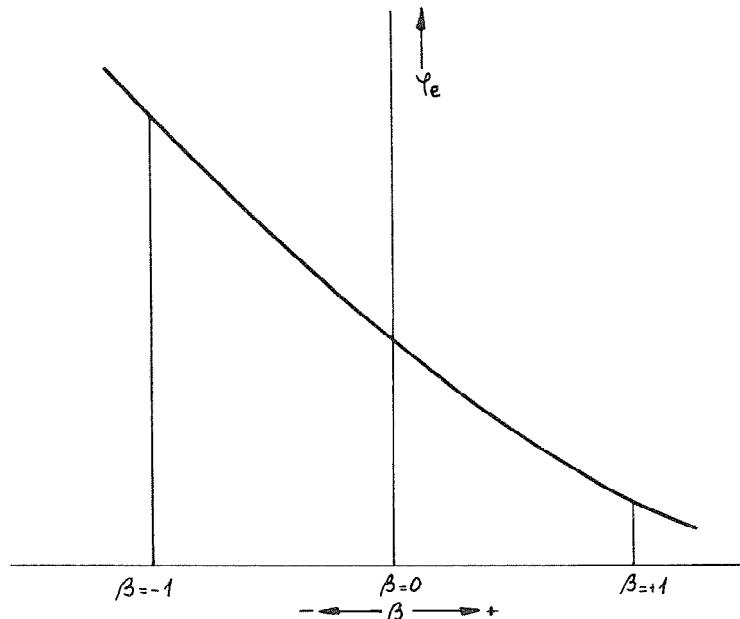
$$\phi_e = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{2} [(\phi_1 - \phi_2)^2 + (\phi_2 - \phi_3)^2 + (\phi_3 - \phi_1)^2]} \quad (8)$$

i predstavljaju u osnovi invarijantne veličine devijatora napona, odnosno, devijatora deformacije. Uobičajeno je da se odnos:

$$\beta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_e} \quad (9)$$

naziva pokazateljem napona.

Karakter zavisnosti granične obradivosti od pokazatelja napona daje se na sl. 9.



Sl. 9 - Karakter zavisnosti obradivosti od pokazatelja napona.

Pokazatelj napona za slučaj osnog istezanja iznosi +1, a za slučaj osnog sabijanja -1. Za ugljenične čelike veličina granične obradivosti se menja za približno deset puta. Dakle, proces slobodnog sabijanja zbog povoljnog naponskog stanja omogućava deset puta veću deformaciju na istom materijalu od procesa istezanja. Pokazatelj napona za procese hladnog istiskivanja je znatno manji od (-1), radi čega se ostvaruje dovoljno velika obradivost materijala, koja je za praktičnu obradu čeličnih i drugih metalnih materijala ekonomski veoma interesantna. To je suštinska osnova veoma intenzivnog

razvoja primene hladnog istiskivanja u neposrednoj prošlosti. Istovremeno predviđa se i u budućnosti nastavljanje takvog trenđa razvoja. U tome je razlog da ovo područje neprekidno privlači pažnju velikog broja istraživača širom sveta, koji ovom procesu poklanjaju pažnju sa različitim aspekata sa osnovnim ciljem: doprinos daljem razvoju primene. Veći broj radova posvećen je problemima obradivosti materijala pri zapreminskom deformisanju [42], [47], [48], [49], [50], [81], [82], [83], [85], [88], [89], [90], [91], [129] i [134]. U tim radovima se daje ili načelan doprinos razvoju teorije obradivosti zapreminskim deformisanjem ili se konkretno za određeni materijal određuju parametri obradivosti uključivo i deformacioni otpor materijala.

Značajan broj radova odnosi se na optimalno konstruisanje i izradu alata za hladno istiskivanje, o čemu će u delu o alatima biti govora. Nekoliko radova [80], [95], [100], [102], [104], [105] bavi se daljom razradom teorije tečenja metala u zoni deformisanja i stvaranjem osnova za preciznije izračunavanje parametara procesa. Radovi [29], [35], [37][38], [46], [106], [107], [110], [111], [112] i [128] razmatraju različite aspekte mogućnosti primene hladnog istiskivanja u izradi gotovih metalnih delova kroz konkretne primere geometrijskih oblika i materijala. Iz ovih radova se zaključuje da je u pitanju neprekidan tok transformacije primenjenih tehnologija u izradi metalnih delova. Reč je o zameni obrade skidanjem strugotine, kao i o zameni toplog oblikovanja hladnim istiskivanjem. Limitirajući faktori prime ne ovog procesa još uvek se odnose na potrebu dovoljne obradivosti materijala i određena ograničenja apsolutne veličine dimenzija delova. Problemima kontaktnog trenja i podmazivanja kontaktnih površina takodje je posvećeno nekoliko radova [27], [97], [103]. Od uspešnosti rešavanja problema razdvajanja kontaktnih površina obratka i alata, često zavisi mogućnost primene ovog načina obrade.

3.3. Hladno oblikovanje navoja, žljebova i ozubljenja

Delovi koji svojom funkcijom uslovljavaju oblikovanje navoja, žljebova i ozubljenja čine veoma složene oblike za obradu skidanjem strugotine. Po pravilu površine navoja, žljebova i zupčastih oblika su noseće površine od kojih se pored geometrijskog oblika zahteva i

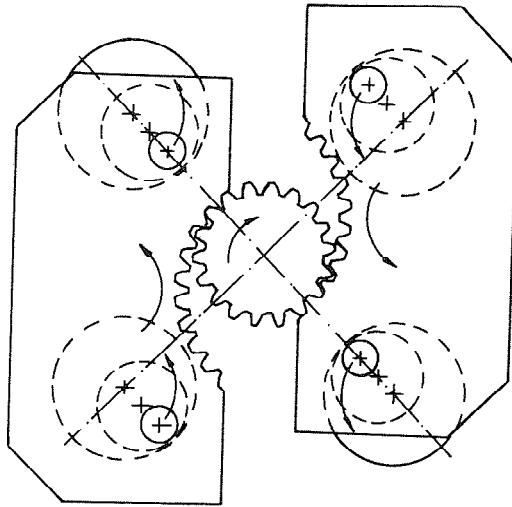
odredjena izdržljivost u pogledu nosivosti, odnosno trajnost oblike u toku određenog vremena funkcionisanja, što se može postići odgovarajućom strukturon materijala i kvalitetom obradjene površine. Još u nedavnoj prošlosti su navozi, žljebovi i ozubljenja isključivo obradživani metodama skidanja strugotine. Te obrade su veoma skupe, jer uslovljavaju složenu opremu, dugotrajan proces i složene alate. Zamena ovih tehnologija prvo je izvršena u većem delu izrade navoja. Danas je pravilo da se navozi izraduju određenim metodama valjanja. Međutim, veoma se ozbiljno zahvata i promena tehnologije izrade ožljebljenih i zupčastih oblika u nizu slučajeva, gde se obrada skidanjem strugotine zamenjuju hladnom deformacijom.

U ovom području se najviše koristi proces hladnog valjanja, a često se koristi i proces hladnog istiskivanja.

Nekoliko radova sadrži razmatranje problematike izrade zupčanika i ožljebljenja. U radu |108| daje se proces izrade zupčanika ($m=2,5$ mm i $z=9$ zuba) za starter automobila "Volga". Za izradu zupčanika primenjena je tehnologija hladnog istiskivanja. U američkom koncernu Ford osvojena je proizvodnja zupčanika sa kosim zubima za planetarne prenosnike. I u ovom slučaju se primenjuje obrada hladnim istiskivanjem.

U Poljskoj su postignuti značajni uspesi u razvoju opreme za obradu hladnim oblikovanjem putem valjanja |126|, |127|. Izrada žleba na spiralnim burgijama vrši se kosim valjanjem, a valjanje evolventnog ozubljenja ostvaruje se profilnim valjanjem |126|, |130| koje se izvodi prema šemi na sl. 10. pomoću specijalno konstruisane glave u kojoj se ostvaruju odgovarajuća relativna pomeranja alata i obratka. U radu |129| detaljno se analizira problematika obradivosti materijala pri izradi raznih vrsta zupčanika hladnim deformisanjem. Obradnim sistemom mora se osigurati da ne nastanu pukotine na površini ozubljenja, što može da se desi pri hladnom deformisanju ukoliko se prekorači granica obradivosti materijala. U analizi se koristi analogija sa određivanjem obradivosti lima pomoću razmatranja dve glavne deformacije. U procesu formiranja zuba razmatraju se dva glavna pravca tečenja metala uglavnom aksijalni i tangencijalni. Zaključuje se da površinske pukotine limitiraju izradu zupčanika samo ako su iz teško obradivih materijala.

Treba očekivati intenzivan razvoj primene određenih vrsta valjanja (profilno i dr.) u oblikovanju složenih geometrijskih oblika ozubljenja i žljebova hladnim deformisanjem. Takav razvoj uslovija-



Sl. 10 - Šematski prikaz principa oblikovanja evolventnog ozubljenja [130]

vaju znatno niži troškovi proizvodnje s jedne strane i s druge strane poboljšavanje tehničko-eksploatacionalih karakteristika izradjenih delova zbog povoljnog toka vlakana, a često se efekti deformacionog ojačavanja mogu iskoristiti u cilju isključenja termičke obrade.

4. Obrada lima

Stanje razvoja obrade lima je predmet razmatranja nekoliko radova [8], [13], [21], [91], [144], [160], [186] i karakteriše se visokim kvalitetom materijala i poluproizvoda, razvojem novih materijala, produktivnim i raznovrsnim postupcima obrade, koji se primenjuju odvojeno ili u kombinacijama, zahvaljujući visoko razvijenim mašinama i alatima. Numeričko upravljanje povećava fleksibilnost i proširuje područje ekonomične primene tehnologije obrade lima. Značajno su povećana saznanja u ovoj oblasti kao rezultat mnogostruktih usmernih istraživanja. Pod pojmom lima se podrazumeva pločasti metalni materijal debljine u granicama od oko 0,2 mm do 150 mm. Lim danas ima ne samo dominirajući udeo u gotovim proizvodima čelika i nečeličnih metala, već je i istovremeno visoko vredni polazni materijal za široka područja preradjivačke industrije. Dok je lim u prvoj deceniji

ovog veka često smatran niže vrednim materijalom, danas je opšte priznato da sa svojim upotrebnim osobinama i osobinama u preradi igra istaknutu ulogu u vrlo širokom assortimanu drugih materijala. Lim se upotrebljava u izradi transportnih sredstava koja se kreću po zemlji, vodi i vazduhu, u gradnji aparata i uredjaja i zatim kao konstrukcioni elementi u mašinogradnji, preciznoj mehanici, u aparatima za domaćinstvo, kancelarijskim mašinama, u gradjevinarstvu u klima uredjajima, nameštaju, industriji pakovanja. Lim je u konkurenциji sa plastikom s jedne strane i sa livenim i hladno ili toplo zapreminski oblikovanim delovima s druge strane. Moderna gradnja lakih konstrukcija, koje omogućavaju uštedu materijala i energije nezamisliva je bez lima. Porast potrošnje lima, posebno finog lima je usko vezana sa životnim standardom. Zemlje sa većim dohotkom po stanovniku imaju u srazmeri veću potrošnju lima. Obrnuto može se potrošnjom lima meriti stepen tehničkog razvijenosti zemlje. Tehnički razvijene zemlje od ukupne proizvodnje čelika troše u obliku lima 25% do 30%. Za razvoj ove potrošnje veoma je značajno razvijeno snabdevanje limom kako u širini assortimana tako i u što kraćim rokovima nabave. U SAD su uvedeni posebni servisi za prodaju lima, koji smanjuju razdaljinu potrošača i proizvodjača.

Tako značajna uloga lima u metalopreradjivačkoj i mašinskoj industriji ima za posledicu veoma razvijena istraživanja širom sveta koja su neprekidno u toku. Zbog ograničenog obima ovde će se ukazati na neke značajnije radove iz područja:

- obradivosti lima
- dubokog izvlačenja
- rotacionog tiskanja i
- obrado razdvajanjem.

4.1. Obradivost lima

Obrada lima po obimu primene i po značaju i složenosti problematike koja nastaje u proizvodnim procesima zauzima dominantno mesto u celom području obrade deformisanjem. Zbog toga se u velikom broju radova saopštavaju rezultati istraživanja na ovom području. Međutim, u području obrade lima, prema sadržaju objavljenih radova centralno mesto zauzima problematika njegove obradivosti. Od šezdesetak odabralih radova iz područja obrade lima, koji se u popisu literature

nalaze, jedna trećina se odnosi na problematiku obradivosti lima.

Opšte je prihvaćen stav da lokalizaciji deformacije prethodi gubitak stabilnosti plastičnog deformisanja, pa je granica obradivosti uslovljena gubitkom stabilnosti plastičnog tečenja. Jedan broj radova [142], [143], [154], [168], [175] zasebno razmatra problematiku pojave nestabilnosti plastičnog tečenja u obradi lima. Najveći broj radova iz oblasti obradivosti lima odnosi se na istraživanje različitih uticaja na graničnu obradivost preko dijagrama obradivosti. Samo neki radovi [150], [158] analiziraju neke specifične aspekte obradivosti lima. U radu [150] se analizira obradivost lima pri izradi nerotacionih delova, a u radu [158] ocena obradivosti pri obradi razdvajanjem. Radovi [141], [147], [148], [154], [163], [167], [178] sadrže istraživanja uticaja pojedinih faktora na obradivost uglavnom iskazanu preko dijagrama granične obradivosti. Međutim, u ovom području istraživanja poseban značaj ima rad [155], koji je u posebnoj verziji prikazan i u [149]. U ovom radu su prikazana veoma obimna teoretska i eksperimentalna istraživanja uticaja relevantnih faktora na dijagram obradivosti izvršena u Institutu za obradu deformisanjem u Stuttgartu. Korišćeni su različiti postupci ispitivanja za određivanje dijagrama granične obradivosti. Razni postupci ispitivanja bitno su se razlikovali u obliku uzoraka i vrsti naponskog stanja. Korišćeni uzorci i alati pri raznim postupcima ispitivanja nisu geometrijski slični, a i uslovi deformisanja nisu zadovoljavali zakone sličnosti. Ispitivanja su vršena na uzorcima iz finog lima, koji se najviše u praksi koristi. Ispitivanjima su obuhvaćeni uticajni činioci na dijagram granične obradivosti kao što su: tačnost merenja, debljina lima, mazivo, brzina deformisanja, anizotropija kao i n-faktor. Obuhvaćen je i uticaj deformacionog puta kao i mehanizam deformacionog ojačavanja. Drugim rečima, obuhvaćeni su činioci materijala i činioci uslova obrade. Na osnovu eksperimentalnih rezultata konstruisani su dijagrami granične obradivosti. S druge strane je izvršena teoretska analiza dijagrama granične obradivosti pomoću teorije o lokalnoj i difuznoj (podeljenoj) lokalizaciji deformacija. Teoretska analiza dijagrama granične obradivosti zasnovana je na matematičkoj odredjenosti pojave nestabilnosti pri plastičnom deformisanju lima. Napominje se da osim teorije lokalne i difuzne lokalizacije deformacija, odnosno teorije nestabilnosti plastičnog tečenja, postoje još i teorije zasnovane na postojanju polaz-

ne nehomogenosti u materijalu, odnosno na postojanju uključaka, koji pri plastičnom deformisanju čine šupljine. Zaključuje se da matematičko određivanje nestabilnosti (lokalne i difuzne lokalizacije deformacija) pri obradi lima daje rezultate u konstruisanju dijagrama granične obradivosti koji su najbliži eksperimentalno dobijenim rezultatima. Smatra se da bi u doglednoj budućnosti trebalo očekivati da se razrade postupci pomoću kojih bi se izradile krive granične obradivosti za sve važnije materijale i sredile u obliku kataloga, koji bi bio pristupačan za korišćenje pri konstruisanju delova iz lima, odnosno, naročito pri projektovanju tehnologije obrade. Teoretsko postavljanje dijagrama granične obradivosti na osnovu karakteristika materijala predstavlja visok domet primene nauke u području obrade deformisanim i od neprocenjivog je značaja za dalji razvoj primene OD. Ta istraživanja mogu imati pozitivan uticaj na intenzivniji razvoj istraživanja u području zapreminskog oblikovanja.

4.2. Duboko izvlačenje

Duboko izvlačenje prema naponskom stanju i mehanizmu plastičnog deformisanja kao i prema obradnom sistemu, pomoću koga se proces realizuje predstavlja najznačajnije područje u obradi lima. Jasno je, da se pri oblikovanju složenih geometrijskih oblika iz lima redovno koristi kombinovana obrada u koju se uključuju procesi dubokog izvlačenja, savijanja i razdvajanja. Ipak stvaranje uslova u obradnom sistemu za premeštanje određenih površina lima na druge položaje uz zadržavanje iste debljine i potpunog kontinuiteta materijala, bez pojave grešaka u obliku naboranja materijala ili lokalizacije deformacija, što je osnovna karakteristika dubokog izvlačenja, treba smatrati najsloženijom problematikom u obradi lima.

Navedeni razlozi su verovatno osnov da se značajan broj objavljenih radova iz područja obrade lima odnosi na duboko izvlačenje [144], [145], [146], [151], [156], [161], [166], [170], [171], [172], [173], [174], [176], [179], [180], [181]. U navedenim radovima se objavljaju rezultati istraživanja dubokog izvlačenja sa različitim aspekata. Ti aspekti se najčešće odnose na materijal i njegov uticaj na uspešnost procesa, zatim na načine realizovanja obradnih sistema za hidromehaničko duboko izvlačenje. Posebno se razmatraju problemi koji se odnose na obradu nerđajućih čelika, obojenih metala i

tankih limova.

Veoma obimna istraživanja objavljena u radu [156] odnose se na geometrijske osobine duboko izvučenog cilindričnog čančeta, iako bi se na prvi pogled moglo misliti, pošto se ovde radi o elementarnom obliku, da mu ne bi trebalo posvećivati posebnu pažnju u istraživanju. Međutim, iz objavljenih rezultata lako se može zaključiti da je u pitanju kompleksno istraživanje uticaja relevantnih faktora na geometrijsku tačnost obratka. Dakle, produbljeno, kompleksno istraživanje procesa dubokog izvlačenja na reprezentantu relativno jednostavnog geometrijskog oblika, ali tipičnog za duboko izvlačenje. Pri istraživanju postavljeno je pitanje u kojoj meri u procesu dubokog izvlačenja mnogobrojni uticajni faktori koji se odnose na proces, alat i materijal određuju tačnost geometrijskog oblika, odnosno kojim faktorima je moguće preko upravljanja procesom, uticati na tačnost geometrijskog oblika obratka.

Analizirane su promene debljine zida, cilindričnost i visina na više vrsta čeličnog lima i lima iz legura obojenih metala. Posebno su razmatrani uticaji koji proizilaze iz osobina materijala, uticaji geometrije alata, odnosno procesa i obradnog sistema u celini. Ovim radom koji sadrži niz eksperimentalno-analitičkih podataka se omogućava dublje upoznavanje uticajnih faktora na geometriju obratka što omogućava stvaranje osnova za efikasnije upravljanje procesom obrade. Podaci su tim vredniji pošto su vrlo pedantno sredjeni i dobijeni vrlo preciznim merenjima. Istovremeno se ovim radom ukazuje na široke mogućnosti eksperimentalno-analitičkih metoda istraživanja.

4.3. Rotaciono tiskanje

Savremeni razvoj obrade metalnih materijala uslovjen strožijim tehničkim i ekonomskim zahtevima stvara nove metode obrade, a u nekim slučajevima reafirmaše ranije poznate metode i prilagodjava njihovo korišćenje u savremenim uslovima. Rotaciono tiskanje predstavlja veoma dugo poznatu metodu obrade lima pretežno zasnovanu na zanatskom umesnošću radnika. Međutim, tehnico-ekonomskom analizom utvrđjeno je da se rotaciono tiskanje može uspešno koristiti u nizu slučajeva izrade šupljih rotacionih delova. Razvoj kosmičke i raketne tehnike narocito je istakao niz delova, čiji se oblici mogu izraditi najracionalnije rotacionim tiskanjem. Usavršavanje alata i mašina sa program-

skim i numeričkim upravljanjem, omogućili su značajno reafirmisanje ove tehnološke metode. Radovi [182], [183], [185] i [186] prikazuju istraživanja različitih aspekata primene ove tehnološke metode, objašnjavaju njen razvoj u savremenim uslovima i daju eksperimentalne i teoretske osnove za primenu ove obrade.

Osnovne karakteristike rotacionog tiskanja sastoje se u tome da se zona deformisanja ograničava na malom delu obratka - na delu gde se nalazi jedan ili više alata i deformisanje se vrši pomoću alata u obliku valjčića koji uz obradak vrše takodje rotaciono kretanje. Na taj način se u suštini procesom parcijalnog valjanja vrši promena oblika. Pošto zona deformisanja zahvata samo deo obima obratka, to se ovom tehnologijom omogućava oblikovanje obradaka vrlo velikih dimenzija pomoću relativno male deformacione sile. Može se primeniti na obradu svih deformabilnih metalnih materijala s tim da se mogu koristiti nekoliko posebnih varijanti procesa. U osnovi se razlikuju dve varijante: oblikovanje bez promene debeljine materijala i oblikovanjem sa značajnom promenom debeljine materijala. Pogodnim vodjenjem alata moguće je po želji vršiti menjanje debeljine obratka. Pripremci mogu biti u obliku ravne ploče ili pak oblikovani u vidu čančeta. Primena ove tehnologije je vrlo efikasna u oblikovanju delova koji po obliku odgovaraju ovoj obradi, a izradjuju se u srednjim i manjim serijama. Automatizovane mašine se mogu koristiti i za veće serije. Naročito značajni efekti se ostvaruju kada je na nekom elementu, radi promene opterećenja u funkciji na različitim mestima potrebna različita veličina preseka materijala. Ovom tehnologijom takvi oblici se vrlo uspešno ostvaruju uz najmanji mogući utrošak materijala.

4.4. Obrada razdvajanjem

Obrada razdvajanjem ili kako se još može reći obrada razdvojnim deformisanjem se, za razliku od drugih metoda obrade lima kod kojih zapremina materijala ostaje konstantna, a često i površina (ako se debeljina materijala ne menja), karakteriše time da je cilj obrade upravo razdvajanje zapreme pripremka na više delova. Zona deformisanja se ograničava na mali prostor u neposrednoj blizini površine razdvajanja. Alati za obradu razdvajanjem imaju odlučujuću ulogu za uspešnost procesa. Od ostvarenog naponskog stanja u zoni

deformisanja zavisi karakter toka procesa razdvajanja. I ako postoje više različitih metoda obrade razdvajanjem, ipak u pitanju su samo dva moguća mehanizma razdvajanja. Mehanizam delimično kontrolisanog razdvajanja, pri kome se samo do jedne trećine debljine materijala razdvajanje vrši kontrolisano pod neposrednim dejstvom elemenata alata i mehanizam potpuno kontrolisanog razdvajanja pomoću koja se ostvaruju fino razdvajanje po celoj debljini materijala. U prvom slučaju na dubini većoj od jedne trećine debljine materijala, pri prodiranju žiga nastaje pukotina koja se nekontrolisano širi prema oštirici matrice. Naponsko stanje u drugom slučaju onemogućava formiranje takve pukotine. Mehanizam kontrolisanog razdvajanja je relativno novijeg datuma, a ostvaren je metodom tzv. finog razdvajanja. Ovakav mehanizam razdvajanja u suštini je omogućila posebna konstrukcija obradnog sistema uz izvesne dodatne zahteve materijalu. Uvodjenje u primenu procesa finog razdvajanja je ujedno i najveća promena u tehnologiji obrade lima ostvarena u neposrednoj prošlosti. Naponsko-deformaciono stanje pri obradi razdvajanjem je složeno i još uvek nedovoljno izučeno. Radi toga su i neki najnoviji radovi iz ovog područja upravo posvećeni analizi naponsko-deformacionog stanja i uticaju relevantnih faktora na proces [189], [190], [191], ostali radovi odnose se na racionalizaciju primene obrade razdvajanjem [192], [193], [194], [196]. Veoma široke mogućnosti smanjenja troškova u obradi razdvajanjem postoje u oblasti iskorišćenja materijala i proširenju primene procesa finog razdvajanja. Fino razdvajanje je unelo novi impuls u proširenje primene obrade razdvajanjem kao finalne obrade na račun obrade skidanjem strugotine. Veliki broj delova, koji su ranije uslovjavali primenu naknadne obrade rezanjem, korišćenjem finog razdvajanja omogućeno je neposredno ugradjivanje takvih delova bez ikakve dorade. Za određena područja primene od interesa je izrada delova razdvajanjem bez ostatka srha (isturene ivice) na jednoj strani. Takva obrada danas je moguća uz nešto specifičnu konstrukciju alata.

5. Hidrostatičko oblikovanje

Primena hidrostatičkog oblikovanja u obradi deformisanjem je posledica dugotrajnog i svestranog istraživanja uticaja povišenog hidrostatičkog pritiska na ponašanje metalnog materijala u toku pla-

stičnog deformisanja. U užem smislu pod hidrostatičkim oblikovanjem se podrazumeva plastična deformacija pri kojoj se u zoni deformisanja pomoću neke tečnosti ili kvazitečnosti ostvaruje pritisak između (1 do $2 \cdot 10^9$ Pa (10000 do 20.000 kg/cm 2)). Međutim najnovija saznanja o hidrostatičkom oblikovanju upućuju na znatno šire shvatanje hidrostatičkog deformisanja. To je plastična deformacija pri kojoj se u zoni deformisanja pomoću obradnog sistema ostvaruje povećana hidrostatička komponenta naponskog sistema. Povećanje hidrostatičke komponente naponskog sistema u opštem slučaju se može realizovati mehaničkim putem ili pomoću tečnosti. Za kontinualne, ili relativno kontinualne procese se povećanje hidrostatičke komponente može ostvariti pomoću tečnosti, međutim, u izradi delova se javljaju značajne teškoće zbog diskontinuiteta pri ponavljanju ciklusa. Radi ovoga je od izuzetnog interesa povećanje hidrostatičke komponente mehaničkim putem, pogodnom konstrukcijom alata. Primeri za takvu ulogu alata nalaze se u nizu poznatih procesa. Kod toplog kovanja se, pomoću kanala za venac i istiskivanjem metala u taj kanal presekom kroz koji se istiskuje metal u venac, ostvaruje povećanje hidrostatičke komponente naponskog sistema. Kovanje u zatvorenom kalupu takođe omogućava povećanje hidrostatičkog pritiska. Procesi hladnog istiskivanja se karakterišu zatvaranjem metala u alat i zatim istiskivanjem kroz odredjene otvore, čime se automatski ostvaruje povećana hidrostatička komponenta naponskog sistema. Fino razdvajanje se ostvaruje zahvaljujući utiskivanju konturnog zuba u neposrednoj blizini linije razdvajanja, čime se i ovde mehaničkim putem povećava hidrostatička komponenta naponskog sistema. Primera ima dosta. Uopšte se može reći da se ostvarenje povećane hidrostatičke komponente naponskog sistema mehaničkim putem realizuje kočenjem tečenja metala.

Pozitivan uticaj povećanja hidrostatičke komponente naponskog sistema na obradivost materijala zasniva se na karakteristikama mikrostrukture metalnih materijala. Metalni materijali sadrže unutrašnje defekte kao što su mikro pukotine i vakansije, koji su posledica zatežućih naponi, a njihov razvoj nastaje kada zatežući naponi u mikro oblastima predju neku kritičnu vrednost. Povećani hidrostatički pritisak naponskog sistema stvara u svim mikrooblastima zone deformisanja više pritiskujuće napone poništavajući one zatežuće u mikrooblastima ili ih svodi u granice ispod kritičnih veličina, bez uticaja na devijatorsku komponentu naponskog sistema. Direktna posledica ovoga je činjenica da se sa povećanim hidrostatičkim pritiskom u zoni

deformisanja isti materijal može znatno više deformisati bez nastanjanja pukotina. Ovde treba imati u vidu da povećanje hidrostatičkog pritiska ne utiče neposredno na pojavu nestabilnosti plastičnog tečenja, odnosno ne utiče na lokalizaciju deformacija. Ovo je osnovni razlog da se hidrostatička obrada pretežno koristi u procesima zapreminskog oblikovanja, a samo izuzetno u području obrade lima.

Obimnim istraživanjima u neposrednoj prošlosti u području hidrostatičkog deformisanja, priključuje se još nekoliko najnovijih radova. U radovima |140| i |202| objavljaju se rezultati istraživanja primene h.o. u proizvodnji fine žice. Treba napomenuti da je ovo područje primene HO jedno od prvih. Ostali radovi |199|, |201|, |202| i |203| objavljaju rezultate istraživanja koji se uglavnom odnose na kontinualne procese istiskivanja profila raznih preseka i cevastih oblika iz obojenih metala. U radu |200| analizira se mogućnost primene hidrostatičkog oblikovanja u procesima dubokog izvlačenja. Rad |199| objavljuje eksperimentalna i teoretska istraživanja neprekidnog hidrostatičkog istiskivanja sa nizom podataka za određivanje karakterističnih parametara procesa.

Za hidrostatičko oblikovanje je karakteristično da omogućava obradu teško deformabilnih materijala.

Povećanje hidrostatičke komponente naponskog sistema bitno utiče na povećanje ravnomernosti deformacije, a ako se vrši pomoću tečnosti veoma se smanjuje uticaj kontaktног trenja što takođe doprinosi smanjenju neravnomernosti deformisanja. Treba očekivati dalji intenzivan razvoj hidrostatičkog oblikovanja, naročito u području teško deformabilnih materijala. Dalja i dublja saznanja o mehaničkim mogućnostima uticaja na hidrostatičku komponentu naponskog sistema imaće za rezultat razvoj daljih novih metoda obrade u ovom području.

6. Visoko brzinsko oblikovanje

Istraživanja uticaja udarnog talasa pritiska na ponašanje metalnih materijala prvo bitno su vršena u cilju postizanja što povoljnijeg razornog dejstva pri eksplozijama granata i bombi. Ova istraživanja bila su bliska području kontrolisanog dejstva udarnog talasa pritiska na metalne materijale u cilju njihovog oblikovanja prema unapred postavljenom cilju. Na taj način se razvilo područje visoko-brzinskog oblikovanja (VBO), čija je osnovna karakteristika da se

plastično deformisanje vrši pod dejstvom udarnog talasa pritiska, koji u materijalu izaziva određeni talas napona. U području ispod granice tečenja formira se elastični talas napona, koga zatim po prekoračenju granice tečenja prati drugi, plastični talas napona. Prolaskom plastičnog talasa napona kroz pripremak ostvaruje se željena promena oblika uz pomoć odgovarajuće konstrukcije obradnog sistema. Brzina kretanja udarnog talasa pritiska je izmedju 300 i 7500 m/sec.

Obzirom da pri VB oblikovanju značajnu ulogu igraju inercione sile čestica materijala to je osnova za ova istraživanja ne teorija plastičnosti (klasična), već novo razvijena naučna disciplina - dinamika plastičnosti.

Svestranim istraživanjima uticaja udarnog talasa na ponašanje mikrostrukture metalnih materijala utvrđeno je da se plastično deformisanje ostvaruje sa aktiviranjem više mehanizama deformisanja nego pri kvazistatičkom deformisanju. Naime, dok je kod kvazistatičkog deformisanja mehanizam klizanja dominantan, u slučaju VBO je mehanizam dvojnikovanja osnovni, a razvijaju se i različiti mehanizmi klizanja. Svestraniji mehanizmi olakšavaju kretanje dislokacija pri nailasku na barijere (granice zrna i sl.). Ovo je osnovni razlog da se visokobrzinskim deformisanjem mogu oblikovati teško obradivi metalni materijali.

Područje VBO je danas značajno razvijeno. Deli se na dve oblasti - zapreminske VBO i VBO lima. U zavisnosti od načina stvaranja udarnog talasa pritiska i načina njegovog prenošenja razlikuje se nekoliko metoda visokobrzinskog deformisanja kao što su:

- pneumatsko-mehanička VBO
- elektrohidraulična VBO
- elektromagnetska VBO i
- eksplozivna VBO

U području zapreminskog VBO došlo je do razvoja specijalnih mašina. Prvobitno su to bile mašine Dynapak i Petroforge, a zatim su razvijene prese i naročito čekići za VBO. Smatra se da danas u svetu uspešno radi već oko 1000 visokobrzinskih čekića, sa energetskim kapacitetom izmedju 7000 i 2.000.000 J.

U najnovije vreme istraživanja u području VBO se nastavljuju sa stanovišta definisanja obradnog sistema, proširenja primene i analize procesa u cilju stvaranja osnova za određivanje značajnih

parametara procesa.

U radu [204] analizira se razvoj primene eksplozivne VBO. Konstatuje se da se od raspoložive hemijske energije eksploziva za deformisanje iskorišćava samo 10%, a ostalo odlazi na gubitke. Ukazuje se na jednostavnost alata i niske troškove investicija za slučaj eksplozivne VBO. Napominje se da pored prednosti ova obrada je opterećena i sa dva značajna nedostatka: veliko vreme pripreme izvodjenja operacije i potreba osiguravanja bezbednih uslova rada. U radu [205] objavljuje se konstrukcija uredjaja za merenje deformacije i sile pri eksplozivnom VBO. Daju se podaci dobijeni primenom ovog uredjaja za slučajeve korišćenja različitih eksplozivnih punjenja. Detaljnije teoretske i eksperimentalne analize procesa VBO objavljene su u radovima [206] i [207]. U prvom slučaju radi se o analizi pretvaranja energije kod elektrohidrauličnog VBO. Data je iscrpna teoretska analiza sa konstrukcijom uredjaja za eksperimentalnu proveru teoretski izvedenih zaključaka. U radu [207] objavljena je iscrpna teoretska i eksperimentalna analiza uticaja maziva pri visokobrzinskom oblikovanju diskova. Konstatuje se da ako je poznata zavisnost promene brzine kretanja materijala od vremena moguće je odrediti sve ostale parametre u odnosu na mazivo pri oblikovanju diska. Teoretskom analizom dati su izrazi koji definišu promenu ove brzine, koja se numerički određuje jednostrukom integracijom. Rezultati ispitivanja dati su u nizu grafičkih prikaza. Rad [208] objavljuje nova konstruktivna rešenja mašina za VBO sa pneumatsko-mehaničkim pogonom osnovanih u Sovjetskom Savezu. Primena zapreminskog VBO pri obradi titanovih legura data je u [209], određivanje deformacionog otpora pri visokobrzinskih istiskivanju analizira se u [210] a određivanje vremena kontakta pripremka i alata u radu [211]. Sadržaj rasprave trećeg svesaveznog seminar održanog 20. i 21. marta 1978. god. u organizaciji Akademije nauka SSSR-a o dejstvu električnog i magnetskog polja na plastičnu deformaciju metala objavljen je u [212]. Iscrpna teoretska i eksperimentalna analiza uticaja geometrijskog oblika obratka na prenos energije pri elektrohidrauličnom VBO objavljena je u radu [213]. Rad [214] opisuje primenu VBO na istiskivanje aluminijuma, a [216] daje primer izrade boca iz aluminijuma za gas pod visokim pritiskom. Rad [215] opisuje konstrukciju i primenu presa male jačine za elektromagnetno VBO.

U vezi daljeg razvoja primene metoda VBO treba imati u vidu či-

njenicu da se do nedavno očekivalo znatno brže širenje primene ovih metoda obrade. Međutim, detaljna ekonomska računica je uslovila da se takva očekivanja nisu ispunila, pošto je prvobitni entuzijazam doveden u realne okvire mogućnosti primene samo u slučajevima gde postoji tehnička i ekonomska opravdanost.

7. Superplastično oblikovanje

Osobina većeg broja metalnih materijala da se epruveta, opterećena na kidalici, izdužuje bez pojave lokalizacije deformacija nazvana je SUPERPLASTIČNOST, odnosno takvo deformisanje je nazvano superplastično deformisanje. Pojavu superplastičnog ponašanja otkrili su ruski naučnici 1946. god., a definicija superplastične deformacije i superplastičnog oblikovanja usledilo su znatno kasnije.

Superplastično ponašanje metalnih materijala ostvaruje se u određenim uslovima:

- temperature
- brzine deformisanja i
- strukture materijala.

Za svaki metalni materijal ti uslovi su različiti i potrebna su posebna istraživanja da se dodje do podataka o uslovima za pojavu superplastičnog ponašanja.

Fenomen superplastičnosti je sa stanovišta obrade materijala deformisanjem vrlo interesantan, pošto se isključenjem lokalizacije deformacija može ostvariti veoma velika deformacija i pri istezanju (do 1000%), za razliku od istezanja u konvencionalnim uslovima gde se deformacija kod čeličnih materijala ostvaruje najviše do oko 30% nakon čega nastaje lokalizacija deformacija i neposredno posle toga kidanje. Načelno se može reći o uslovima za neke materijale pri kojima nastaje superplastičnost:

- za temperaturu da se kreće u području iznad 773°K i u toku procesa se mora održavati u uskim granicama promene;
- za brzinu deformisanja da je veoma mala i kreće se u području 10^{-5} do 10^{-1} sec^{-1} ;
- za mikrostrukturu da mora biti veoma sitnozrna i da su često nužni posebni postupci termomehaničke obrade da se ostvari uslovljena struktura.

Navedene uslove nije jednostavno ostvariti u obradnom sistemu. Radi

toga se, i pored brojnih radova iz ovog područja, od kojih neki ukažuju na revolucionarne mogućnosti promena u obradi metala korišćenjem osobina superplastičnosti, ipak primena superplastičnog deofrmisanja u obradi metala relativno sporo širi. Ali najnoviji radovi ukažuju da je i ova tehnološka metoda značajna za neka specifična područja i da su istraživanja izašla iz laboratorijskih okriva. Na to ukazuju radovi [220], [225], [226], [229], [232], kao i izuzetno obiman rad [234] u kome se daje niz primera primene superplastičnog oblikovanja i zaključuje da ovaj proces nudi značajno smanjenje troškova izrade alata. Proces postaje komercijalno interesantan i trebao bi naći brojne mogućnosti primene. Ovo naročito treba očekivati sa proširenjem saznanja o ovom procesu i njegovim potencijalnim mogućnostima od strane konstruktora delova. Treba očekivati da će superplastični materijali postati standardni materijali u upotrebi. Rad [230] sadrži analizu određivanja parametara za superplastično oblikovanje. U radu [228] objavljena je interesantna konstrukcija uredjaja za pneumatsko superplastično oblikovanje. Uredjaj osigurava oblikovanje lima, pri čemu se može po želji uticati na debjinu lima koja se treba na kraju procesa ostariti. Radovi [221], [222] i [223] sadrže vrlo iscrpu teoretsku i eksperimentalnu analizu superplastičnog oblikovanja legura SnPb38, ZnAl i 22MgAl kao i nekoliko vrsta čelika. U teoretskom delu se analizira pojava superplastičnosti uopšte i određene uslovljenoosti u vezi toga, a u eksperimentalnom delu objavljeno je mnoštvo podataka iz navedenih istraživanja koji se odnose na mcdjuzavisnosti uticajnih parametara kao i na samo određivanje parametara procesa istiskivanja i kovanja u kalupu materijala u stanju superplastičnosti.

U Sovjetskom Savezu održana je juna meseca 1978. god. svesavezna naučnotehnička konferencija o superplastičnosti metala [231]. Razmatrana je fizička priroda superplastične deformacije kao načina za povećanje mehaničkih svojstava metala, zatim razvoj tehnologije obrade metala na bazi superplastičnosti i konkretno tehnologija izrade složenih oblika delova superplastičnim deformisanjem.

Objavljeni radovi iz područja superplastičnog oblikovanja upućuju na zaključak da i superplastično oblikovanje može u budućnosti imati značajnu ulogu u obradi metala.

8. Alati za obradu deformisanjem

Alati za obradu deformisanjem zauzimaju značajno mesto u objavljenim radovima. Pažnja je posvećena nekim opštim temama i zatim se konkretno analiziraju različiti aspekti pojedinih problema alata za toplo kovanje, hladno istiskivanje, problematika velikih alata, alati za obradu razdvajanjem, za duboko izvlačenje. Materijali za alate i postojanost alata su značajne teme u objavljenim radovima. Nekoliko radova [246], [258], [259], [260] i [264] obradjuju problematiku koja je zajenička za većinu metoda obrade deformisanjem. U veoma iscrpnom prikazu [246] analizira se uticaj veličine serije i vrsta obrade na konstrukciju alata. Svi alati se dele u šest klasa zavisno od minimalno i maksimalno potrebnih količina delova. Za prvu klasu se predviđa minimalna postojanost, a proizvodne količine su minimalne 10.000 kom, a maksimalna 90.000 kom. Za šestu klasu se uslovjava maksimalna postojanost a količine su od 1,7 do 3 miliona komada. Ostale klase su izmedju ovih ekstremnih. U zavisnosti od klase pripadnosti alata vrši se izbor materijala i primenjuju se adekvatna konstruktivna rešenja. Za sve klase daju se preporuke o načinu konstrukcije alata. U radu [258] se vrlo detaljno obradjuje specifična konstruktivna problematika u vezi sa korišćenjem kose ravni u konstrukciji alata. Smatra se da se alati sa korišćenjem efekta kose ravni u obliku kлина ili na drugi način veoma mnogo koristi u masovnoj proizvodnji skoro za sve vrste alata, kako kod alata za oblikovanje tako i kod alata za obradu razdvajanjem, za jednofazne i više-fazne alate, za alate na višepozicionim presama itd. Koristi se u konstrukciji alata za sitnije delove, kao i za alate za veoma krupne delove, kao što su delovi za karoserije. Korišćenjem kose ravni mogu se uspešno obraditi elementi dela na teško pristupačnim mestima kao što su probijanja, odsecanja, presavijanja i dr. Često se može izvesti više elemenata operacije u istom hodu zahvaljujući korišćenju kose ravni. Korišćenje kose ravni u konstrukciji alata omogućava realizovanje pomoćnih funkcija kao što su potiskivanje trake, upravljanje graničnicima izbacivanje komada i sl. U radu su prikazani razni sistemi kose ravni koji se koriste u konstrukciji alata, pravila ispravnog korišćenja strme ravni, proračun pogona kosom ravni i data su konstrukciona uputstva. Zaključno se konstatuje da mnoštvo oblika i veličina delova koje treba alatima izraditi uslovjava pri-

menu svih raspoloživih mogućnosti konstruisanja. Jedna od tih mogućnosti je i primena kose ravni. Data su detaljnija uputstva za najvažnije načine i sisteme korišćenja na nizu konstruktivnih prmera. Intervencije na alatima zbog izmena su predmet i se razivanja objavljenih u radu [259]. Sistematisovano su prikazani uzroci izmena na alatima, koji mogu biti uslovljeni izmenama u konstrukciji proizvoda ili izmenama u samoj proizvodnji. U prvom slučaju može biti promena proizvoda, promena količine potrebnih proizvoda u jedinici vremena, promena alata jer se prekida proizvodnja ili izmene uslovljene servisiranjem ranije izradjenih proizvoda. U drugom slučaju mogu biti izmene metoda obrade, izmene na alatu uslovljene smetnjama u proizvodnji ili pak izmene zbog realizovane proizvodnje koja odgovara postojanosti alata. Ukaže se da je nužno veoma pažljivo izvodjene promene, a osnovni kriterijum su troškovi izmena. Zaključno se konstatuje da niko ne želi izmene alata, ali one su neminovni pratioci savremene industrijske proizvodnje. Specifičan problem probijanja otvora na zakošenoj površini u odnosu na čelo žiga je predmet istraživanja objavljenih u radu [260]. Analizirana je potrebna geometrija alata, uticaj momenta savijanja, koji se povoljnom geometrijom alata može umanjiti. Konstatuje se da je moguće probijanje otvora na kosoj površini, ali uz malu preciznost obrade. U radu [264] objavljeni su podaci o jednom sistemu konstrukcije priključnih elemenata presa i alata, koji je razvila jedna američka firma iz Ohaja, za ostvarenje brze promene alata. Neki alati se zamenjuju za svega 90 sec., a na više pozicionim presama, gde obično zamena alata traje 4 i više časova ovim sistemom se svodi na vreme ispod jednog časa. Navode se podaci o konkretnim primerima ostvarenja sniženja troškova na vremenu, prostoru i iskorisćenju mašina.

Posebna pažnja je posvećena alatima za kovanje u kalupu u rado-vima [241], [244], [248], [253], [255] i [256]. U radu [241] na sistematisovan način su klasificirani oblici oštećenja alata za kovanje u kalupu. Data je struktura oštećenja i uticaj na postojanost alata. Na osnovu vrlo iscrpne analize može se zaključiti o uticaju pojedinih faktora na postojanost alata. Analiza uticaja oblika otkovka, mašine, uslova obrade i konstrukcije alata na postojanost alata za kovanje daje se u radu [244] koji sadrži veoma iscrpne podatke i statističku analizu uticaja pojedinih faktora. U radu [248] daje se iscrpan prikaz primene računara u konstrukciji alata za kovanje. Prvo se anali-

ziraju faze pripremnog kovanja i zatim opisuje konstruisanje alata pomoću računara. Program se izvodi na Fortran-jeziku u više faza. Detaljno se opisuju sve faze koje se koriste. Rezultati ispitivanja primene deformisanih odnosno livenih alatnih čelika za kalupe za kovanje objavljeni su u |253|. Utvrđeno je da su mehaničke karakteristike kovanih čelika na sobnoj temperaturi povoljnije nego livenih. Međutim, ti se odnosi menjaju sa porastom temperature da bi na temperaturi obrade bile povoljnije za livene čelike. Zaključuje se da liveni kalupi imaju 1,5 do 2 puta veću postojanost od kovanih za isti alatni čelik. U radu |255| objavljena su iskustva primene elektrolitičkog boriranja alata za kovanje i konstatuje se da je postojanost porasla za 2 do 3 puta. Opisane su i ostale prednosti i karakteristike postupka boriranja. Rad |256| objavljuje rezultate ispitivanja uticaja hormiranja na povećanje postojanosti. Daju se parametri procesa hromiranja.

Problematika alata za hladno istiskivanje obradjuje se u radovima |97|, |245|, |243|, |247| i |250|. Vrlo iscrpna analiza određivanja optimalne geometrije alata za radijalno istiskivanje sadržana je u |97|. Radovi |245| i |250| objavljaju rezultate istraživanja napona u matrici alata. Daju se vrlo detaljni podaci o primenjenoj metodi merenja kao i dobijeni rezultati merenja. Data je analiza uticajnih faktora na naponsko stanje matrice, načini proračuna sa detaljnim grafičkim prikazima. Posebno je razradjena metodologija proračuna matrica pomoću računara. U radu |247| za slučaj istiskivanja obojenih metala detaljno se analiziraju uticaji geometrije alata na odstupanje obratka. Definišu se odstupanja:

- z_1 - termičke deformacije materijala matrice i profila
- z_2 - Odstupanje uzdužnog profila matrice pod dejstvom sile istiskiv.

z_3 - Odstupanje uslovene izlazom iz matrice.

Analitički se razmatraju uticaji navedenih faktora i daju podaci eksperimentalnih istraživanja. Analizirano je devet različitih oblika matrica. U tabelama su dati podaci o parametrima pri ispitivanju kao i odstupanja izmerena na pojedinim profilima matrica.

Radovi |242| i |263| sadrže prikaz planiranja i konstruisanja velikih alata za oblikovanje elemenata karoserije automobila pri osvajanju novog modela. Navode se podaci o ciklusu od 3 godine potrebnom za sve faze rešavanja problematike alata. Ovo je moguće pod us-

lovom paralelnog rada na alatima, još u toku formiranja novog modela automobila.

Problematika alata za duboko izvlačenje obradjuje se u radovima [265], [267] i [269]. Rad [265] sadrži analizu uticajnih faktora na konstrukciju alata pri dubokom izvlačenju sa promenom debljine materijala. Smatra se da najbolji oblik ulaznog dela matrice daje traktis-kriva. Za prvu operaciju se obično ne koristi držač lima. Često se matrice grade sa ulošcima iz tvrdog metala G2. Sadržani su i podaci za čelike iz kojih se izradjuju žigovi. Ispitivanjima je utvrđeno da se bez medjuoperacionog žarenja može ostvariti odnos dužine i prečnika do 4:1, a sa jednim medjužarenjem do 9:1. Opisuje se način višefaznog uzastopnog dubokog izvlačenja sa promenom debljine materijala. U radu [267] objavljena je detaljna analiza uticaja konstrukcionih elemenata alata za kočenje materijala u toku procesa dubokog izvlačenja. Pogodnim kočenjem osigurava se nastajanje ravnomernе deformacije u svim oblastima zone deformisanja. Faktori n i r su posebno analizirani s obzirom na ispitivanje uticaja konstrukcionih elemenata alata na obradivost. Ispitivanja su vršena sa čeličnim i Al-limovima.

U radu [269] objavljaju se rezultati primene tvrdih metala za izradu matrica za duboko izvlačenje uz korišćenje armiranja. Postojanost alata u tom slučaju se povećava za 50 puta. Tačnost obrade je veća i iskorišćenje mašine je takodje veće.

Problematika alata za obradu razdvajanjem obradjuje se u radovima [249], [252], [254], [257], [260], [266] i [268]. Detaljan prikaz automatskog konstruisanja alata pomoću računara sadrži rad [249]. Sistem automatskog projektovanja sastoji se iz tri posebna programa. To su programi: za određivanje razvijenog oblika, za optimalno iskorisćenje trake i za konstrukciju alata. Istraživanja uticaja raznih faktora na postojanost alata objavljena su u radovima [252] i [254]. Primena elemenata alata za obradu razdvajanjem iz tvrdog metala [257] omogućava povećanje postojanosti 2-2,5 puta i povećava se kvalitet izrade delova u elektrotehničkoj industriji. U radovima [266] i [268] objavljaju se prikazi prednosti primene univerzalnih (standardnih) elemenata alata i zavisnost cene koštanja proizvoda od ove primene koja pored sniženja troškova izrade alata smanjuje i potreban prostor skladišta i omogućava brzu zamenu elemenata alata.

U radovima [261] i [262] objavljeni su rezultati istraživanja mogućnosti primene oksidne keramike (Al_2O_3) za izradu matrica za izvlače-

nje žice kao zamena za matrice iz volframovog karbida, pošto je volfram deficitaran. Istraživanja su vršena u jednom institutu u Budimpešti. Uzakuje se na širu mogućnost primene oksidne keramike za alate za obradu deformisanjem i to u područjima:

- toplog istiskivanja profila iz bakra i Al-legura
- hladnog vučenja bakra i čelika i toplo vučenje i sabijanje. Dobijeni rezultati su vrlo povoljni pa se očekuje u budućnosti razvoj šire primene oksidne keramike kao materijala za alate u obradi deformisanjem.

9. Mašine

Značajan broj objavljenih priloga u specijalističkim časopisima iz područja mašina za obradu deformisanjem su informativnog karaktera i odnose se na obaveštenja o izloženoj opremi na poznatim međunarodnim sajmovima opreme. To se odnosi na evropsku izložbu mašina u Hanoveru, izložbu mašina u Birmingham-u, sajmove u Lajpzigu i Brnu, izložbu mašina u Čikagu i posebnu izložbu opreme za vučenje žice u Bazelu u Švajcarskoj. Ti prilozi detaljno opisuju mašine izložene na pomenutim i drugim sajmovima i daju podatke o njihovim proizvodjacima. Takvi prilozi nisu sadržani u popisu literature, pošto oni imaju relativno mali tehnički značaj, već pretežno informativni i komercijalni.

Odabrani objavljeni radovi u zadnje vreme iz područja mašina orijentaciono se karakterišu sledećom tematikom:

- Opšti razvojni radovi |271|, |272|, |274|, |280|, |283|, |285|, |286|
- Automatizacija procesa obrade deformisanjem |270|, |275|, |279|
- Numeričko upravljanje |287|, |288|, |289|, |290|, |291|, |292|, |293|, |294|, |295|, |296|
- Bezbednost u odnosu na nesrećne slučajevе i uslovi rada u odnosu na buku |297|, |298|, |299|, |300|, |301|
- Ostali radovi koji tretiraju posebne specifične probleme |273|, |277|, |278|, |282|.

U nastavku se daju kraće karakteristike nekih od navedenih radova.

U radu |271| daje se opširan prikaz karakteristika savremene

proizvodnje presa u SAD. Konstatuje se da su prese najrasprostranjeniji oblik savremene visoko produktivne opreme. U jednom hodu se može dobiti gotov deo, kako na jednopozicionim tako i na višepozicionim presama a broj hodova ide do 1000 u minutu. Konstrukcija prese se neprekidno usavršava. U novije vreme usavršavanje se odnosi na tehniku bezbednosti pri radu, sistem upravljanja mehaničkih presa i primenu sistema numeričkog i programske upravljanja. Navode se podaci o assortimanu proizvodnje presa u Sjedinjenim američkim državama. Detaljno se opisuju konstrukcione i druge mere koje su preduzete u novije vreme kod pojedinih proizvodjača presa u cilju usavršavanja konstrukcije radi povećanja produktivnosti, osiguranja veće bezbednosti u radu, smanjenja buke i povećanja tačnosti izrađenih delova. Napominje se da tačnost izvedenih delova na presama leži u tolerancijama do 0,15 mm a u procesima obrade finim razdvajanjem tolerancije izrade su u okviru svega nekoliko stotih delova milimetra.

Savremena oprema za proizvodnju otkovaka je sadržaj rada [272]. Ovde je dat detaljan prikaz:

- automatske linije za proizvodnju otkovka zadnjeg mosta teretnog automobila,
- automatske linije za proizvodnju šupljih otkovaka i
- automatske linije za proizvodnju točkova.

Osim toga daje se prikaz karakteristika hidrauličnih čekića za toplo kovanje i vazdušnih, odnosno parnih čekića kao i uljnih hidrauličnih presa za predoblikovanje. Automatska linija za kovanje zadnjeg mosta sadrži: postrojenje za indukciono zagrevanje, kovačke valjke specijalne konstrukcije, hidrauličnu presu, postrojenje za medjuoperaciono indukciono zagrevanje i veliki elektrohidraulični čekić sa automatskim manipulatorom i prostorom za hladjenje. Dužina otkovka je 2 m, a težina 110 kg. Druga linija je namenjena za otkovke do težine od 150 kg. Osnovna oprema je sadržana u uljnoj hidrauličnoj presi 12,5 MN i odgovarajućim manipulatorima kao i uredjajima za zagrevanje. Treća linija sadrži uredjaj za indukciono zagrevanje, elektrohidrauličnu presu za prethodno oblikovanje, visokobrzinski elektrohidraulični čekić, hidrauličnu presu za obrezivanje. Težina otkovaka je u intervalu 10-65 kg.

U radu [274] objavljeni su rezultati istraživanja u Japanu na području razvoja specijalnih presa sa velikim brojem tiskača namenjenih

nih za oblikovanje velikih čeličnih oplata za brodove. Oblikovanje delova se vrši pomoću većeg broja tiskača - 225 sa jedne i 225 sa druge strane lima. Presa dakle sadrži ukupno 450 tiskača, zbog čega je upravljanje veoma složeno. Delovi koje treba oblikovati imaju dimenzije $3200 \times 14000 \times 30$ mm. Istraživanja su vršena na modelu sa odnosom dimenzija 1:5. Izložena je i analiza potrebnog opterećenja. Predloženi su neki novi racionalniji načini oblikovanja ovih veoma velikih delova, koji se najčešće oblikuju ručnim radom.

Prikaz |280| sadrži izvode iz referata izloženih na skupu "Mašine za obradu lima" održanom u Hagu 1977. god. Poseban naglasak je dat presama, mašinama za izradu profila i transfer linijama za obradu lima. Razmatrano je stanje i izgledi budućeg razvoja. Naglašeno je da na ovom području jedva da ima aktuelne literature. Prikaz obuhvata referate pod naslovima:

- prese i automati za obradu razdvajanjem čeličnog lima
- prese i specijalne prese za oblikovanje srednjih i grubih limova
- mašine za izradu profila iz tankog lima
- uvodjenje u primenu i ekonomičnost transfer linije za proizvodnju obradaka iz finog lima.

Prikaz |283| sadrži savremeni razvoj hidrauličnih presa u Engleskoj. Ukaže se naročito da taj razvoj obuhvata nove sisteme upravljanja, kombinovanje hidraulike i pneumatike kao i mogućnost ponude prese sa kompletним alatima za određenu proizvodnju. Prikaz |285| sadrži diskusiju o standardizaciji presa u području zapadno-evropskih proizvodjača (Belgija, Danska, Zap. Nemačka, Francuska, Italija, Španija, Švedska, Švajcarska i Portugalija).

Vrlo obiman i iscrpan prikaz |286| sadrži razvoj instalacija horizontalnih hidrauličnih presa za istiskivanje. Obuhvaćen je razvoj konstrukcije u poslednje dve decenije sa karakteristikama budućnosti gledane sa stanovišta poznate zapadnonemачke firme "Šloeman". Rad sadrži niz konstrukcionih i tabelarnih priloga kao i ilustrativnih prikaza. Obuhvata se unapredjenje konstrukcije presa, razvoj mogućnosti racionalizacije operacija, razvoj opreme koja ide uz presu, razvoj automatskog upravljanja kao i trend budućeg razvoja.

Problematici automatizacije procesa obrade deformisanjem, pored već opisanih automatskih linija |272| posvećeno je još nekoliko radova. U prikazu |270| daje se iscrpan opis nekoliko automatskih li-

nija za topnu i hladnu obradu deformisanjem. Opisane su karakteristike automatske linije za kovanje radilica i prednjih osovina automobila, zatim automatske linije za toplo oblikovanje elemenata ležaja, automatske linije za hladno oblikovanje zavrtnjeva za automobil-ske točkove i automatske linije za toplo oblikovanje složenih obradaka. Sadržane su karakteristike opreme iz koje se linija sastoji, proizvodnje karakteristike linije kao i šematski prikaz razmeštaja opreme. Prikaz [275] sadrži opis potpuno automatke višepozicione prese sa automatskom zamjenom alata. Naglašava se da zamena žiga ili matrice kod petopozicionog automata traje u proseku 1 min. a kompletna zamena alata manje od 2 časa. Automatizovana zamena alata znatno poboljšava iskorišćenje mašine. Rad [279] sadrži detaljan prikaz principa konstruisanja automata za kombinovanu obradu: razdvajanje + savijanje. Pošefno se opisuju načini konstruisanja alata za oblikovanje pojedinih elemenata delova složenih oblika.

Ako se postavi pitanje koja mašina može raditi skoro sve male i srednje delove iz lima težine do 1 kg u masovnoj proizvodnji, onda je najčešći odgovor da su to automatske linije [284], koje se odlikuju visokom produktivnošću i malim brojem operacija. Jednostavni delovi koji uslovjavaju primenu jedne do dve standardne operacije mogu se najekonomičnije proizvoditi na automatskoj presi. Složeni delovi čija proizvodnja uslovjava različite operacije kao što su, probijanje, savijanje, duboko izvlačenje i drugo oblikovanje mogu se izradjivati pomoću automatskih linija u koje ulaze različite jedinke. U radu se daje opis konstrukcionalnih karakteristika automatskih presa. Konstrukcija sa proizvodnim karakteristikama hidromehaničke prese za orbitalno oblikovanje prikazani su u radu [278].

Primeni numeričkog upravljanja na mašinama za obradu deformisnjem posvećan je veći broj radova. Ova primena je naročito karakteristična za područje obrade lima i za mašine, koje rade sa relativno univerzalnim alatima, gde oblik alata ne odgovara u celini obliku obratka, kao što je to npr. slučaj kod kovanja u kalupu. Značajna primena numeričkog upravljanja ostvarena je na presama za profilno savijanje (abkant prese), na mašinama za obradu rotacionim tiskanjem kao i na specijalnim mašinama (koje se često nazivaju i agregati) za obradu razdvajanjem i savijanjem uz korišćenje univerzalnih alata (obrada seckanjem).

U prikazu |287| objavljena je detaljna komparativna analiza korišćenja konvencionalnih, programiranih i numerički upravljenih presa za profilno savijanje sa podacima o ekonomskoj osnovanosti primene. Zaključno se konstataže da su numerički upravljanje mašine ekonomičnije za kratke cikluse (malo glavno vreme) radi uštede na pomoćnom vremenu. One su uvek ekonomičnije od konvencionalnih mašina. Za duže cikluse mogu biti u nekim slučajevima ekonomičnije programirane mašine. Zavisno od broja istih savijanja programirane mašine mogu biti ekonomičnije ako taj broj raste. Detaljan prikaz primera primene numerički upravljanje prese za izradu elemenata statora i rotora velikih elektromotora i generatora dat je u |288|. Automatsku liniju za proizvodnju ovih elemenata isporučila je firma Šuler. U radu |290| objavljena je detaljna analiza uticaja primene numerički upravljenih mašina na pojedine relevantne faktore troškova i druge. Analizirano je 18 uticajnih faktora. Navode se primeri oblika delova koji se mogu ekonomično proizvoditi pomoću numerički upravljenih mašina. Prikaz |289| sadrži ocenu primene mašina sa numeričkim upravljanjem u Engleskoj. Konstataže se da se broj ovakvih mašina u primeni počeo povećavati tek zadnjih dve do tri godine i znatno je manji u odnosu na primenu u SAD ili Japanu. Smatra se da se u narednom periodu mora ubrzati razvoj primene ovih mašina u obradi lima zbog prednosti koje nude u određenim slučajevima u odnosu na troškove proizvodnje. Prikaz |293| sadrži istorijski razvoj primene numerički upravljenih mašina za obradu lima pre svega u SAD, a zatim i u Engleskoj. Vrlo opširan rad |294| sadrži opis značajnih karakteristika primene numerički upravljenih mašina u obradi lima. Predviđa se u narednom periodu veoma brz razvoj primene ovih mašina.

U vezi savremenog razvoja mašina za obradu deformisanjem zaključno se može dati nekoliko konstatacija. Mašine se sve više projektuju i konstruišu za određenu tehnologiju, a sve manje se grade univerzalne mašine. Posebna pažnja se poklanja konstruktivnim detaljima koji omogućavaju veću proizvodnost i veću tačnost izradjenih delova. Projektovanje i konstrukcija automatskih linija za obradu deformisanjem kao i uopšte konstrukcija automatskih mašina su odlike savremenog razvoja ovog područja. Posebna pažnja se poklanja oticanju izvora vibracija u konstrukciji mašina koje imaju za posledicu proizvodnju buke. Bezbednosti rada i uslovi rada su veoma

uticajni činioci pri konstruisanju mašina za obradu deformisanjem. Primena numerički upravljanih mašina naročito za obradu lima se veoma brzo širi u određenim područjima obrade. Trend porasta proizvodnje mašina za obradu deformisanjem karakteriše se bržim porastom ove proizvodnje u odnosu na proizvodnju mašina za obradu skidanjem strugotine.

10. Stanje razvoja obrade deformisanjem u Jugoslaviji

Jugoslavija sa svojim dinamičkim posleratnim razvitkom, kao sastavni deo svetske zajednice i u razvoju primene savremenih saznanja nauke i tehnike u svetu učestvuje na određeni način. To se odnosi i na razvoj primene obrade materijala deformisanjem. Istina Jugoslavija u poredjenju sa drugim zemljama ne zauzima neko značajno mesto u proizvodnji čelika, što na određeni način ima uticaja na razvoj metalopreradjivačke industrije i mašinogradnje, pa prema tome i na razvoj primene obrade deformisanjem. Iako se često u planovima razvoja metalopreradjivačka industrija i mašinogradnja nalaze na prioritetnim pravcima, ipak su ove grane u značajnom relativnom zaostajanju. Da je ova ocena tačna najbolje govori obim i sadržaj uvoza iz ove oblasti. Uvozi se lim kao polufabrikat, uvoze se alati, uvoze se mašine i to u veoma velikom obimu. Ekonomski položaj metalopreradjivačke industrije i mašinogradnje je slabiji u odnosu na niz drugih industrijskih grana. To može da se oceni preko ostvarene akumulacije a i preko nivoa ličnih dohodaka. To stanje za ova područja je karakteristika dužeg niza godina. U takvom kontekstu treba posmatrati i razvoj obrade deformisanjem kao sastavnog dela metalopreradjivačke industrije i mašinogradnje.

Stanje razvoja obrade deformisanjem može se ocenjivati u odnosu na stanje u prethodnim godinama, ili pak u odnosu na aktuelno stanje razvoja u svetu. Ako se, dakle, relativno ocenjuje stanje razvoja primene obrade deformisanjem u Jugoslaviji u odnosu na stanje iz prethodnih godina, onda se vrlo brzo dolazi do zaključka o značajnom napredovanju u svim elementima. To se odnosi na razvoj istraživanja i aktivnosti vezanih za proširenje i primenu novih saznanja, razvoj nastave i obuka kadrova, razvoj primene novih tehnologija, proizvodnju alata i proizvodnju mašina. Prema tome u celini stanje razvoja se nalazi na znatno višem nivou nego bilo koje od prethodnih

godina. To se može ilustrovati nizom primera, bilo iz primene pojedinih tehnoloških metoda u proizvodnji ili pak iz područja naučno-istraživačke i vaspitno obrazovne aktivnosti. Značajan napredak je ostvaren u zbijavanju istaknutih stručnja sa ovog područja u Jugoslaviji. Organizonani dogovori o problematici razvoja područja, izmena iskustava i međusobna informisanja su poseban kvalitet, koji je već dao konkretne rezultate u nekoliko elemenata. organizovan je niz posebnih naučnih skupova (B.Luka, Niš, Kragujevac), pokrenut je poseban stručni časopis formirana je sekcija u okviru proizvodnog mašinstva, zajedničkom saradnjom ubrzava se osposobljavanje novih kadrova, radi se na oformljenju opšte jugoslovenskoj makro projekta iz ovog područja.

Savetovanja proizvodnog mašinstva su takođe jedan od pokazatelja razvoja obrade deformisanjem [302], [303], [304], [305]. Eksplicitno prisustvo obrade deformisanjem na savetovanjima proizvodnog mašinstva kao tematske oblasti počelo je na II savetovanju u Zagrebu 1966. god. i nalazilo se na savetovanjima u Sarajevu 1968., Opatiji 1970., Nišu 1974., i Ohridu 1977. Na II savetovanju u Zagrebu uvodni referat [302] bavio se problemom strukture razvoja tehnologije obrade metalnih materijala i na osnovu analize prisutnih referata na I i II savetovanju se zaključuje da je odnos 8:1 u korist metoda obrade skidanjem strugotine. Ako bi se analizirala struktura referata svih održanih savetovanja proizvodnog mašinstva verovatno bi bila značajna prednost na strani metoda obrade skidanjem strugotine. Međutim, ipak treba imati u vidu činjenicu da je na savetovanju u Ohridu bilo prisutno više referata iz obrade deformisanjem nego iz drugih oblasti. Značajno relativno napredovanje je neospořeno. Značajno relativno napredovanje ostvareno je i u proširenju primene obrade deformisanjem, međutim uglavnom uz uvoz mašina, a često i sa uvezenim alatima. Proizvodnja mašina ostvarila je napredak u prvom redu zahvaljujući proizvodnji hidrauličnih presa u Litostroju i Ravnama, zatim intenzivnom razvoju proizvodnje u Jelšingradu kao i proizvodnji u MIN-u i "Ivo Lola - Ribaru".

Realna ocena stanja razvoja primene obrade deformisanjem u našoj zemlji moguća je na bazi poređenja sa odgovarajućim razvojem u svetu. Za takvu ocenu neophodno je više prostora i više analitičkih podataka. Ipak ovde se daju neke naponeme kvalitativnog karaktera čiji je cilj podsticanje rasprave na ovu temu.

Razvoj istraživanja u području obrade deformisanjem je znatno intenzivniji u svetu nego u Jugoslaviji. Ova činjenica se uočava na osnovu broja specijalizovanih instituta (u Jugoslaviji takvih instituta nema) za obradu deformisanjem, stručnih savetovanja, konferencija, seminara i kongresa posvećenih pojednim delovima područja obrade deformisanjem kao što su: kovanje u kalupu, zapreminska hladna oblikovanje, obrade lima, visokobrzinsko oblikovanje, superplastičnost itd., broja objavljenih radova u stručnim časopisima i specijalizovanim knjigama. Istina u Jugoslaviji je znatno poboljšana situacija u odnosu na stručnu literaturu izlaskom knjige "Primljena teorija plastičnosti" od Prof. Musafije, kao i knjige "Osnovi teorije plastičnog deformisanja metala" od Prof. Devedžića. Ipak je to malo u odnosu na potrebe, jer ne raspolažemo specijalističkom literaturom za pojedina područja obrade deformisanjem. Za uspešniji razvoj obrade deformisanjem bile bi nužne neke mere da se spreči dalje relativno zaostajanje u odnosu na dostignuća u svetu.

Dalje značajno intenziviranje proizvodnje otkovaka u Jugoslaviji je u toku jer se nekoliko kovačnica izgradiju ili rekonstruiše. Ima se utisak da nije prisutno saznanje da je porast proizvodnje otkovaka u svetu na klasičan način zaustavljen. Neki elementi unapredjenja te proizvodnje su prisutni kao što je uvodjenje indukcionog zagrevanja, ali ipak se novi kapaciteti instaliju na klasičan način - nije npr. prisutno uvodjenje automatskih linija za kovanje ili instalisanje visokobrzinskih čekića i sl.

Primena hladnog zapreinskog deformisanja se relativno brzo razvija u Jugoslaviji. Primera za ovo ima više. To se odnosi na preduzeća: "Iskra" - Nová Gorica, "TVIK" - Knin, "UNIS-TADIV" - Konjic, "Petar Drapšin" - Novi Sad, "Gradac" - Valjevo, "Alipašin Most" - Sarajevo, "Milan Vidak" - Futog i drugi. Međutim, ovaj razvoj u celini je zasnovan na uvoznoj opremi, koja je veoma skupa. Osećaju se i prvi počeci primene obrade deformisanjem na ozubljene i ožljebljene elemente.

Područje obrade lima je značajno razvijeno. To se odnosi kako na proizvodnju automobila, koja uslovljava razvijenu obradu lima, tako i na druga područja obrade lima. Međutim, u ovoj oblasti osnovni nedostatak je u nepostojanju adekvatne domaće proizvodnje lima. Velike količine lima se još uvek uvoze. Proizvodne linije za obradu lima koje se sreću u fabrikama automobila su pretežno od uvozne op-

reme. U ovoj proizvodnji se veoma često i u velikom obimu koriste i uvezeni alati za obradu lima. Dakle, ako se uvezeni lim obradjuje pomoću uvozne opreme i na uvezenim alatima, onda se stanje razvoja i na ovom području mora oceniti kao nezadovoljavajuće.

Očit pokazatelj nedovoljne organizovanosti i nedovoljne razvijenosti ogleda se u aktivnostima u odnosu na sasvim nove tehnološke metode. Može se konstatovati da takvih aktivnosti na organizovanom istraživačkom radu nema.

Stanje razvoja proizvodnje alata za obradu deformisanjem u izvesnoj meri zaostaje u odnosu na razvoj primene pojedinih tehnologija obrade, a znatno zaostaje u odnosu na razvoj u svetu, naročito u pogledu organizovanja racionalne proizvodnje alata na bazi visokog stepena standardizacije elemenata. Istina, i proizvodnja alata je različito razvijena za pojedine oblasti obrade deformisanjem. Tako se npr. proizvodnja kalupa za kovanje u celini uspešno realizuje u zemlji, a veoma malo se proizvode u zemlji krupni alati za obradu lima. Odredjeni problemi postoje i u proizvodnji alata iz tvrdog metala, mada se i u tom području značajno napredovalo.

Konstrukcija i proizvodnja mašina za obradu deformisanjem je u najvećem zaostajanju za razvojem u svetu. Ovakav zaključak se neminovno nameće na osnovu obima uvoza mašina za obradu deformisanjem. To se odnosi kako na mašine za primarnu obradu deformisanjem, koje se koriste u željezarama tako i na mašine za proizvodnju metalnih delova. U Jugoslaviji skoro da i nema automatskih mašina za obradu deformisanjem domaće proizvodnje. Pogotovo nema automatskih proizvodnih linija. Nema konstrukcije specijalnih mašina za obradu deformisanjem, nema primene numeričkog upravljanja na mašinama za obradu deformisanjem. Dobro bi bilo ako bi ove tvrdnje bile demantovane nekim saopštenjem na ovom savetovanju. Zaključak je neminovan: značajno se zaostaje u razvoju proizvodnje sredstava rada za obradu deformisanjem. Ovo zaostajanje ima teže posledice zbog predviđanja ubrzanih razvoja primene tehnologije obrade deformisanjem u obradi metala. Nerazvijena proizvodnja sredstava rada ograničava iskorišćenje potencijalnih mogućnosti obrade deformisanjem u sniženju troškova proizvodnje. Međutim, značajniji napredak u ovoj oblasti je moguć samo uz korišćenje znatno jačeg kadrovskog potencijala i tek kroz određeno vreme. Brže promene verovatno nisu moguće. Za proizvodnju mašina za obradu deformisanjem morao bi postojati značajniji interes proizvodjača opreme, odnosno postojeći proizvodjači bi trebali ostvariti ubrzani razvoj uz angažovanje značajnog kadrovskog potencijala.

L I T E R A T U R A

1. Alexander J.M.: New forming processes for reducing wasteful cutting. *Metals Technol.*, 1976, No 9, 393-411.
2. Konfer.o novim legurama za kos.teh.: Forging and properties of aerospace materials. M.M., 1977, No 6, 254-256.
3. Szotek J.: Aktualny stan i prognoza razwoju obróbki plastycznej metali w Polsce. *Prz.Mech.*, 1977, No 14, 481-483.
4. Weinmann K.J.: Review of materials Processing Literature 1973-1975 German Language Literature. Part 1. Metal forming. *Trans*, 1977, B99
5. Doege E.: Stand der Entwicklung in der Umformtechnik. *VDI-Z*, 1977, No 20, 977-985.
6. Pavlov V.I. Karasev O.V.: Mašinostrojeniju - progresivnuju zagotoviteljnju bazu, KŠP, No 4, 1978, 3-6.
7. Unksov E.P.: O razvitiu teorii obrabotki metallov davlenijem. KŠP, No 6, 1978, 1-5.
8. Romanovski P.V.: Puti razvitiya listovoj štampovki. KŠP, No 12, 1978, 14-15.
9. Neuberger F.: 25 Jahre Forschungszentrum für Umformverfahren Zwickau. UT, No 2, 1978, 3-7.
10. Siegel R.: Werkstoffkunde im Dienst der Umformtechnik. UT, No 2, 1978, 31-34.
11. Hoffmann F., Meyer G.: Entwicklungstendenzen der Umformtechnik, UT, No 2, 1978, 35-43.
12. Frost & Sullivan, Ltd, London/England: Sechs westeuropäische Länder geben für Werkzeugmaschinen zur spanlosen Verformung doppelt soviel aus wie die USA. BRP, No 4, 1978, 183.
13. Lange K.: Neuere Entwicklungen in der Blechbearbeitung. BRP, No 10, 1978. 486-489.
14. Karlheinz W.: Schmiedestücke auf der Hannover - Messe. BRP, No 10, 1978. 523.
15. Müser H.: Der Drahtmarkt 1976/77. DW, No 1, 1978, 16-17.
16. Büttner G.: Ausgaben für spanlos umformende Werkzeugmaschinen in Europa doppelt so hoch wie in USA, DW, No 4, 1978, 128.
17. Radke H.: Verfahren, Werkzeuge, Wirtschaftlichkeit - strang-pressen von Al-Werkstoffen. DW, No 4, 1978, 137-142.
18. Gottowik H.: Schraubenmarkt unter Importdruck. DW, No 8, 1978, 300.
19. Oswell R.H.: Cost saving in the press shop - Pressing for more time is pressing for money. SM, No 12, 1977, 1170-1176.
20. Assar N.: A new way of automating press lines. SM, No 12, 1977, 1190.
21. Yoshida Kiyota, Hayashi Yutaka: Developments in research into sheet - metalforming processes in Japan - part 1. SM-1, No 12, 1978, 7-24.

22. Gunnar G.: Safety in the press-shop-Combining presswork Safety and ergonomics with high productivity - An informed view from Sweden. SM-1, No 12, 1978, 25-28.
23. Mills W.G.: Satisfying the demands of industry for metalforming machines. SM-1, No 12, 1978, 29-33.
24. Hilbers H.G.: Technology Forecast '76 - Trends in Forming. MP, No 1, 1976, 49-51.
25. Hilbers H.G.: Technology Forecast '77, - Trends in Forming MP, No 1, 1977, 50-55.
26. Chandler E.H.: Technology Forecast '78 - Trends in Forming Technology MP, No 1, 1978, 72-75.
27. Feldmann H.D.: Fachtagung Kaltmassivumformung. Tech.Zbl.prakt. Metallbearbeitung, No 2, 1977, 65.
28. Meyer N.H.: Schmiedetechnik. VDI-2, No 23, 1976, 1135-1140.
29. Feldmann H.D.: Kaltmassivumformung. VDI-Z, No 23, 1976, 1141-1146.
30. Michler K.W.: Automation in der Massivumformung. Die Maschine, No 3, 1977, 15-19.
31. Wanheim T. i dr.: Anwendung der Modelltechnik bei Massiv-umformvorgängen. Ind.-Anz. No 70, 1977, 1339-1343.
32. Percival-Barker K.: The 21st century anvil chorus. A push-button for the forging industry. MM, No 6, 1977, 246-250.
33. Marczinski H.J.: A study of the economics of die forging. MM, No 8, 1977, 353-355.
34. Lange K.: Neuere Möglichkeiten der Werkstückherstellung durch Massivumformen. Ind.-Anz, No 102, 1976, 1817-1824.
35. Ikeda Iwao: Plastische Umformung in der Wälzlagerringindustrie unter besonderer Berücksichtigung des Kaltumform-prozesses. Wiss.Z.d.T.H. KMS, No 5, 1977, 573-581.
36. Dolorme I.F.: Frappe à froid de l' acier 100 C6, pour roulements. Rev. Mét. (France), No 12, 1977, 697-715.
37. Burgdorf M.: Kaltmassivumformung. VDI-Ber., No 277, 1977, 99-105.
38. Kurt L.: Fertigung genauer Formteile durch Kaltmassivumformen D, No 2, 1978, 67-72.
39. Johnson W.: A survey of some physical defects arising in metal working, processes. Proc. 17 th Int.Mach.Tool Des.and Res., conf. Birmingham, 1976, Birmingham 1977, 607-621.
40. Chitkara N.R.: A class of slip-line field solutions for unsymmetrical extrusion. Proc. 17th Int.Mach.Tool Des.and Res. conf. Birmingham 1976, Birmingham 1977, 435-444.
41. Boljšakov P.G. i dr.: Puti razvitija tehnologiji kuznječno-štampovoč-novo proizvodstva, KŠP, No 1, 1975, 3-7.
42. Stenger H.: Bedeutung des Formänderungs-vermögens für die Umformung. Bänder Bleche Rohre, No 9, 1967, 599-605.
43. Rusinek Z.: Entwicklungen des INOP Poznań beim Massivumformen UT, No 2, 1978, 52-58.

44. Hýsek R.: Entwicklung der Massivumformtechnik in der ČSSR, UT, No 3, 1978, 31-37.
45. Möckel L.: 9 Internationale Gesenk-schmiedetagung-Kioto 1977. UT, No 3, 1978, 11-13.
46. Fischer E.: Kaltformteile fertigbearbeiten. DW, No 9, 1978, 349-351.
47. Pepe J.J.: Central Burst Formation During Hydrostatic Extrusion. Metals Engineering Quarterly, No 1, 1976, 46-58.
48. Dannenmann E.: Verfahren zur Prüfung der Kaltstauchbarkeit. D, No 12, 1978, 703-706.
49. Stolz G., Thiele K.: Massivumformen kalt-, halbwarm- und warm. D, No 12, 1978, 714-720.
50. Wetter E.: Qualitätssicherung in der deutrchen Schmiedeindustrie. Werkstattstechnik, No 2, 1977, 95-98.
51. Pawelski O.: Theoretische Grundlagen des Freiformschmiedens Stahl und Eisen, No 4, No 5, 1977, 158-163, 209-212.
52. Grulke N.: Induktions-Blockerwärmungsanlage im Schmiedebetriebe.BBC-Nachr., No 5, 1977, 207-212.
53. Lloyd E.: Energy conservation, noise and metal forming. MM, No 6, 1977, 260-262.
54. Maicki R.J.: Orbital forging. MM, No 6, 1977, 265-269.
55. Schorman F.W.: Hot-bar extrusion and effect of radial temperature profiles in the billet. Metals Technol., No 2, 1977, 91-99.
56. Garz E.: Gesenkschmiedestücke-wirtschaftlich auch bei kleinen Losgrössen. Ing.Dig., No 5, 1977, 53-55.
57. Thomas A.: Drop Forging. Eng.Dig., No 6, 1977, 35-41.
58. Chen C.C.: Deformation characteristics of Ti-6Fi-4V alloy under isothermal forging conditions.
59. Dean T.A.: The feasibility of flashless foring. MM, No 11, No 12, 1977, 488-498, 542-544.
60. Edmonson R.: Automatic hot forging. MM, No 11, 1977, 506-511.
61. Black J.: Computer application in the free-forging industry. Metallurgia, NO 1, 1978, 4-10.
62. Voigtländer O.: Genauschmieden. VDI-Ber., No 277, 1977, 107-116.
63. Thomas A.: The accuracy of forging load estimation in drop forging. Proc. 17th Int.Mach.and Tool Des.and Res.conf. Birmingham 1976, Birmingham 1977. 343-353.
64. Gessinger G.H.: Hot workability of mechanically alloyed IN-738. 17th conf. Birmingham 1976, Birmingham 1977, 371-378.
65. Rainbird A.: Einheitliche Bearbeitungszugaben für das Nachbehandeln von Gesenkschmiedestücken. Maschinenmarkt, No 82, 1977, 1619-1622.
66. Brooks R.G. i dr.: The Osprey Process: a novel method for the production of forgings. MM, No 4, 1977, 157-163.
67. Rogers E.S.: Energy conservation in the drop forge. M, No 8, 1978, 422-435, No 9, 1978, 474-485.

68. Nadkarni S.A.: Continuously cast steel for drop forging. M, No 10, 1978. 567-570.
69. Miller R.H.: Oxygen, nitrogen and argon in the metallurgical industries, MM, No 9, 1977, 392-404.
70. Scott K.: Some aspects of energy requirements in the Forging Industry. M, No 11, 1978, 633-637.
71. Ljevanov N.A.: Sovjeršenstvovanije zakritih štampov. KŠP, No 2, 1978. 4-6.
72. Tjetjerin P.G.: Statističeskij analiz othoda metala v obloj pri atkritoj štampovke na molotah i K GŠP. KŠP, No 2, 1978, 34-36.
73. Manjegin V.JU: Vlijjanije stjeklosmazki na uslovija trjanija pri gorjačjaj deformaciji. KŠP, No 4, 1978, 9-12.
74. Tjetjerin P.G.: Avtomatizacija tehnologičeskoj podgotovki v garjačestampavočnom proizvodstve. KŠP, No 7, 1978, 40-43.
75. Bachmann K.: Erfahrungen bei der Anwendung des gratlosen Schmiedens von Ausgleichradachsen. UT, No 1, 1978, 8-10.
76. Mandle D.: Horizontales stranggiessen. BRP, No 11, 1977, 436-441.
77. Mayer B.O.: Ein zeitgemäßes Prozessleistsystem für Stranggiessanlagen. DW, No 7, 1978, 250-254.
78. Čjer L.: Primjenjenije matematičeskovo modelirovanija njeustanovivšihsja procesov plastičeskovo djeformirovanija pri rješenii tjehnološčeskikh zadači. KŠP, No 3, 1978, 13-17.
79. Pokras B.I.: Analiz kontaktnovo vzajmodejstvija instrumenta s zagotovkoj v procesah OMD. KŠP, No 4, 1978, 6-9.
80. Avitzur B.: Flow through conical converging dies with hydrodynamic lubrication treated as an adiabatic process. Conf.Birmingham 1976, Birmingham 1977, 445-451.
81. Vajo P., Meyer R.: Untersuchung der Fliessspannung beim Kalt- und Warmumformen von Stahl mit hoher Umformgeschwindigkeit. Wiss.Z. Tech.Hochsch. Magdenburg, No 8, 1977, 807-815.
82. Newby R.J.: Formability Fundamentals. SM, No 11, 1978, 1180-1191.
83. Farouk M.F.: Axially uniform tube bulging. SM, No 11, 1978, 1192-1196.
84. Ayres A.R.: Aluminium Formability. SM, No 11, 1978, 1208-1216.
85. Robert A.G.: Estimating Yield strenght From Hardness Data. Metal Progress, Maj, 1976, 30-35.
86. Hankele K.: Kombination "Umformung+Wärmebehandlung" bei Al-Legierungen. D, No 9, 1978, 487-491.
87. Cox J.G. i dr.: Metal fatigue: Some practical aspects. MM, No 4, 1977. 146-156.
88. Nosov K.V. i dr.: Vozmožnosti praktičeskovo ispolzovanija efekta vodorodnovo plasticirovaniya titanovih splavov. KŠP, No 6, 1978, 11-13.
89. Leykann H.: Berechnung der Fliesskurve für Fliesspressstähle sowie der Festigkeit, Bruchdehnung und Brucheinschnürung kaltumgeformter Werkstücke aus der Werkstoffanalyse nach WAGENBACH. D, No 11, 1978, 648-651.
90. Ollilainen V.: Die Eingenschaften eines neuen, kaltumformbaren hochfesten Stahls. D, No 11, 1978, 658-664.

91. Davison M.R.: Mechanical Properties of Low-Carbon High-strength steel sheet. *Metals Engineering Quarterly*, No 1, 1976, 10-22.
92. Marx G.: Probleme beim Verwenden von Fliesskurven für die Berechnung von Spannungen und Kräften in der Umformtechnik. *Die Technik*, No 4, 1977, 234-236.
93. Hashmi M.S.J.: The effect of friction in simple upsetting of cylindrical billets of elastic-plastic and elastic-strain hardening material: a numerical technique Proc. 17th Conf. Birmingham 1976, Birmingham 1977. 597-604.
94. Binder H.: Untersuchungen über das Halbwarmfliesspressen. *Industrie-Anzeiger*, No 29, 1977, 512-513.
95. Reiner K.: Berechnung des Kraft-und Arbeitsbedarfes beim Strangpressen. *Metall (W.Berlin)*, No 3, 1977, 268-275.
96. Vollmer T.T.: The direct extrusion of tubes and bars from sponge iron powder billets. *Powder Met.*, No 2, 1977, 78-83.
97. Cser L.: Ermittlung der optimalen Werkzeuggeometrie beim radialen Fließpressen. *Period. Polyt. Mech. Eng.*, No 3, 1976, 189-211.
98. Schmoekel D.: Oberflächenbehandlung beim Kaltfliesspressen von Stahl. *Werkstatt und Betrieb*. No 10, 1978, 673-677.
99. Castle A.F.: Der Einfluss von Zusatzelementen und Wärmebehandlungen auf das Warmumformverhalten binärer Aluminiumlegierungen beim Strangpressen. *Aluminium (BRD)*, No 9, 1977, 535-539.
100. Ruppin D.: Direktes Strangpressen mit konstanter Austrittstemperatur-Einsatz variabler Pressgeschwindigkeit. *Aluminium (BRD)*, No 9, 1977, 543-548.
101. Guimier A. i dr.: Etude de l'écoulement du métal et de la formation de chevrons lors l'extrusion à froide de l'acier. *Metalux deformat.*, No 42, 1977, 41-50.
102. Nagpal V.: Analysis of plane-strain extrusion through arbitrarily shaped dies using flow function Trans. ASME, No 3, B 99, 1977, 754-758.
103. Abdul N.A.: Assessment of lubrication for the cold extrusion of steel. Conf. Birmingham 1976, Birmingham 1977, 401-409.
104. Sheppard T., Wood E.P.: On the pressure required for extrusion of shaped aluminium sections. 17 th Conf. Birmingham 1976, Birmingham 1977, 411-421.
105. Holloway C. i dr.: On load pressure requirement during the cold extrusion of composite materials. 17 th Conf. Birmingham, Birmingham 1977, 389-399.
106. Theimert P.H.: Kaltfliesspressen-Vergleich mit anderen Vertigungsverfahren. *Werkstatt und Betrieb*, No 5, 1978, 289-296.
107. Marston V.G.: Cold extrusion process for forming blind-ended splined shafts. M, No 1, 1978, 44-46.
108. Golovin A.A.: Tjehnologija holodnovo obratnovo vidovljivanija stupnjastim puansunom. KŠP, No 4, 1978, 15-17.
109. Alifanov V.A. i dr.: Izgatovljenije prjamozubnih šjestjeren holodnim vidavlivanjem. KŠP, No 7, 1978, 4-5.
110. Gusev S.L. i dr.: O vazmožnostji palučjenija abratnim vidavlivanjem polih djetaljej s naružnimi kaljcevimi vistupami. KŠP, No 7, 1978, 8-10.

111. Geiger R.: Kombinationen von Fliesspressverfahren. BRP, No 4, 1978. 176-183.
112. Materniak J.: Kaltquerfliesspressen. D, No 1, 1979, 2-5.
113. Holloway C.: On temperature rise during the extrusion of Composite materials. J.Mech.Work.Techn., No 4, 1978, 343-359.
114. Howard A.K. i dr.: Metal flow studies for powder preform forging. Powder Met. Conf. Atlanta 1975, Princeton 1975, 159-174.
115. Schacher H.D.: Kaltumformen von Sintermetal. Ind.Anz. No 70, 1977, 1329-1333.
116. Asley A.J.: Forging successes. SAE Prepr. No 770099, 1977, 9-11.
117. Negm M, Davis R.: Material behavior and limits of cracking in powder preform forging. 17th Conf. Birmingham 1976, Birmingham 1977, 489-496.
118. Bockstiegel G.: Technische und wirtschaftliche Möglichkeiten des Pulverschmiedens. Ind.Anz., No 86, 1977, 1721-1724.
119. Shakespeare J.: Drop forging in Japan. M, No 4, 1978, 208-212.
120. Williams B.: Looking after the powder metallurgy industry. M, No 12, 1978, 719-721.
121. Dycke N.: Halbwarmfliesspressen. Werkstatt und Betrieb, No 12, 1976, 729-735.
122. Kasada Sh. i dr.: Möglichkeiten der Schmierung beim Halbwarmumformen auf Mehrstuifenpressen. Ind.Anz., No 65, 1977, 1247-1249.
123. Dannenmann E.: Halbwarmfliesspressen von Stahl. Ind.Anz., No 12, 1978.
124. Metcalfe A.G.: Isothermal metal forming. Pat. USA, No 3944782, 28.06. 74, objavljen 16.03.1976.
125. Gerasimov A.V.: Anlagen für die Warmumformung unter isothermen Bedingungen. UT, No 3, 1978, 14-19.
126. Kopacz Z.: Profilwalzmaschine zum Kaltwalzen von Evolventen-Verzahnungen. VDI-Z, No 9, 1977, 389-391.
127. Olszewski M.: Erfahrungen mit Automaten zum Schrägwälzen von Spiralbohrern. Metallverarbeitung, No 3, 1977, 81-83.
128. Nollkemper M.: Kaltmassivumformen-ein kostenersparendes Fertigungsverfahren. Tech. Int., No 5, 1977, 3-7.
129. Robinson M. i dr.: A Workability analysis of the cold forging of gears with integral teeth. J.Mech. Work. Techn., No 3, 1978, 215-230.
130. Kopacz Z.: Profile rolling of involute splines. MM, No 5, 1977, 201-204.
131. Demin M.I.: Razvitiye kuznječno-presovovo proizvodstva. KŠP, No 9, 1978, 1-4.
132. Skrocki R.R.: Precision Forging of Spiral Bevel Gears. Metals engineering Quarterly, No 1, 1976, 58-61.
133. Wolfgang S.: Gesenkenschmiedestücke aus Kupfer-Zink-Legierungen hochwertige Konstruktionsbauteile. Metalurgie (Belg.), No 1, 1977, 36-40.
134. Beiss P.: Formänderungsfestigkeit von Kupfer und Kupferlegierungen beim strangpressen. Metall (W.Berlin), No 11, 1977, 1206-1214.

135. Brühl R.: Patentieren und Ziehen von Drähten. DW, No 3, 1978, 76-80.
136. Steininger Z.: Drahtfehler mindern Schraubenqualität. DW, No 9, 1978, 339-342.
137. Steininger Z.: Drahtfehler bei Federringen. DW, No 10, 1978, 413-417.
138. Krause H. i dr.: Ziehverfahren beeinflusst Eigenspannungszustand. DW, No 11, 1978, 428-432.
139. Karlheinz W.: Der Draht-Aussenhandel Österreichs 1977, D, No 12, 1978, 738-740.
140. Nazeer A.: Cold processing of hydrostatically extruded wire to meet mechanical properties specification. Wire J., No 2, 1977, 61-66.
141. Ghosh K. i dr.: The influence of strain-path changes on the formability of sheet steel. The 9th bien.Congr. of the Int.Deep.Drow Res.Group,1976 167-178.
142. Gronostajsk J.: The effect of anisotropic plasticity and work-hard enging on the sheet metal drawability. The 9th Cong. Depp. Drawing Res. Group, 1976, 81-96.
143. Rauter A. i dr.: A new plastic instability criteria for sheet metal forming applications. The 9th Congr. DDRC, 1976, 115-130.
144. Kilp K.: Entwicklungen im Bereich der Blechumformung. Werkstattstechnik, No 2, 1977, 105-109.
145. Hermann R.: Blechbearbeitung. VDI-Z, No 24, 1976, 1199-1204.
146. Kiethe H.: Tagung Stanztechnik '76. Werkstattstechnik, No 4, 1977, 237-239.
147. Kleemala H.J. i dr: Effect of predeformation and strain path on the forming limits of steel, copper and brass. SM, No 6, 1977, 591-599.
148. Larsen B.: Formability of sheet metal. SM, No 10, 1977, 971-977.
149. Hasek V., Metzger P.: Usefulness of the theories of necking and inhomogeneity of the material in the description of the FLD (Forming Limit Diagram). SM, No 9, 1977, 842-850.
150. Hsu T.S., Lee S.Y.: On the drawability of sheet metal in noncircular cups. Trans. ASME, No 3, B 99, 1977, 615-619.
151. Tiros J. i dr.: Hydroforming process for uniform wall thickness products. ASME, No 3, B 99, 1977, 685-691.
152. Mellor P.B.: Sheet metal forming processes Eng.Dig. (G.B.), No 9,1977, 59-67.
153. Dreszik H. i dr.: Technologische Untersuchungen zum schalenpressen dicker Stahlbleche. Fertigungstechnik und Betrieb, No 1, 1977, 748-752.
154. Akerct R.: Versagen von Aluminium-werkstoffen bei der Umformung infolge lokalisierter Schiebezonen. Aluminium (BRD), No 3,1978,193-198.
155. Hasek V.: Untersuchung und theoretische Beschreibung wichtiger Einflussgrössen auf das Grenzformänderungsschaubild. BRP, 1978.
 - Teil I - No 5, 213-220
 - Teil II - No 6, 285-292
 - Teil III - No 10, 493-499
 - Teil IV - No 12, 617-627.

156. Schlosser D.: Geometrische Eigenschaften tiefgezogener Krieszylindrischer Nápfe. BRP
 - Teil I - No 8, 1978, 361-367
 - Teil II - No 9, 1978, 413-421
 - Teil III - No 11, 1978, 566-574
 - Teil IV - No 12, 1978, 628-635
 - Teil V - No 1, 1979.
157. Furmjenko E.JU.: Avtomatizirovannaja linija dlja proizvodstva staljnih prokatno-svarnih panjelnih radiazorov. KŠP, No 12, 1978, 22-23.
158. Doege E. i dr.: Ein Beitrag zur Beurteilung der Schneidbarkeit von Elektroblech schwingungsfreier Schneidvorgang. BRP, No 10, 1977, 382-387.
159. Werner S.: Die senkrechte Anisotropie r von Feinblechen. BRP, No 6, 1978, 271-276.
160. Lange K.: Blech-Qualitätswerkstoff mit Zukunft. BRP, No 10, 1978, 450-451.
161. Hobbs M.R. i dr.: Use of grid strain analysis for die development and process Control in Australian press shops. SM, No 4, 1978. 451-464.
162. Korhonen S.A.: Work-hardening and formability of austenitic strainless steel-sheets. SM, No 5, 1978, 598-606.
163. Hiam J., Lee A.: Factors influencing the forming-limit curves of sheet steel. SM, No 5, 1978, 631-641.
164. Clean Mc W. i dr.: A strain-measurement sistem for sheet-metal forming. SM, No 5, 1978, 653-658.
165. Johnson E.W.: How GE Optimizes steel usage in sheet Metal Forming Metal progress, Jun 1976, 40-46.
166. May E.P.: The history of deep-drawing stainless-steel sink Bowls. SM, No 12, 1978, 89-91.
167. Kleemola J.H. i dr.: A comparison of the formability of aluminium and steel sheets. SM, No 6, 1978, 703-713.
168. Renne P.I. i dr.: Ustajčivost plastičjeskavo tečjenje v processah formoobrazovanija listavnih zagotovok iz transferzalno izotropnog materiala. KŠP, No 3, 1978, 17-21.
169. Hasek V.: Anwendung von Grenz-formänderungsschaubildern. Ind.Anz. No 20, 1977, 343-347.
170. Woo D.M.: Analysis of deep-dracing over a tractrixdie. ASME, 1976, H 98, No 4, 337-341.
171. Panknin W.: Grundlagen des Tiefziehens zur herstellung zweiteiliger Dosen. Werkstatt und Betr., No 5, 1977, 313-319.
172. Zeller R.: Änderung der Werkstoffeigenschaften beim Ziehen von Zylindrischen Hohlkörpern aus austenitischen und ferritischen nichtrösten-den Stählen. Ber.Inst. Umformtechn.Univ.Stuttgart, 1976, No 42, 127S.
173. Dreszik H. i dr.: Umformgrade und Versagensfälle beim niederhalterlosen Tiefziehen dicker Stahlbleche. Fertigungstech.und Betr. No 9, 1977, 550-553, 557.

192. Garreis F.: Beschreibung von Genauschneidverfahren und Ihr Anwendung Grenzen. UT, No 5, 1978, 30-38.
193. Birsner F.: Rationalisierung in der Stanztechnik. BRP, No 10, 1977, 376-381.
194. Liebing H.: Wirtschaftliches Fertigen bei der Blechbearbeitung. Bänder Bleche Rohre, No 9, 1978, 357-362.
195. Becker H.: Vereinfachtes Modell zur Schmierstoffauswahl. Bänder Bleche Rohre, No 9, 1978, 362-366.
196. Becker H.: Optimierung der Ausnutzung der Pressenraft beim Lochen. Bänder, Bleche Rohre, No 9, 367-369.
197. Shidle R.W. i dr.: A thermal hydrodynamic lubrication theory for hydrostatic extrusion of low strength materials. Trans. ASME, 1976. F 98, No 2, 335-342, 342-343.
198. Hogland R. i dr.: Hydrostatisches Strangpressen von Profilen und Rohren aus NE-Metallen. Metall, No 5, 1977, 515-519.
199. Tirosh J., Grossman G.: Continous extrusion by viscous drag. Trans. ASME, H 99, No 1, 52-58.
200. Pugh H.L., Marr I.M.: Same novel applications of hydrostatic forming Part I, Rev.M., No 2, 1977, 71-80.
201. Lengyel B. i dr.: Strain and pressure distribution in extrusion containers. 17th conf.Birmingham, Birmingham 1977, 429-433.
202. Osakada K., Asada R.: Cold and warm extrusion on fine wire. I.Mech. Work. Tech., No 3, 1978, 277-290.
203. Decours I. i dr.: Adaptation d'une presse conventionnelle pour le filetage hydrostatique à froid ou à chaud. Mém.Sci.Rev.mát., No 2, 1977, 91-101.
204. Burhardt A.: Stand der Technik von Hochgeschwindigkeits Verfahren der Werkstoffbearbeitung, Erster Teil. Werkstattstechnik, No 11, 1976, 627-630.
205. Ghosh S.K.O.: The measuring of dynamic strains and forces in explosive forming of aluminium domes. Aluminium (BDR), No 9, 1976, 569-571.
206. Weckerle H.J.: Energieumsatz beim elektrohydraulischen Umformen. VDI-Z, No 8, 1977, 393-400.
207. Thompson P.J.: A plasto-hydrodynamic analysis of high speed base disc forging. 17th Conf.Birmingham, 1976, Birmingham 1967, 587-595.
208. Morgoljenko S.A. i dr.: Novije visokoskorostnije kuznječno-presovije mašini s pnevmomehanjičkim privodom. KŠP, No 3, 1978, 31-33.
209. Kononenko G.V. i dr.: Visokoskorostnaja točnaja objomnaja štampovka djetaljej iz titanovih splavov. KŠP, No 5, 1978, 6-8.
210. Atrošenko P.A. i dr.: Soprativljenje plastičjeskomu formoizmjenjenju pri visokoskorostnom vidavljanju. KŠP, No 5, 1978, 8-10.
211. Čečeta A.I. i dr.: Kaprijedjelenju vremjeni kantakta instrumjenta s zagotovkoj pri garjačej visokoskorostnoj štampovke. KŠP, No 5, 1978, 11-12.

174. *Odel E.*: Analysis and design of a variable position minimum pressure blenk - holder system for axisymmetric deep drawing. *Int.I.Mach.Tool Des.and Res.*, No 2, 1977, 77-89.
175. *Chakrabarty P. NG.J., Mellor P.B.*: Instability modes in deep-drawing 17th Conf.Birmingham 1976, Birmingham 1977, 579-586.
176. *Čauzov S.A. i dr.*: Gidromehaničeskaja vitjažka sferičeskikh i paraboličeskikh djetaljej. *KSP*, No 5, 1978, 14-16.
177. *Maksak V.I.*: Verfahren zur Wanddickenminderung rohrförmiger Ausgangsteile. *UT*, No 4, 1978, 12-15.
178. *Kluge S.*: Einfluss der Umformgeschwindigkeit auf die mit der Tiefzieharkeit karelierenden Werkstoffkenngrössen. *UT*, No 5, 1978, 11-20.
179. *Mellor B.P.*: Deep-drawing and redrawing of thin sheet materials. *SM*, No 12, 1977, 1180-1188.
180. *Weidemann C.*: The blankholding action of draw beads. *SM*, No 9, 1978. 984-989.
181. *Brambauer F.*: Deep drawing without blankholder on hydraulic single-column presses. *SM*, No 12, 1978, 38-42.
182. *Gorbauch S. i dr.*: Entwicklungsstand und Anwendungsmöglichkeiten des Abstreskdrückens. *Fertigungstechnik und Betrieb*, № 3, 1978. 174-177.
183. *Slater R.A.*: Spin-forging of sheet metal cones having various cone angles and an upper bound estimate for the tangential components force exerted at the workpiece-roller interface. *Conf.Birm.* 1976. Birmingham 1977, 521-529.
184. *Packham L.C.*: Shear and flow forming of austenitic chrome-nickel steel. *SM*, No 1, 1978, 12-14.
185. *Busikov M.JU.*: Novije spasob i stan rotacionovo vidavlivaniya asobotonostjenih cilindrov povišenoj točnosti. *KSP*, No 5, 1978, 23-26.
186. *Packham L.C.*: Metal spinning and shear and flow forming. *MM*, 1976.
 - part I - No 6, 168-170
 - part II - No 7, 203-206
 - part III - No 8, 250-252
 - part IV - No 9, 281-285
187. *Mäde W.*: Kraft - und Arbeitsberechnung bei Biegen von Hutprofilen aus weichen unlegirten Stahlblechen. *Fertigungstechn.und Betr.* No 1, 1977, 47-51.
188. *Erüller E.*: Stanz-Biege-Automaten im Einsatz. *DW*, 1978,
 - Teil I - No 4, 147-151
 - Teil II - No 5, 181-186
 - Teil III - No 6, 227-231
189. *Marejka P.*: Untersuchung des Kraft-und Arbeitsbedarfes beim Lochen von austenitischen Grobblechen. *VDI-Z*, No 12, 1977, 593-603.
190. *Kasuga Yasuo i dr.*: Pressure sensitive pin applicable to the shearing test of sheet metals. *Magaya Univ.* No 1, 1976, 173-183.
191. *Michalenko F.P.*: Verteilung der Kontaktspannungen beim Schneiden. *UT*, No 4, 1978, 41-46.

212. Unkov E.P.: Tretij svjesojuzni sjeminar "Dejstvije električjeskovo polja i magnitnovo polja na plastičeskuju djeformaciju metala." KŠP, No 12, 1978, 42-43.
213. Weckerle J.H.: Der Einfluss der geometrischen Gestalt des Werkstückes auf die Energieübertragung beim elektrohydraulischen Umformen. BRP, No 6, 1978, 267-270. und No 8, 1978, 368-372.
214. Birch S., Tech B.: Can formation by impakt extrusion. SM, No 6, 1978, 714-721.
215. Clarke E.J.: Three ton electronic press with only one moving part. SM, No 11, 1978, 1219-1220.
216. Chadwick H.: Impact of high-pressure gas cylinders in H30TF aluminium alloy. M, No 6, 1978, 306-309.
217. Sogrišin P.JU.: Štampovka na visokoskarostnih molotah. "Mašinostrojenije", Moskva, 1978.
218. Pavlov A.V.: Fizičeskije osnovi holodnoj deformaciji OCK metalov. "Nauka", Moskva, 1978.
219. Papšev D.D.: Odjeločno-upročnjajuščaja abrabortka povjerhnostnim plastičeskim deformiranjem "Mašinostrojenije", Moskva, 1978.
220. Mamalis A.G. i dr.: Forming of superplastic zincaluminium sheet into a re-enrant die. Metals Technol., No 3, 1977., 160-166.
221. Schelosky H.: Beitrag zum Verhalten superplastischer Werkstoffe beim Massivumformen. Ber. Inst. Umformtech. Univ. Stuttgart, 1976., No 37, 1855.
222. Schelosky H.: Fliesspressen superplastischer Legierung. Werkstattstechnik, No 9, 1977, 533-538.
223. Wasilnyk P. i dr.: Examination of the parameters in the process of die forging of superplastic alloys. Zesz.nauk AGH, No 649, 1977., 231-245.
224. Hubert J.F.: Superplastic metalforming. Tool.and Prod., No 12, 1977. 74-77.
225. Corti C.W. i dr.: Superplastic isothermal forging: a model metal flow study. J.Mech.work.Techn., No 1, 1977, 35-51.
226. Murkin V.V. i dr.: Termoštampovka arjebrjenih djetaljej v sastajanii cvjerhplastičnosti. KŠP, No 3, 1978, 2-4.
227. Atrošenko P.A. i dr.: Isljedovanje štampovki pakovok s vitjanutoj osju na molotah s primjenjenjem termomjehaničjeskoj obrabotki. KŠP, No 3, 1978, 4-6.
228. Paškevič G.A. i dr.: Upravljenije rasprjedjeljenjem tolščini pri pnmotermičjeskoj formovke listovih detaljej v rježime svjerhplastičnosti. KŠP, No 8, 1978, 36-39.
229. Pazik S.A. i dr.: Vidavlivaniye zagotovok instrumenta s ispolzovanijem effekta svjerhplastičnosti. KŠP, No 6, 1978, 5-8.
230. Pančjenko V.E.: Opredeljenije tjehnologičjeskih parametrov pnjevmofromovki djetaljej v uslovijah svjerhplastičnosti. KŠP, No 12, 1978, 15-17.
231. Unkov P.E.: Vsjesojuznaja naučnotjehničjeskaja konferencija "Svjerhplastičnost metalov". KŠP, No 12, 1978, 41-42.

232. Skuridin B.V. i dr.: Pneumatisches Umformen von Titanlegierungen unter Bedingungen der Superplastizität. UT, No 3, 1978, 1-4.
233. Schelosky H.: Beitrage zum verhalten superplastischer Werkstoffe beim Massivumformung. Ber.Inst.Umformtech.Stuttgart, No 37, Dissertationen an der Univ.Stuttgart.
234. Henniker L.J.: Forming superplastic zinc on low cost tooling. SM, No 12, 1977, 1156-1163.
235. Sawle R.: Superplastic forming of supral aluminium alloys. SM, No 6, 1978, 696-698.
236. Howard C.H.: Superplastic Forming of Ti-6Al-4V Beam Frames. Metal progress, March 1976, 34-37.
237. Donald F.: GM Develops a Superforable N SIA steel. Metal Progress, August 1977, 44-48.
238. Voelkner W.: Experimentelle Methoden der Ermittlung mittlerer Reibungskenngrössen. Fert.und Betr. No 11, 1976, 678-681.
239. Dean T.A.: Load and "rise" their dependance on flash geometry and machine characteristics in drop forgin. Proc. 17th Int.Mach.Tool.Des.and Res. Conf. Birmingham 1976, Birmingham 1977, 363-369.
240. Gologranz F.: Theoretische Betrachtung zur Aufnahme von Flieskurven im kontinuierlichen hydraulischen Tiefungsversuch. BRP, No 4, 1977, 116-121.
241. Heinemeyer D.: Praxisorientierte Typologie für Gesenkschäden, Grundlage für die Erfassung und Verbesserung der Standmenge von Gesenknen. Ind.Anz. No 77, 1976, 1369-1373.
242. Blissett T.D.: Tool design aspects of mass production. SM, No 6, 1976., 325-330.
243. Wolfgang B.: Beitrag zur festigkeiträssigen Optimierung mittels Spannungsoptik von Strangpresswerkzeugen am Beispiel einer Kabelmantelmatrize unter Berücksichtigung von Wärmespannungen. Dokt.diss.Techn.Univ.Clausthal, 1975., VIII.
244. Meyer N.H. i dr.: Statistische Erfassung von Gesenkstandmengen. Ind.-Anz. No 33, 1977, 599-602.
245. Laar K.V., Löwen J.: Druckmessung im Arbeitsraum von Kaltfliesspressmatrizen. Ind.-Anz., No 91, 1977, 1826-1828.
246. Hilbert H.L.: In Kosten denken-Kosten senken. (Was sind Güteklassen bei Werkzeugen, Fachber.Hüttenprax.Metallweiterver.), 1977, No 6, 523-536.
247. Hirbar J.: Dimensionieren von Matrizenöffnungen zum Strangpressen. Ind.-Anz., No 102, 1977, 2053-2056.
248. Biswas S.K. i dr.: Computer aided preform design for long hot forgings. Conf.Birm. 1976., Birmingham 1977, 27-36.
249. Koller R., Blank O.: Konstruktivon von Gesamtschneidwerkzeugen mittels Elektronischer Datenverarbeitungsanlage. Konstruktion No 1, 1978, 27-32.
250. Geiger M., Lange K.: Neue Möglichkeiten zur Auslegung vorgespannter Fliessprassmatrizen. D, No 8, 1978, 44-447.
251. Child H.C.: Improving the quality of tool steel. M, No 11, 1978, 660-665.

252. Pavaras E.A.: Vlijijaniye mikrostrukturi štampovih staljej na iznosostojkost puansonov razdjeljiteljnih štampov. KŠP, No 6, 1978, 18-21.
253. Čen S.B. i dr.: Svojstva ljitih i deformirovanih instrumjentalnih staljej. KŠP, No 7, 1978, 10-12.
254. Artjuhov P.V. i dr.: Primjenjenije borirovanija pri izgotovljenii virebnih štampo. KŠP, No 8, 1978, 48-49.
255. Dovnar S.A.: Elektrolytisches Borieren von Hammergesenken im Salzbad. UT, No 3, 1978, 7-10.
256. Ponamarenko E.P.: Erhöhung der Standmenge von Umformwerkzeuge. UT, No 4, 1978, 1-3.
257. Aliverdijev E.I.: Folgewerkzeug mit Hartmetallschneidelementen. UT, No 4, 1978, 37-40.
258. Hilbert L.H.: Werkzeuge mit Keiltrieb. BRP, 1978.
- Teil I - No 4, 149-153.
- Teil II - No 6, 277-283.
259. Hilbert L.H.: Probleme beim Ändern von Werkzeugen der Stanztechnik. BRP, No 10, 1978, 462-466.
260. Becker H.: Werkzeuggestaltung beim Auftreffen von Schneidstempelu auf geneigte Flächen. Bänder Bleche Rohre, No 7, 1978, 297-300.
261. Abermann L.: Oxidkeramik als Werkzeugwerkstoff. DW, No 2, 1978. 39-41.
262. Abermann L.: Versuche mit Drahtziehringen aus Al_2O_3 hoffnungsvoll. DW, No 8, 1978, 280-281.
263. Lauria A.J.: A sheet metal die tooling programme in the motor industry. SM, No 12, 1977, 1166-1168.
264. Cattell A.D.: Quick change tooling improves press-shop efficiency. SM, No 4, 1978, 471-481.
265. Campion J.D.: Tooling for deep drawing and ironing. SM, No 9, 1978., 990-994.
266. Freeman J.K.: A closer tolerance re-usable punching system. SM, No 9, 1978, 11011-1012.
267. Duncan L.J.: Die forming approximations for aluminium sheet. SM, No 9, 1978, 1015-1022.
268. Bates W.E.: Building dies for quick maintenance and low cost. SM, No 9, 1978, 1039-1040.
269. Michalev P.I.: Erfahrungen bei der Einführung von Werkzeugen mit hartmetallbestücken Ziehringen. UT, No 4, 1978, 23-25.
270. Michler K.W.: Automatisation in der Massivumformung. Die Maschine, No 3, 1977, 15-19.
271. Winship John: Pressworking equipment. Amer.Mach., No 4, 1977, SR 1 - SR 19.
272. Michler K.W.: Umformanlagen für die Schmiedeindustrie. Maschine, 1977.
- Teil I - No 7-8, 21-24
- Teil II - No 9, 66-68
- Teil III - No 11, 34-36.
273. Fanta G.: Modultechnik in der Pressenhydraulik. Ölhydraul.und Pneum., No 9, 634-637.

274. *Ywasaki Y.* i dr.: Development of a Triple-Row-Press. Techn.Riv., No 2, 1977, 377-384.
275. *Karlheinz W.*: Changemaster-Mehrstufenpressen mit vollautomatischem Umrüstsystrem. D, No 8, 1978, 463
276. *Clarke E.J.*: Metal forming mashinerry: the market. M, No 3, 1978. 119.
277. *Clarke E.J.*: Friction screw presses for hot forming. M, No 11, 1978., 640-645.
278. *Šuljčinjski J.A.*: Gidromjehanjičjeskij press s kačajuščimsja puansonom (svarodvižitjiljem). KŠP, No 5, 1978, 43-45.
279. *Brüller E.*: Konstruktion und Funktion von Stanz - und Biegeautomaten. BRP, No 4, 1978., 154-159.
280. *Panknin W. i dr.*: Maschinen für die Blechbearbeitung. BRP, No 11, 1978, 559-562.
281. *Raschenberg H.*: Wo Anpassen unerlässlich ist... DW, No 10, 1978, 359.
282. *Skirow V.J.*: A case for the small power operated press. SM, No 11, 1977, 1045-1048.
283. *Hare S.W.*: Recent developments in hydraulic presses and equipment. SM, No 11, 1977, 1065-1066.
284. *Blanchin P.*: Automatic presses for improved press shop operation. SM, No 3, 1978., 342-345.
285. *Clarke J.*: European Power press Manufacturess' Panel. SM, No 4, 1978. 427-431.
286. *Veltjens D.*: Extrusion press installations for the metals industry. M, No 3, 1978,
- part I - 120-127
- part II - No 4, 185-192.
287. *Naessens D.*: Numerical control and programming of pressbrakes. SM, No 2, 1978, 134-145.
288. *Silverton C.A.*: Aplication of CNC control to the metalforming process. SM, No 2, 1978, 146-153.
289. *Kuppinger R.*: Numerically controlled sheetmetal-working machines. SM, No 2, 1978, 158-163.
290. *Colley A.*: NC-Can the sub-contractor help customer justification? SM, No 2, 1978, 164-170.
291. *Clarke J.*: Can sheet metal operators afford to ignore NC? SM, No 2, 1978, 173-176.
292. *Arthur A.*: Determining press-brake bend angle by CNC. SM, No 3, 1978. 340.
293. *Lethbridge H.R.*: The development of NC in the sheet metal industry. SM, No 5, 1978, 618.
294. *Kean G.*: NC in sheet metal working
- part 1 - SM, No 8, 1978, 934-937.
- Part 2 - SM, No 9, 1978, 1034-1035.
295. *Kovacs T. i dr.*: NC for sheet metal forming tools. SM, No 9, 1978. 972-983.

296. Sanson B.: Electronics in press brake operations. SM, No 12, 1978. 1304-1308.
297. Stewart N.D.: Study of parameters influencing punch press noise. Noise Centr. Eng., No 2, 1975, 80-86.
298. Kollenberg A.: Werkzeugsicherung und Maschinen Überwachung. BRP, No 7, 1977, 314-320.
299. Kögel H. i dr.: Massnahmen zur Lärminderung beim Schneiden und Umformen. UT, No 11, 1977, 21-29.
300. Kozjankov A.F.: Massnahmen zur Verminderung des Produktionslärms beim Einsatz von Blechumform-Kurbelpressen. UT, No 11, 1977, 30-32.
301. Gunnar G.: Combining press work safety and ergonomics with high productivity - An informed View from Sweden. SM, No 12, 1978, 25-28.
302. Gornik B.: Neki problemi istraživačkog rada na području obrade metala. Zbornik saopćenja II savetovanja o proizvodnom strojarstvu, Zagreb, 1966, 1-1 do 1-9.
303. Musafija B.: Savremena kretanja u području obrade metala deformacijom sa posebnim osvrtom na istraživačke radove za VI savetovanje - osnovni referat. Zbornik saopćenja VI Savjetovanja o proizvodnom strojarstvu. Opatija 14 i 15 maj 1970., III knj. Zagreb 1970, 83-111.
304. Devedžić B.: Tekući tehnološki problemi i perspektive daljeg razvoja u oblasti obrade metala deformisanjem. Zbornik na trudovi, knjiga I, obrabotka na metalite so plastična deformacija. XI Jug. covet. za proizv. mašinstvo, Ohrid 1977, 1-37.
305. Popović V.P.: Stanje i perspektiva razvoja obrade materijala deformisnjem. "Sredstva i metode obrade deformisnjem", god II, br.2, Niš, 1976. 1-30.

OBJAŠNJENJE SKRAĆENICA

D - DRAHT
MM(M) - Metalurgia and Metalforming
KŠP - Kuznječno-štampavočnoje proizvodstvo
UT - Umformtechnik
BRP - Blech, rohre profile
DW - Drahtwelt
SM - Sheet metal industries
MP - Metal progress

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

Die potentielle Möglichkeiten hohe Kostensenkung durch die Anwendung der Umformverfahren zu erzielen hat schnelle Entwicklung der Umformtechnik verursacht. Diese schnelle Entwicklung ist durch die neuen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Plastizitätstheorie wie auch durch die zahlreiche experimentale Untersuchungen auf allen Gebieten der Umformtechnik ermöglicht.

Die Energie-Krise 1974. hat diese Entwicklung nur noch mehr beschleunigt. Durch die Analyse einer grösseren Anzahl von Veröffentlichungen aus neuerer Zeit, wird in dieser Arbeit ein Überblick über den Umfang des wissenschaftlichen - und fachlichen Potentials, das in der Welt auf dem Gebiet der Umformtechnik tätig ist, gegeben.

In dem Vortrag werden folgende Gebiete der Umformtechnik erörtert: Massiv kalt- und warm Umformung, Blechumformung, Entwicklung von neuen Umformverfahren, Werkzeuge und Maschinen für das Umformen.

Ausserdem werden einige Aspekte des Entwicklungsstandes der Anwendung von Umformtechnik in Jugoslawien analysiert.

ROAD TO

B.Đeđedžić, M.Stefanović

PRIMERER TEROVITJSKO-EKSPERIMENTALNE ANALIZZE DEFORMACIJONOGA STANJA I STEPENA TEHNOLOGIJE KRITIČNOSTI DELA KOJI SE IZVLAĆI

Moshtvo tehnologich i drugih varijabli pristupi u procesu ob-
tivovanja Geometrijskih neprovabilnih sposebnostei materiala po-
trebu orzavanih i izvesne rezerve sposobnosti materiala da se us-
pesno deformise do neophodnog iznosa. U protivnom - ako ove rezerve
ne bi bilo - pri prekticno mogucosti neponovljivog promenit nekoje od ovih
uticaja nizintilacija, ili neponovljivoj kombinaciji više njih, dolaziti
bi do razaranja materijala, odnosno nespesne obrade. Sa druge strane,
ni prevelika rezerva u ovom smislu nije potrebna, s obzirom da
bi ona zauzela nedovoljno ekonomično iskoristljive mogucnosti materijala.
Iznosa ove "rezerve plasticnosti", napomenute se samo da citav pro-
blem ima izuzetan prakticalan znacaj i da su stoga u industrijskom
zargonu veoma prisutni atraktivni faktori sto su: "deo se tesko izvaditi
(presuje)", "lako se izvaditi", "lakto izvadjenje", "duroke izvala-
zemke" i sl. Međutim, takve ocene imaju manje - više povezanih ka-
rakter, pa bi se za postizanje njihovog pouzdanijeg i oredjenjeg
zaloganja moralno izvršiti jednoznačno definisanje odgovarajućih kva-
ritativnih karakteristika.

[HOTELATIONA RAKTAKTEFTIKA.](#)

Dr Braničević Dedežić, dr. i. Š. redovni profesor Matematičkog fakulteta u Kragujevcu, Mr Milentije Stefanović, dr. i. p. dr. Braničević Dedežić, dr. i. Š. redovni profesor Matematičkog fakulteta u Kragujevcu, Mr Milentije Stefanović, dr. i. p. i. Š. redovni profesor Matematičkog fakulteta u Kragujevcu.

U svakom slučaju, za ma kakvu analizu u ovom ili sljedećem smislu, potrebno je izvršiti eksperimentalno određivanje lokalnih deformacija u posmatranoj zoni (sto se može postići prethodnim elektrološkim namotanjem na lim mreže sastavljen od malih kružica, koji pri čiji u posmatranoj zoni (sto se može postići prethodnim elektrološkim namotanjem na lim mreže sastavljen od malih kružica, koji prikriva jednu prelaze u eliptise, a zatim merenjem dužin i krugich osa kružica, sl.1.). Osim toga, potrebno je raspolažati podacima provoditih izmjeri iznosima ovih deformacija. Mada će u dalijem biti pokazano ko- ristćenje i jednog upršćenog podatka u ovom smislu, ipak treba na- glasiti da se u novije vreme za tu svrhu sve više koriste tzv. di- fagrami grafične deformabilnosti (DFD), koji se mogu dobiti, ili eksperimentalno, ili teorijski (svakačo uz odgovarajuće eksperimen- talne podatke o materijalu). Oni zahvataju najšire moguće područje stanja. U tom smislu, u koordinatnom sistemu koji odgovara definiciji, odnosno mogu se koristiti za sva naponsko - deformacijska stanja, a u tom smislu su, u koordinatnom sistemu koji odgovara definiciji, odnosno mogu se koristiti za različite naponske - deformacijske stanje.

Treba, medjutim, podsetiti da stepen kritičnosti deformacija utiče na nekom mestu ne zavisi samo od iznosa maksimalne glavne deformacije, već takođe i od postojanje deformacione seme, što je opšte

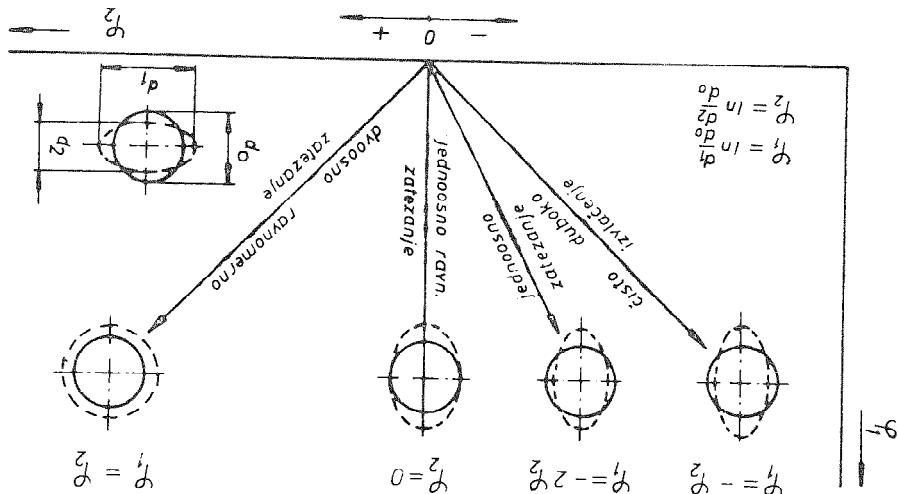
Zbog činjenice da se ušled geometrijsko obliku i drugih uticaja, ne može ostvariti ravnomerno deformisanje u svim zonama te la koja, ne može ostvariti ravnomerno deformisanje u svim zonama te la koje se oblikuje, posebno začaj imaju one zone u kojima se javljava kritične. To je, pre svega, problem distripucije deformacija po telu mestima sto više smanjje - na ravan povrćanja onih u zonama koje nisu veća, sto očigledno iziskuje potrebu da se deformacije na kritičnim mestima raspoređuju da se rezerva plastičnosti sto više uve- macija i onih koje su stvarno ostvarene na tim kritičnim mestima. Uporedjeno je iznosa granica (kriticnih, maksimalna mogućih) deformative plastičnosti posle oblikovanja) definisi u osnovu pogodnog rezervne plastičnosti (odnosno preostale to da se pokazat će i ekstremna plastičnost (odnosno preostala deformativne kapacitete) uživo u kritičnim iznosima. Ovdje je sastim pri- deformativne karakteristike u zonama kritičnim iznosima. Osim u zonama kritičnim iznosima, maksimalna mogućnost deformacije u zonama te la koje se oblikuje, a nadešao postoji brojne mogućnosti da se na nju kritične. To je, pre svega, problem distripucije deformacija po telu mestima sto više smanjje - na ravan povrćanja onih u zonama koje nisu veća, sto očigledno iziskuje potrebu da se deformacije na kritičnim mestima raspoređuju da se rezerva plastičnosti sto više uve- macija i onih koje su stvarno ostvarene na tim kritičnim mestima. Svakačko da je pogodno da se rezerva plastičnosti sto više uve- macija i onih koje su stvarno ostvarene na tim kritičnim mestima.

Na osnovu izmerenih deformacijskih karakteristik na mestima ot- presek, može se preko određenih relacijskih konstrukcija dostep- biti tehničke kriterijonskih mera u skladu sa stepenom razvoja i raznopravnosti u odnosu na tehnološke karakteristike. Stariji kriterijumi karakteristična obara- dajući se komplikacijama razmatranjima nastanaka lokalnih zagađujućih deformacija, odnosno definisanjem odosa kojih dovode do po- jave naravljivih stabilnosti deformisanja Ljubljana (teorijsko defini- sanje DGD) [2][3]. Eksperimentali DGD omogućavaju proširenje pome- nute analize i relativno pogodnost stabiliziraju neke od tumačenja rezana za upravljanje izvajanjem tankih Ljubljana.

S obzirom da grafiometrijska metoda omogućava direktno iznalaženje dve klavne linijske deformacijske u ravni Ljubljana, u deljem su za takve deformacijske i dat i izraziti za njihovo računanje. Toga je Ljubljana de- formacija se dobija iz uslova o nepromenljivosti zapremine u gornji- cama elementa mere meze.

2. Teorijsko razmatranje granicne deformabilnosti

SL.1. Tipične transformacije polaznih kružova mereze mereze za različite naposnko - deformacije same oblikovanja



same oblikovanijsa, dok je primeer džigrama dat kasnije (sl. 5.).

$$\phi_{2D} = \frac{(1+m)(4m^2-7m+4)}{(2-m)(m^2-m+1)} n \quad (6)$$

$$\phi_{1D} = \frac{(1+m)(4m^2-7m+4)}{(2-m)(m^2-m+1)} n \quad (5)$$

a) difuzna lokalizacija
 imaju vrednost 1, pa ce za taj slucaj biti:
 Za izotropan materijal odnosit parametra anizotropije (F, G, H)

$$\phi_{2S} = \frac{\frac{H}{G} + \frac{H}{F} m}{[(\frac{H}{F} + 1)m - 1]} n \quad (4)$$

$$\phi_{1S} = \frac{\frac{H}{G} + \frac{H}{F} m}{[(\frac{H}{G} + 1) - m]} n \quad (5)$$

b) skoncentrisana lokalizacija

$$\phi_{2D} = \frac{[1 + \frac{H}{G} - m]^2 + [(\frac{H}{F} + 1)m - 1]^2 m}{[(\frac{H}{F} + 1)m - 1] [(1 + \frac{H}{F})^2 - 2m + (\frac{H}{G})^2]} n \quad (2)$$

$$\phi_{1D} = \frac{[1 + \frac{H}{G} - m]^2 + [(\frac{H}{F} + 1)m - 1]^2 \cdot m}{[(\frac{H}{G} + 1) - m] [(1 + \frac{H}{F})^2 - 2m + (\frac{H}{G})^2]} n \quad (1)$$

a) difuzna lokalizacija
 uja deformaciju, za anizotropan materijal imaju oblik:
 glavne deformacije u trenutku nastajanja nestabilnosti - lokalizova-
 ciji oblik kritive ojacanja $K = C_F^n$, moze se pokazati da izraz i za
 takama skoncentrisane i difuzne lokalizacije, priti do emu je maliti-
 u sistemu ekvivalentni napon - ekvivalentna deformacija (tangente u
 grecujavuci na odgovarajuci napon [2] velicinu substantacije

čnosti:

u razu [4] je predložen modelikovani koeficijent rezerve plastičnosti po svom iznosu samo sa ovaj nacin može uporedjivati

(12)

$$\eta = \frac{n}{\frac{2-m}{m+1}}$$

b) za oblast skoncentrisane lokalizacije

(11)

$$\eta = \frac{n}{\frac{1}{\phi}}$$

a) za oblast difuzne lokalizacije

ili, ukoliko se vrsti izrazavanje preko elavne deformacije:

$$\eta = \frac{\phi}{e} < 1$$

dnosti predstavlja koeficijent iskoristecenja plastičnosti (η):

odnos izmerene ekvivalentne deformacije i njene kritične vrste-

(10)

$$\varphi_{2M} = \frac{2-m}{2m-1} n$$

(9)

$$\varphi_{1M} = n$$

sa formulama (5) i (6), i glate:

nastajući razlike u iznosima makroskopske deformacije (u poredjenju sa formulama (5) i (6)), i glate:

kratkih razdih u nastanka lokalizacija, odnosno polozaja subsegmenti,

oblasti difuzne lokalizacije ($m > 0,5$), z bog razlika u definisanju materijal su identični izrazimi (7) i (8). Međutim, kod formulacija deformacija u području skoncentrisane lokalizacije i za izotropan

Po analizama Tomljenova [1], izraziti za strukturnuavamje elavnih

(8)

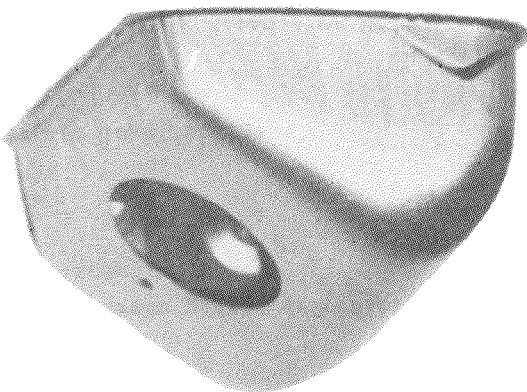
$$\varphi_{2s} = \frac{1+m}{2m-1} n$$

(7)

$$\varphi_{1s} = \frac{1+m}{2m-1} n$$

b) skoncentrisana lokalizacija

Sl.2. Otpresak naličnog grla sa pukotinom



pred pomenuće nacine.

Zbog teškoga prti obrati ovaj otpresak je pogodan za analizu na na
Na sl.2. je pokazan otpresak sa karakteristikom polozajem pukotine.
jednoj matici (jedna operacija izvlačenja) uz odgovarajuće držanje.
suo oblik mu je geometrijski nepravilan. Izlaznenje se završava na
vori o pripadnost i rednijoj grupi otpresaka. Nesimetričan je, odno-
tetra c.0148 P5. Osnova otpreska ima dimenzije 130 x 190 mm, što go-
od kvalitetnog delčnog lima nositrane proizvodnje, naličnog kvali-
otpresak naličnog grla putničkog vozila "Z 101" izradjuje se

3. Razmatrani otpresak i njegove karakteristike

$$w = 2 \sqrt{\frac{1-m}{n+m} \left(\frac{1}{2} + \frac{m}{n} - \frac{2}{\phi_1^2} \right)} \quad (14)$$

b) za oblast koncentrisane lokализacije

$$w = \sqrt{\frac{2-m}{2+m} \left(\frac{n}{n-\phi_1^2} \right)} \quad (15)$$

a) za oblast difuzne lokализacije

odnosno:

ose eliptični i sračunavane deformacije (sl.1.). Na sl.3. pokazan je mm elektrohemikal poslužkom. Posle izvlačenja mereze su glavne na razvijenu ploču nameća mreža kugova nominalnog prečnika d=5 karakterističnim takama otpreska. U tom cilju pre izvlačenja je mi oblikovanja može se dobiti posele mereza glavnih deformacija u Globalna slika o deformacionom stanju, odnosno o osnovoj se-

4. Deformaciono stanje otpreska, distribucija deformacija, polozaj karakteristickih tacaka u DG

određene karakteristike materijala, odnosno, sam materijal. Praktično svedene na najmanju meru. Zbog toga presudnu važnost imaju sile držanja. Mogućnosti za intervencijsku izmendju zatvara su razvijene oblike (ploče) doveđi do stvaranja nabora prti savremenog. Sa druge strane, intenzivno tangencijsku sabljanje iz pravougaonog ne držaća i materice, kako bi slika treninga na obodu bila minimizirana. Varažinovo veštih dubina izvlačenja. Alat ima uglačane površi- Prti izvlačenju je neophodno vršiti podmazivanje, zbog ostvari-

$$\underline{X} = \frac{1}{4} (X_0 + 2X_45^\circ + X_{90^\circ})$$

Srednje vrijednosti se računaju po izrazu:

Pravac	σ_T	σ_M	$\delta [\%]$	σ_T / σ_M	x	\underline{x}	$\underline{\sigma}$
90°	20	33	33,8	0,60	1,82	0,23	
45°	20,8	34	39,3	0,61	1,18	0,22	
0°	19	32,5	35,8	0,58	1,75	0,24	

Tablica 1.

razračunaju. Zbog poklapanja tog i pravca i polozaja nastanka pakotine prti njija, zbog poklapanja tog i pravca i polozaja nastanka pakotine prti ("x - faktor") u pravcu pod ugлом od 45° u odnosu na pravac valjaju treba skrenuti na izos koeficijenta normalne antroztorije. La koga bitno utiču na obradivost dušokim izvlačenjem. Posebnu pa- u tabelli 1. date su mehaničke i druge karakteristike materijala-

je iznosi 0,22.

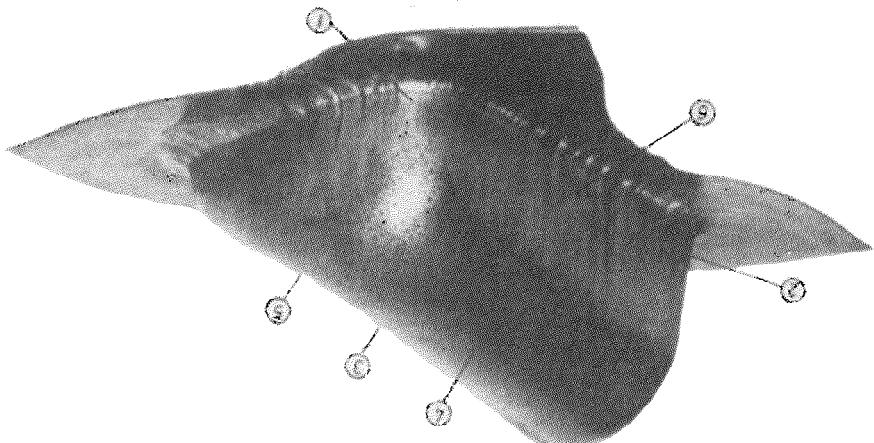
Pri računavanju koeficijenta rezerve plastičnosti "n-faktor"

Mer. mest.	φ_1	φ_2	φ_3	$m = \frac{2}{\varphi_1}$	n	m
6	0,113	0,095	-0,208	0,940	0,51	0,19
5	0,148	0,131	-0,279	0,960	0,67	0,23
4	0,182	0,095	-0,277	0,810	0,83	0,05
3	0,095	0,077	-0,192	0,932	0,43	0,23
2	0,631	-0,415	-0,216	-0,235	0,98	0,01
1	0,673	-0,415	-0,258	-0,168	1,17	-0,10

Tabela 2.

je u dajućem radu određivana distriбуција. U polju 1. najčešće dolazi do pobjave pukotine - iznosi glavni deformacijska na tom mestu imaju izuzetan znacaj. Tabela 2. sadrži vrednosti deformacijska u pogledu nih tiskama, kao i iznose koeficijenta rezerve plastičnosti po navedenim formулама (11) i (12), odnosno (13) i (14).

Sl.3. Izvještaj o presek sa merom mrezom

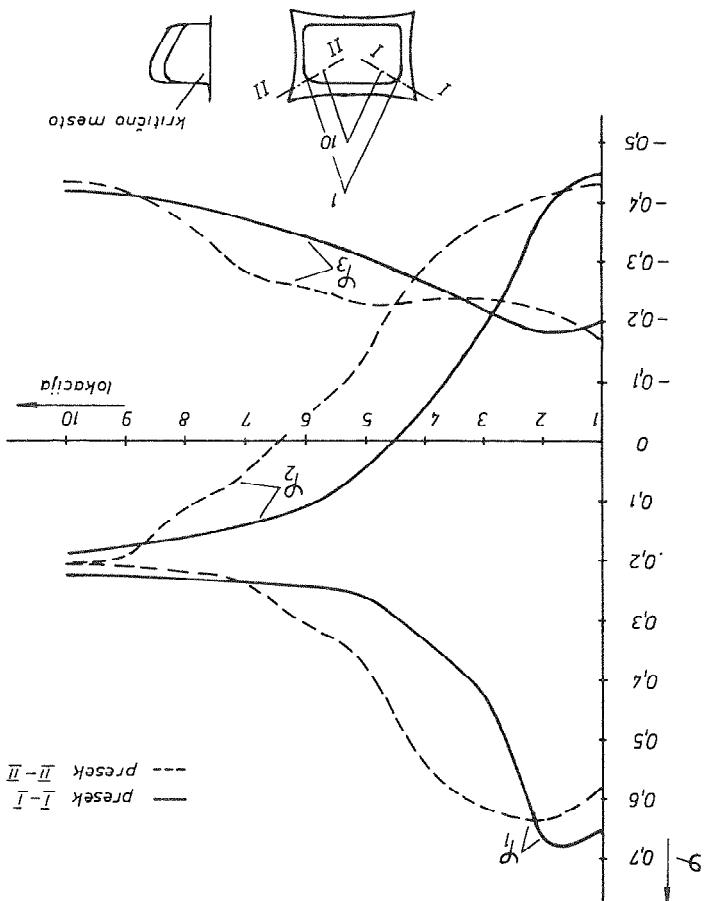


Izgled otpreskova posle operacije izvlačenja sa merom mrezom. Ucrta-
ni su i polozaji karakterističnih merenih tisaka na njemu.

iz tabele je očigledno, da, sem u poljima 1. i 2., prevozadava
šem razvalčenja - dovostranog zatezanja pri deformisanju. Istovre-
meno se videti da, sem u pomenućim poljima, koeficijent rezerve pla-
stičnosti ima nisku vrijednost, što upravo govori o neverovatnom de-
formisanju optreska. Takođe se vidi da u polju 1. koeficijent ţsko-
polozaju tazaka u dijagranu granicne deformabilnosti, da kritične
ekspерименталне vrijednosti imaju niske zone od ostvarenih,
sto pokazuje da se razaranje tazko ne dogodi u većem broju
mognost negovanje nastajanja.

Za detaljnije razmatranje pomenućih deformacij odnose, neop-
hodno je u karakteristinim presetima (preseci upravni na pravac
prostiranja pukotine pri razaranju) iznalaziti distriбуцију defor-
macija. Na sl. 4. pokazana je takva distriбуцијa za dva preska, ko-
ji leže pod ugлом od 45° u odnosu na prave stranice optreska. Po-
zicija "L" odgovara eliptici na mestu malog radijusa komada, odnosno
a obzirom da je ujeren raspoložena raspodela i drugie flavne deformacije (sl. 2),
čaju je veoma znacajna raspodela i drugie flavne deformacije. U ovom slu-
ku je uobičajeno praktično raspodelite sive tri flavne deformacije, i a-
učetani su rezultati raspodele sive tri flavne deformacije, i a-
mestu dolazi do poglavice pukotine. Na suprotnoj strani, u presku II-II
ostvarena deformacija naje zatahu manja, ali je bitno izmenjena pri-
roda distriбуcije. Ravnomerniji raspored u presku II-II omogućava,
tako se radi o većoj dubini razvalčenja na tom mestu, i zabeavlja
jave nestabilnosti pri obradi. Intenzivan deformacioni gradijent u
presku I-I (zone 1., 2., 3.) dovodi do razaranja materijala pri mali-

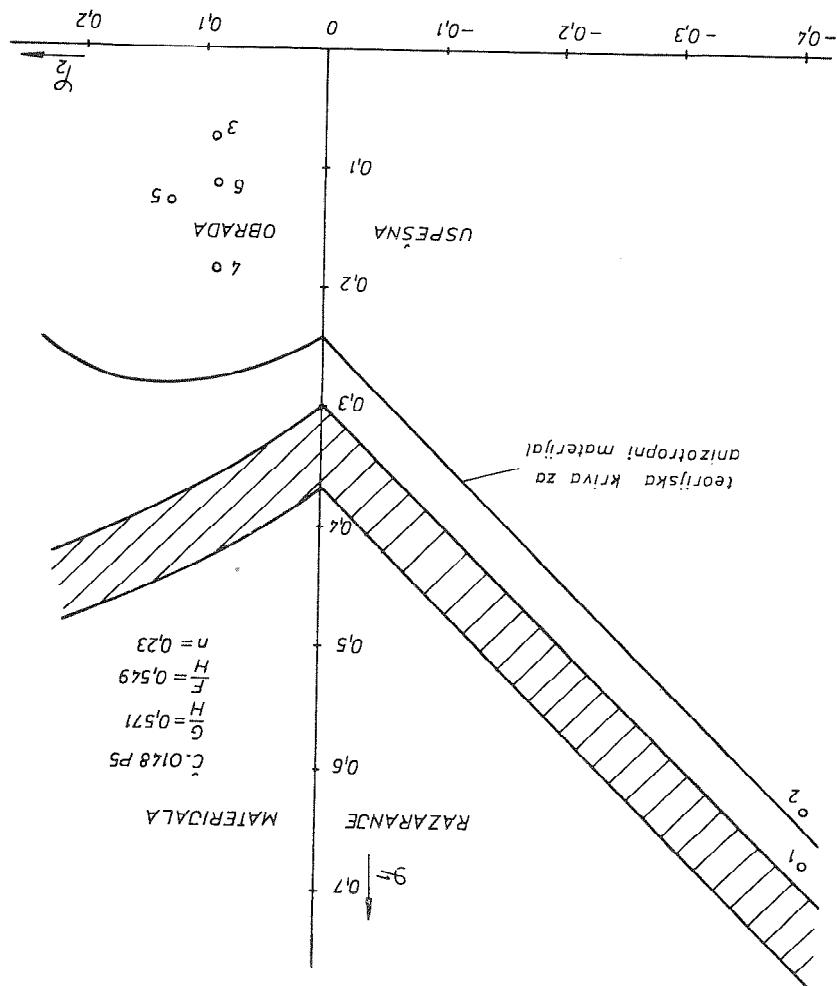
Sl. 4. Distribucija deformacija za dva merna preseka



u njima. Ovo istovremeno govori i o potrebi izmene uobičajenih načina podmazivanja prti izvlačenju. Naime, u ovakvom slučaju, kada se radi o komplinaciji čistog duškog izvlačenja i razvlačenja, trebalo je da se podmazivanje prti izvlačenju. Međutim, da se u ovom slučaju mora vrziti i podmazivanje na obodu komada.

zenege optreska. Očigledno je, međutim, da se u ovom slučaju mora vrziti i podmazivanje na putevi istraživanja optimalne podmazivanja slobodno ukazujući na bojje podmazivanje. Ovaj primjer deformacione analize upravljati je to bolje podmazivanje. Ovaj primjer deformacione analize upravlja se u zoni gde izvlačenje s to više olakšati klizanje metala, odnosno radi o komplinaciji čistog duškog izvlačenja i razvlačenja, trebalo je da se podmazivanje prti izvlačenju. Naime, u ovakvom slučaju, kada se radi o komplinaciji čistog duškog izvlačenja i razvlačenja, trebalo je da se podmazivanje prti izvlačenju. Međutim, da se u ovom slučaju mora vrziti i podmazivanje na obodu komada.

Sl. 5. Dijagram granitne deformabilnosti za materijal G.0148 PS



Ukoliko se preduži rezultati unesu u odgovarajući dijagram granitne deformabilnosti dobije se potpuna jisti uvid u zavojima razmatrana. Na sl. 5. pokazan je eksperimentirana dobijena DD, za ispitivanje materijala. Dijagram je dobijen prvi izvlačenju polusfernim izvlačenjem prečnika 100 mm. Iz traka isti je razlikotnih širina, i uz korisćenje raznih vrsta maziva [5]. Goranjia isti je pojava granitnih deformacija odnositi se na trenutak nastajanja razaranja materijala, a donja označava početak lokalizovanog deformisanja.

5. Zaključek

Bi 0,505.

ovom poslednjem rezultatu koeficijent skoristnosti plastičnosti iznosio je 0,5. Uz to je takođe moguće da donosi isti rezultat eksperimentacija (GD). U ovom poslednjem rezultatu koeficijent skoristnosti plastičnosti iznosio je 0,571, a u eksperimentu izvedenom u drugoj zoni, zbroj podataka dobijenih eksperimentima (na osnovu ordinate tadašnje razredne materijalne kvalitete) je bio 0,549. Ove vrijednosti se, pak, bitno razlikuju od stvarnih vrijednosti 0,674. Ovo je moguće da dođe u posljednjem eksperimentu, jer su rezultati eksperimenta dobijeni u drugoj zoni, a eksperimenti su izvedeni u prvoj zoni. Razlika između rezultata eksperimenta i teorijskog rezultata je 0,1282. Kao rezultat eksperimenta plastičnosti po formuli (11) dobijena je 0,571. Na primjer, za tadašnji rezultat difuzne lokalizacije (za $\psi_2 > 0$) je rezultat eksperimenta 0,549, a rezultat teorijskog rezultata je 0,674. Razlika između rezultata eksperimenta i teorijskog rezultata je 0,1282. Iz ove razlike može se zaključiti da rezultati eksperimenta i teorijskog rezultata su slični.

Na sljedići je pokazana i kritična granica deformabilnosti teorijske i izotropne materijalne definisana prema izrazima (1), (2), (3), i (4), pri čemu odnositi kritične zbroje neizravne polarne anizotropije mehaničkih osobina ispred kritične zbroje izotropne materijalne se nezatan razlikuje od ucrteane izvrsne materijala.

$$\frac{G}{H} = \frac{x_0}{1} = \frac{1}{1,75} = 0,571, \quad \frac{E}{H} = \frac{x_0}{1} = \frac{1}{1,82} = 0,549$$

parametara anizotropije iznosile:

skit definisana prema izrazima (1), (2), (3), i (4), pri čemu odnositi kritične zbroje neizravne polarne anizotropije mehaničkih osobina ispred kritične zbroje izotropne materijalne se nezatan razlikuje od ucrteane izvrsne materijala.

- [1] A.D.Tomljenev: Mechanika procezov obrabotki metalov davlenijem, MASGIZ, Moskva, 1963.
- [2] B.Devedžić: Difruzna i nagađa tokalizacija deformacijama pritiskom na vlačenju delova od lima i ujen zanagaj, "Obrada materijala" 1976.
- [3] B.Devedžić: Dijagrami granicne deformabilnosti, Saopštenje MF u Kragujevcu, 4/1976.
- [4] B.Devedžić: Limitiranje plastičnosti rezervne unutri Beriček - sačinjene despanunegsustavu, TU Dresden, 1974.
- [5] M.Stefanović: Magistarke rad, Madihak fakultet Kragujevac, B.Devedžić, M.Stefanović
- Elin Besprijel der theoretisch - experimentellen An-

Literatura

Potreban je korisiti materijal sa vrednim "r - faktorom" ili prateći "kutijastu" oblik.

Za smanjivanje tamenecijalnog otpora i izbegavanje nabora na oboljeliću i vitiči matricu, trebalo bi modeliškovošt razviti oblik (koji je seda pravougaoni), prema nacijanu kojiči vazi za ovakve optereštke (pritez).

Von kogit se poklapa sa pravcem najvećih radijalnih napona u optresku materijala (odsecanje traka iz table pod ugлом od 45°) ne bi bila uspešno prenoseno sile izvlačenja. Drugačija pristupa raspolaživo je prti izvlačenju (pravci I-I i II-II). Na ovaj način bi se omogućilo da se kognomski opravdava.

I - 14

ALL SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MASINSTVA JUGOSLAVIE

F. GOLDSMITH

VPLIV SNOVNIH KARAKTERISTIK NA PLASTICNO NESTABILNOST PRI
HIDROSTATIČNEM IZBOGENJU PLOČEVINE

Poznávamejte ľahkovalnatú spôsobnosť, ktorá vás učí riešiť problémy s pomocou logiky. Táto vlastnosť je vás významnou sily, ktorá vám umožňuje riešiť rôzne situácie s logickou a analytickou myšlienkou.

void .1

osním nátezni m preizkušom /6/. Vendar pôjde napríek tomu stiahnuť prí-
korečne normalne plasťne súčiťne a náročnosti R, ktoré sú določené z eno-
žeas prevedením dve noviny karakteristiky: eksponenciu utrževanú a ter-
kot merítlo za preoblikovanie spôsobnosť plodovina uporabujame ta

stične nestabilnosťi v parametrov utrževanja /4,5/.
do določeného kritického medziat deformačiu a osnovi kritického plá-
diagrama súčer sú določené, vendar obstarajúce pozíku za analíticke
náplodovinu po preoblikovaní /3/. Teoreticko operačnéjefere
medziat deformačiu temeljí na mereniu lokality deformačiu a povrás-
plodovinu zaznamená /2/. Eksperimentálno določenie diagrama
kvalitatívno očenívame v progonizované deformačné tanku
odkaz uporabujame diagrame kritických deformačiu, so se možnosťi za-
tev deformačiu po obdelovaneu až býva zato čímkoľiv enakomerná.
deformačijasko-napriekostní razmermi pôjde preoblikovanju. Pôrazdelení
vtednosť ponávadá že na posameznú kritickú mestú z mení ugodami
entakomeru pôrazdelenie po povrásu obdelovanev, dosedzí o medzino
centracie deformačiu. Keď so plasťne deformačie a spôsobom ne-
koválni coni, ktorí lachko prispôsobí do náagle až postopne lokálne kon-
nestabilnosť poslednice prevaladujočé nátezne operamenteívne v preoblik-
plodovinu, ktorí povzročia gubenie materiála, medtem ko je pôjde druhom
náplodovinu. Prvý počas je obľúbená s tlačními napriekostmi v ravnini
nestabilnosť se káže pôjde preoblikovanú plodovinu v dve značky -

ozývoma je uspešne aži neušpešne a preoblikovaná.
Akrate, ktorí zelená obdelovateľne nájdečnej možnosti deformačiu
je, že počas vlnenja ob vlasti deformačijasko-napriekostní staní
bezobokej vlnenja. Na mnohé záležitosti, zlasti karoserijských delí
nújem) ter komplianciu nátegá vlna tlačka, ktorí je značkou za proces
karbónovej srečujeme pôjde postupkiv vlnenja oblikovanú (z razeza-
dve značky deformačijasko-napriekostní staní: čiastočne vlnenje,
zelená komplikácia je precesi preoblikovaná, ktorí povzročia v materiálu
ste zádeľke nájazdového oblik v dimenzii sestavujúce avádu
hladao preoblikovanie tanke plodovinu v volnej telese v lúpina-

2. Kritická deformačiu

nújem pôjde identifikáciu preoblikovania nestabilnosťi tanke plodovinu.
komplikácia je záležky apáčiaci pôjde obdrostatične a preizkuša z izbočen-
preoblikovanie a pôjde avoošenéga razezania. Prispevok je del
statične zazobecveniu, je záležka nestabilnosťi vzeť kritické za

če postavimo za kritérij, da postane nestabilna izobčina plastične samo v vrhu izobčine, ker je tam deformacijska plastična nafrekija /8/. Je, ne da bi tak naravnal. Ta kritični pogoj pa je lepko izpolnilen - se pojavi, če se na katereverkoči mestu izobčine deformacijska nadaljuje običajno maksimum, nato pa privčne upadati. Nestabilnost izobčenja Preizkuski kazijo, da tak pri izobčevanju skriva natašča, doseg

logičitete mesta deformacijske.

rakteristične utrjenjave matematika, pri čemer je $\phi = \phi^*$ - efektivna kjer je ρ - hidrostatični tlak izobčenja, ρ - kritični tlak izobčenja v temenu, s - debelina plastične. Funkcija $\zeta(\phi)$ definira ka-

čevitne, določimo za efektivno napetost pri izobčenju izotropne plastične, iz enake za ravnotežje sil, ki delujejo na elemente no stanje /8/. Iz ravnotežje za razmeroma dovoljno napetost-uvajamo, da je v vrhu krogelne izobčine enakomerno razdeljena do-čevitna napetost v odprttem orodju. Pri matritach z okroglo odprtino do-Preizkusno pravilo s tlačnim medijem preoblikujemo plastičevitne

3. Analiza plastične nestabilnosti pri izobčenju

formacijsko področje /3/.

predeliti eksperimentalni, iz ϕ pa analitični打仗 na mehaniki de-objekt krovnih deformacijskih, in σ na površinat izobčine je mogoče o-be pri napetostnih stanjih kjer je $a < 1$, zmanjša tudi ϕ . Na osnovi biti pri $a = 1$, t.j. pri izmeničnem dovošenem raztezanju, medtem ko

sko napetostna stanja z napetostnim razmerjem $a = \sigma/\sigma_1$ a mehan-

geometrije izobčevane matrice se dajo simetrična razširjanina-

tanke plastične v pogojih dovošenega raztezanja. S spremembami

črtati. Zato je pripravven za laborski raziskave obnoveanja druge vpljive, se dajo rezultati tegea preizkusa zelo dobro reproducirati.

deformacijsko-napetostnih razmer ter neobčutljivosti za trenje in sti /7/. Zaradi enolitočnosti deformacijskih pri izobčenju, pregleđenih

izkusa ne morejo dati zanesljivih informacij o nafrekiji maznici de-

večinat preoblikovalnih postopkov večosno, zato rezultati tegea pre-

formacijskih pri drugačnih preoblikovalnih pogojih /1,2/.

Če upoštevamo, da so plastične lastnosti teme pločevine nevzadno

proces plastične deformacije.

Vedeli, čim manjši je radij izbočine, to je. Čim bolj je napredoval razen se vpliva spremembe geometrije preoblikovanca. Ta vpliva je tem večji, saj se raztezanju materiala je torej pri izbočenju superponira. Vplivu utrjeniški radij zmanjšuje, tako da je del vedno negativnejši. V okroglo materialo obliku pločevine nenehno spreminja, pri čemer se njen kritični radij zmanjšuje, saj se približava izbočevanju.

V nasprotju z raztezanjem v ravni pa se pri procesu izbočevanju način raztezanja v ravni in avtomatici od eksplosionskih deformati-

onem raztezanju. Slika 1 prikazuje diagram teoretičnih menjav de-

formacij pri izbočevanju v ravni ena-

zgledku nestabilnosti enake smerni debelini pločevine v

je torej ravna deformacija ki se utrijuje po enakobi (3),

raztezanju ravne pločevine, raztezanju ravne pločevine,

= n. Pri enakomernem dovozenu tem ko je pri $a = 0$ enaka φ_M^*

nestabilno vrstnostenost $\varphi_M = 2 \cdot n$, med-

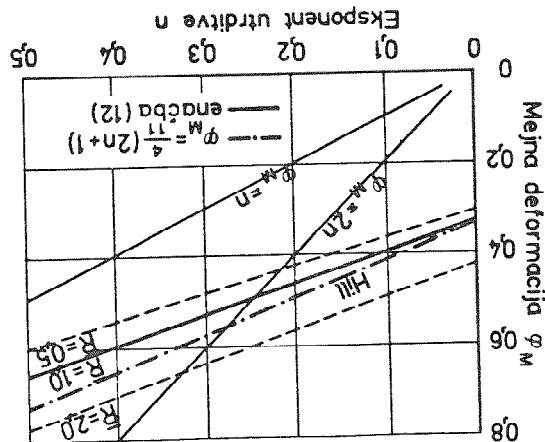
najpotosteni $a = 0 / 0 = 1$ maksi-

ma dobi pri razmerju glavnih

je kritična efektivna deformacija

$$K_F = C \cdot \frac{\varphi_e}{a} \quad (5)$$

SL. 1. Avtomatici teoretične menjave utrditve in deformacijske od ekspONENTA



potencials funkcijo

V primeru, da raztezano ravno pločevino kritikujo temenja materiala s ostane ravna ($\theta = \infty$) in apriksimiramo kritikujo temenja materiala s

pri tem je s stopenjо deformacije $\varphi_s = 1 \pi (s^0 / s)$ podana spremembа de-

$$\text{pri tem je s stopenjо deformacije } \varphi_s = 1 \pi (s^0 / s) \quad (2)$$

naslednji pogoj za plastično nestabilnost izotropnega materiala

$$\text{čmo nestabilna takrat, kadar je } \alpha = 0 / 9,10 /, \text{ dobito iz enačbe (1)}$$

do enačbo je mogoče rešiti že po numerični poti. Njena geometrična interpretacija je razvidna iz sljedeće 2, v kateri opredeljuje presledki zveče kritikalnega X in Y deformacijsko izobogačitev terenu.

$$\frac{\partial}{\partial x} - B = \frac{B(2-a)}{e^x} \cdot \frac{e^x - 1}{2}. \quad (11)$$

Vzpon (9) in (10) se enačba za plastično nestabilnost glasi:
kjer je $x = \frac{\phi_a}{a} \cdot B/(2-a)$ in $\alpha = \text{efektivni polmer izobogačitve odprtine}$,
v katerem je upoštevana tudi zaokrožitev robov na matrici. Z upoštevanjem (9) in (10) se enačba za plastično nestabilnost glasi:

$$\alpha = \frac{2 \cdot \sqrt{e^x - 1}}{x \cdot e^x}, \quad (10)$$

sledi

$$\phi_s = (2-a) \cdot \ln \left[\frac{2 \alpha}{2 - \alpha} + \sqrt{\frac{2}{2-\alpha} - \frac{x^2}{2}} \right], \quad (6)$$

mimo z /11/:

Funckija deformacijske $\phi = \phi(\alpha)$, ki jo v vrhu izobogačitev lahko approxi-

ratim izobogačitvenim preizkušom /7/. Ker pa je tudi kritikalni radij

relativnosti karakteristični metriteriala C_F in u določimo s hidrostatič-

$$B - \frac{\phi_a}{a} = \frac{d\phi}{d\alpha} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\alpha}{2}}. \quad (8)$$

preide enačba (6) v naslednjo obliko

$$k_F^a = C_F \cdot \phi_a, \quad (7)$$

vime s primernim kritikalno tečenja /7/ v obliku potenčne funkcije
tivnosti napetosti in deformacijski potenčne ploge

če prti tem upoštevamo, da je $k_F^a = f(\phi_a)$ in izrazimo zvezzo med efek-

$$B - \frac{d\phi_a}{d\alpha} \cdot \frac{k_F^a}{1 - \frac{\alpha}{2}} = \frac{d\phi}{d\alpha} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\alpha}{2}}. \quad (6)$$

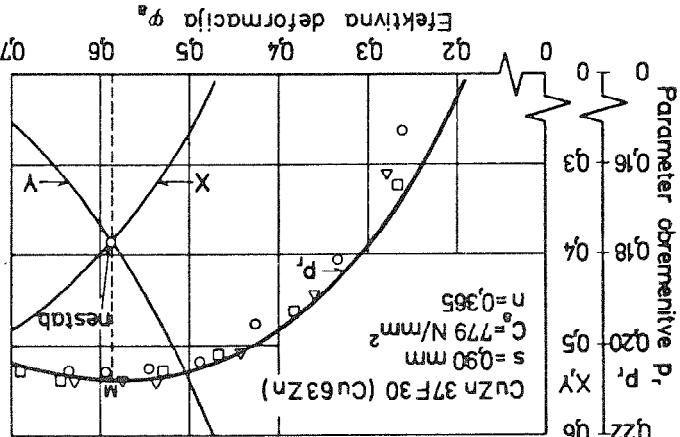
čenju ortotropne-anizotropne ploge všeckie diferenčialna enačba
iz izraza (5) sledi kot pogod za plastično nestabilnost prti izbo-

metričnal vrednost $B = 1$.
koefficijenta normalne plastične anizotropije R in ima za izotropen
parametru B je odvisen od napetostne stanja in srednjé vrednosti

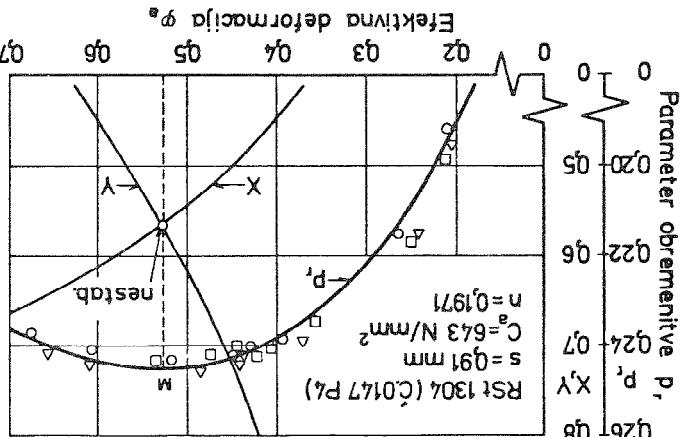
$$k_F^a = k_F \cdot B \text{ in } \phi_a = \phi_s \cdot B^{-1}, \text{ kjer je } B = \sqrt{\frac{R+2}{3}}. \quad (5)$$

takšega metriteriala izrazimo z /8/:
vrednost za napetost in deformacijsko prti hidrostatičnem izobogačenju
trojanti model plastične anizotropije ($AR = 0$), lahko primerno

anizotropne in vpeljemo v analizo pogojev nestabilnosti Hillov auto-



S1. 2. Doložitivo međine deformacijske in perebe
metra P_x za plodovevinu C.0147

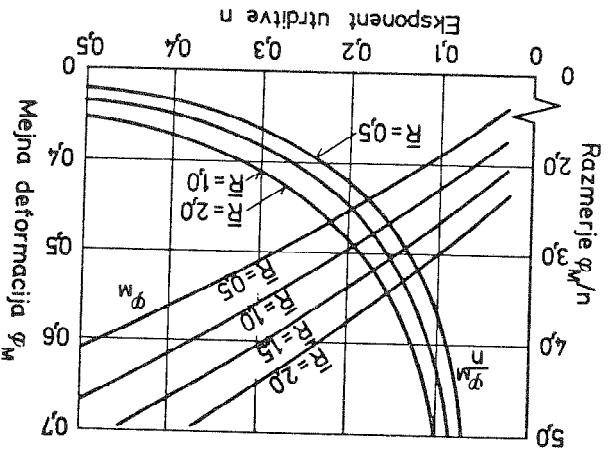


Přetízkusův so býl i opravljeni děloma dískontantního /6/, až byl
nem půa kontinuitního, t.j. břez překinutí procesa zásobení /7/.
Mědtem ko je při kontinuitním přetízkusu mohouc iž Eratínenegá zapřista
dopřo razpoznatí maksimalu ořemenitiv, je s postopná přetízkusa-
ným těžko nětanceno dolozití větikost kritické deformacijí v záctet-
ku plastice nestabilnosti, kdy je funkcia $p = p(\phi)$ v tem obmocju
zelen polozan. Od tod ižahája tudi del' ostopani i neneatancnosti pri
operedelitiv eksperimentálnich vredností deformacijí φ AM.

Pri věčitní přetízkusené materiálov ($0,1 < \alpha < 0,4$) je zvezno nera-
šejající funkcia $p = p(\phi)$ med zásobeváníem dosedla ekstrem. Vida-
konačně překrají při maksimalu tlaču so nastopíte sele potem, ko je
le-ta přídel updatati. Předevšia se přetíkra vedno v blízini vrha iz-
zírane, když se navedno příčne tudi difuzna kontrákcia. Ta lokál-
cije v vsech smerech osrednjé ploskve tzabocíne pozitívne i nake. Po
zácteku nestabilnosti se makroskopiska koncentracija deformacijí raz-
víja Postopma iž dokáj enakomernu, t.j. z magnum deformacijí raz-
beradenom, zato so do posuditivé a možného prímetu možat je razme-

zírma větší reztezki. Končna povrstev je navedno povezana z lokál-
no nejsako ozíroma prvotno nehomogenosti materiála. Mechanizem pou-
stive materiála v predeleu difuzne lokálizaci deformacijí je ní po-
vesm podařeno, čepřav obstarájí zaní sprejemljení teoretické model-

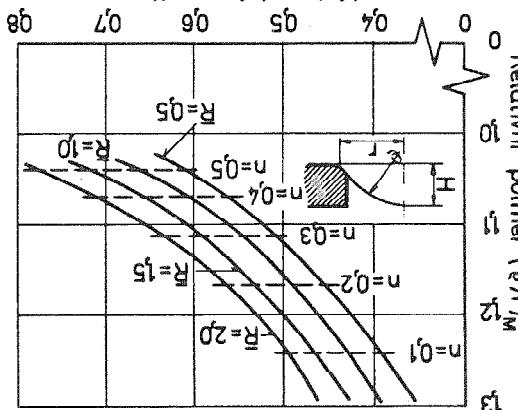
4. Bezultatí preizkušov



ea koeficjentia normale
plastique antizotropijie
h. Relativna mejma de-
formacija je toreg tem
velja, cim manjje je
ekspONENT n.

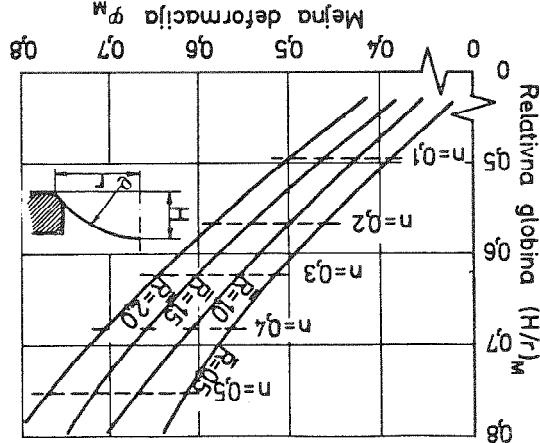
Odvärsnost brezdimenzijalskega obrmenitvenega parametra P_x

SL. 6. Odvärsnost relativne deformacijskega polmera je izrazljene na meri izrazobitine od međine de-



SL. 5. Odvärsnost relativne izrazobitine je razlikuje vpliv eksponente utrditve n-a bočevalne metrike. SL. 6 prikazuje vpliv eksponente utrditve n-a skupnosti radij izrazobitine u-

SL. 5. Odvärsnost relativne izrazobitine je razlikuje u-



Odgovarja predstavljajo izrazobitino ekstrema (dp = 0) običajno kot zacetek plastične ne-stabilnosti materijala /9, 10/. Vprasanje pa je, ali je D_{max} definisan po vsem idenitčna z ekstreminim obrmenitvijo plodovitine, označujemo

Cesarav predstavljajo izrazobitino ekstreminim obrmenitvijo plodovitine, ki ni

je plodovitina antizotropna. bokanjem tem večja, čim bolj ozitoma relativna polmeru iz- prti dan relativni globini krivitina deformacija g/m pa je ne plastične antizotropije R. pa tudi od koeficijenta normal- le od eksponente utrditve, ne začetku nestabilnosti odvärna remetra (H/x) M in (g/x) M ob oktano sta brezdimenzijalska pa- kritivinski radij izrazobitine g/r. H/r, slike 6 pa na relativni relativno globino izrazobenja ob stava odvärni tudi od polmera odprtite in zaokrožitve robov iz- bočevalne metrike. SL. 6 prikazuje vpliv eksponente utrditve n-a treh redkih. Ti dve veličini- trenutna globina H in kritična- bočina opredeljujeta predvesem geometrijo nastajajoče iz- raziskanju /7/.

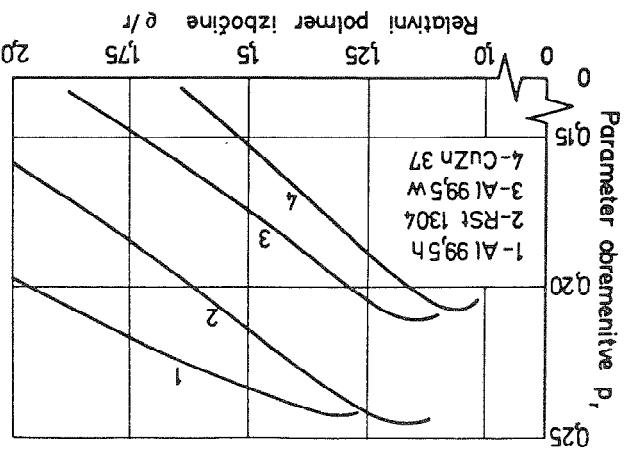
Levi niso se sistematično bokine, vendar ti vplivi do- geometrijskih sprememb iz- ve, dejeljene plodovitine in velikosti izrazobitne dolokene vplivjo, da obstaja posledica geometrije, doseganji izsledki kaže- trijske nestabilnosti izrazo- ali je tudi posledica geometrije nestabilnosti materijala, posledice pa je, da izrazobitne

ki je izpeljana iz eneckih
od efektivne deformacije, q_x,
(1) in (10), je prikazana
ze v sliki 2 in 3. Iz dite-
vrednosti, da se eksperimen-
talne vrednosti za p_x skla-
dajo z izracunantmi tudi v
dajem, da je izpeljana iz
efektivne deformacije, q_x.

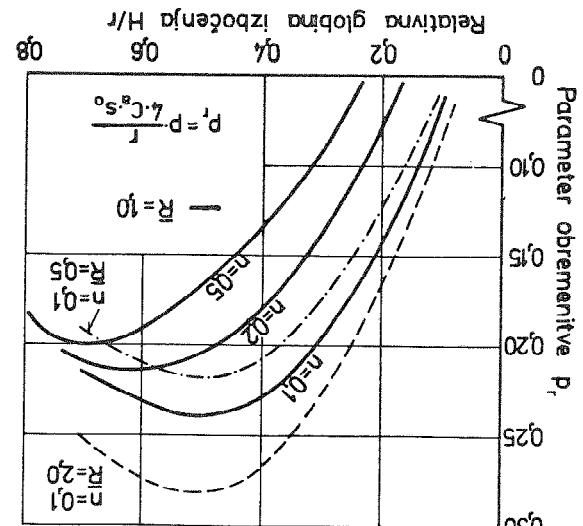
Slika 7 ponazarja teo-
reticno izrazilo med parame-
terom obremenitve p_x in re-
lativno izrazilno izpeljana
parametrom obremenitve H/R.
Poznamo, da s povrednjem
ekspresije (10) dobimo
zim tlačom postaja teoretični relativni izrazilno izpeljana
vrednosti (q_x/R) se gib-
rastu. Eksperimentala
kratko. Iz dagerama lako
zim izrazilno izrazilo izpeljana
vrednosti (q_x/R) se eksponira
do 1,3 in so tem manjše,
izjedno v mejih med 1,08
do 1,3 in so tem manjše,
utrditive, slika 8.

POMEMBEN VPLIV NA ZA-
MERIČKU nestabilnost ima
četek nestabilnosti za-
meričke meridiane, ki
poteka deformacijsko vzdol-
ga do dolje in ni uspešno
meridiana izboljšane, ki
je eksponent do 1,3 in so tem
nestabilnost (q_x/R) se gib-
rast 1,0 to 3. oblikati pol-
in se prizbilizaju vredno-
utevrednosti, slika 8.

SL. 8. Zvezza med parametrom obremenitve in relativnim polymerizacijom izboljšane



SL. 7. Zvezza med parametrom obremenitve in relativno izrazilno izpeljana



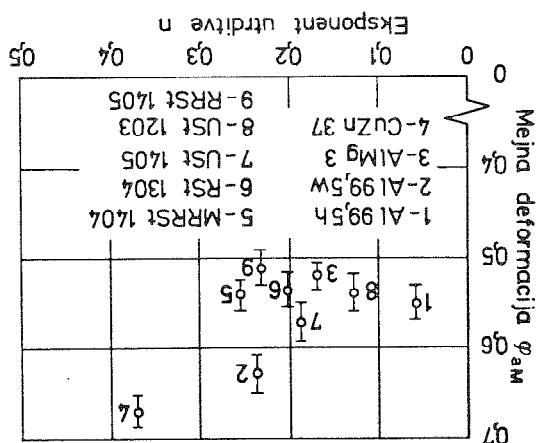
$$p_x = P \cdot \frac{x}{4 \cdot C_a \cdot S_0} = \frac{B}{q_a \cdot 1/e^{q_B} \cdot e^{-x}} \cdot kjer je (x = \frac{q_a \cdot B}{2-n}) \quad (13)$$

formaciji pri izbobecenju. teristika na kritične de-
vajo vpliv na novih karak-
izbobocene itd.), ki zakri-
debelini plögrevine, upo-
mernosti deformacijs po-
efektov (n.pr. neenako-
prisotnost se druge
za AM. Iz tege je mogo-
(12) premažne vrednosti
jejo, da je torej enakab-
alih, ki se slabo utriju-
0,52 do 0,67. Pri materi-
vrednosti v intervalu
V slike 10 so zbrane kritične deformacijskega elipsoida /7/.

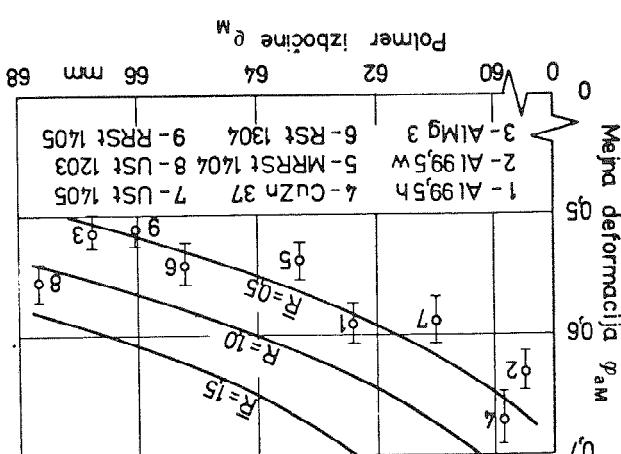
čine postopoma del pokončnega rotacijskega elipsoida /7/.

da postaja vrh izbo-
sov, ki potrjujejo,
z rezultati preizku-
jejanskih. To se ujema
izbobocene ob zacetku
stil za kritivinski radij
tem teoretične vredno-
prikaže, da so pri
od izmerjenih. Slika 9
di do 20 % razlikujejo
nane po enačbi (9) tu-
vrhu izbobocene, izraču-
vrednosti za

S1. 10. Menge deformacijske razširjenih materialov



S1. 9. Kritične deformacijskega v polmerih



Litteratura

5. Sklep

F. GOLGEMAN

EINFLUSS DER WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN AUF DIE PLASTISCHE INSTABILITÄT BEIM HYDRAULISCHEN TIEFEN VON DUNNEN BLÖCKEN

- 6 Gologerganc, F.: Ugotavljajanje preoblikovalnih karakteristik pri tanki plôôevini. Strogoñiski vestnik, 20 (1974), str. 9 - 16

7 Gologerganc, F.: Aufnahme von Fließsäkurren im kontinuierlichen hydraulischen Tiefungssversuch. Industrie-Anzeiger, 99 (1977), str. 95 - 99.

8 Gologerganc, F.: Theoreticall notes on plotting stress-strain curves for the continuous hydraulically bulging test. STS-Sheet metal-tubes-sections. 4 (1977), str. 71 - 76

9 Hill, R.: A theory of the plastic bulging of a metal diaphragm by lateral pressure. Phil. Mag. (Ser. 7), 41 (1950), str. 1133 - 1142

10 Swift, H.W.: Plastic instability under plane stress. Journ. Mech. Phys. Solids. 1 (1952), str. 1 - 18

11 Chakrabarty, J.; Alexander, J.M.: Hydrostatic bulging of circular diaphragms. Jour. Stress-strain Analysis. 5 (1970), str. 155 - 161

12 Marciniak, Z.; Kuczyñski, K.: Limit strain in the processes of stretching-forming sheet metal. Int. Jour. Mech. Sci. 9 (1967), str. 609 - 620

POΛΩΝ

S. ZIVANOVIC

UTICAJI ZABOLJEVANJA RADNJIH IVICA ALATA NA PREOBRIKOVNE MOGUĆNOSTI PROCESA DUBOKOG IZVLACENJA

Utečej větřitáze zaoblíjená prelaza čeone površíne izvlakáza u cí-
línadříčnu površínu na stopen preoblikování a procesu uposko g izvla-
zenja, zapazen je od strange mnogij autorá. Isti je slúčaj i sa zao-
ljenjem prelaza čeone površíne plöde za izvláčenje u cílinadříčnu po-
vzdánu otvora za izvláčenje.

Ovaj problem je došada bilo samo regištrovan i učinjen su izvjes-
 ni pokusaji da se stvore neki algoritmi (1, 4, 5, 6), u kojima
 bit će trećiiane veličine povzale sa stepenom preoblikovanja preko
 njegove reciproke vrijednosti. Ispak je sve to radieno bez analitič-
 kog prilaza problemu. Stoga su upotrijevali materijali, u mogućim slu-
 čajevima nejasni i dejstvuju neubedljivo. Cesto puta, od autora do
 autora, su i protivnjaci. Ovakvo stanje je prizadna posljedica ne-
 dostačka jednog čelovitog fizikalno-matematičkog modela pojave koja
 se razmatra.

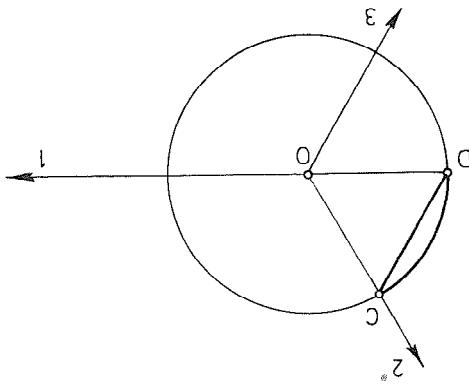
Jedan od najnovijih prizmiera iz opisanog stvarja može biti publikacija W. Pankutina iz 1977. godine (10). Autor dolazi do sljedeće konstatacije: "Eksperimenti pokazuju da granica veličina koeficijen- ta tzvlačenja raste sa površinom odnosa radijusa tzvlačenja i vlače- oblikovne plote prema debjiniu istmenog prizmeka. Pri tome je uočeno da je kod većih odnosa radijusa tzvlačenja debjini u

**) Radijeno u Zavodu za masinstvo Matinskoj fakultetu u Banjaluci kao dio projekta "Nove konstrukcije i tehnologije alata za obradu ma deformisanim", koji je obuhvagen programom Republike Srbije za naučni rad.

* Mr Stevan M. Živković, dipl. inž., vamr. profesor Matinskog fakulteta Univerzitete u Banjaluci

Jedan od najnovijih prizmiera iz opisanog stajanja može biti publikacija W. Pankinina iz 1977. godine (10). Autor dolazi do sljedeće konstatacije: „Eksperimenti pokazuju da granica veličina koeficijen- ta izvlacenja raste sa površinom odnosa radijusa izvlačenja i vlače oblikovne plove prema deblijini istmenog prizmaka. Pri tome je uočeno da je kod većih odnosa radijusa zaobljenja izvlačka prema deblijini

51. 1. Polozaj idealizovanog procesa izvlačenja



iz nakoń liniarizacji użłowa plastychnog tēzēnja za proces izvlačenja, kogi je lociran zmędu tagaka C i D, (sl.1), i mając u vidiu użłow ravnoteż oblikowane posude kofa se nalazi u procesu deformacjia

$$F = 2\pi r s G \sin \alpha \quad (1)$$

Polažeci od modela bezmomentne ljuške /7/, tj. od obrasca za si-ku procesa

2. Odredjivanje granice stabilnosti procesa

Ovaj rad je težio ka realizaciji navedenog programa, sa ciljem dobijanja jasne predstave o preoblikowanym momentum procesa dubo-kod izvlačenja.

Povezivanje procesa, pruząca mogućnost stvaranja fiziko-matematičkog modela podaje gubitka stabilnosti, a samim tim iznalažeće granicu vrjednosti stepena preoblikowanja u funkcji od fizikalich parametara obavljanje procesa, pruząca mogućnost stvaranja fiziko-matematičkog modela, zajedno sa zakonom plastičnog tēzēnja, sa siłom neopodnom za sudę, a zato da raditi na kritičnom mestu izvlačenje po-

izvlačenja".

Primenka već i granicu koeficijent izvlačenja. Eksperimentalno je utvrđeno, da radijus zaboljewja viće izvlačaća treba da bude veći od određene veličine, u suprotnom ljušju se koeficijent

gdje je

G^p - tekuća granica plastičnosti u kritičnom presjeku,
 x^p - zaobljenje tvrće čelije površine izvlakča
 zavisti od stepena očvrtovanja

$$F_{raz} = \frac{\sqrt{3}}{4\pi} R_i s \left(1 - \frac{s}{2x^p}\right) G^p \quad (5)$$

imo na bazi stereomehanike /7/ i ona iznosi
 na prizelazu iz zaobljenja prti duž cilindrični dio posude, određuju-
 sti koju može prenijeti materijal u kritičnom presjeku, a to je

x^p - zaobljenje tvrće otvora u plastiču za izvlacenje
 $\delta = x^p + s/2$

G^p - granica plastičnosti prti avoošnom zatezanju u odnosu
 s - debљina prizemka

R_i - poluprečnik izvlakča
 u^p - koeficijent trenja na zaobljenju plote za izvlacenje

gdje je

$$F_{max} = 2\pi e^{\frac{x}{2}} R_i s G^p \left(\ln \frac{6}{s} + \frac{2\delta}{s} \right) \quad (4)$$

translacijski posude nakon izvlacenja, imamo
 stepena preoblikovanja β , kao odnosa prečnika prizemka D prema unutarnoj staničnoj konstrukciji idealizovanoj modelu /7/ i uvođeci parametar
 uzimajući u realnom procesu izvlacenja, sto dolazi do izrada

$$F = 2\pi R_i s G^p \ln \frac{R_i}{R} \sin \alpha \quad (3)$$

možemo napisati da je

$$\frac{dG_2}{dx} + \frac{G_2 - G_1}{x} = 0 \quad (2)$$

čnosti, gdje slijala koja izaziva gubitak stabilitnosti iznositi ravnoteže u kreditnom preseku posude, tj. u takki N na kružnu plastičnosti, gdje se raznica između gubitaka stabilitnosti i gubitaka polazimo od analize uslova u određivanju vrjednosti G_p i G'_p .

3. Kritične granice plastičnosti

$$G_g = \exp \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \exp \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\mu_p}{\mu_p} \right) \frac{G_p}{G'_p} \left(1 - \frac{1}{2\pi^2} \right) - \frac{1}{2\pi^2 + 1} \right] \quad (6)$$

mo definišati granicu vrjednost stepena preoblikovanja G_g u stvariti razmatramo granicu gubitka stabilitosti, a to znači da može-

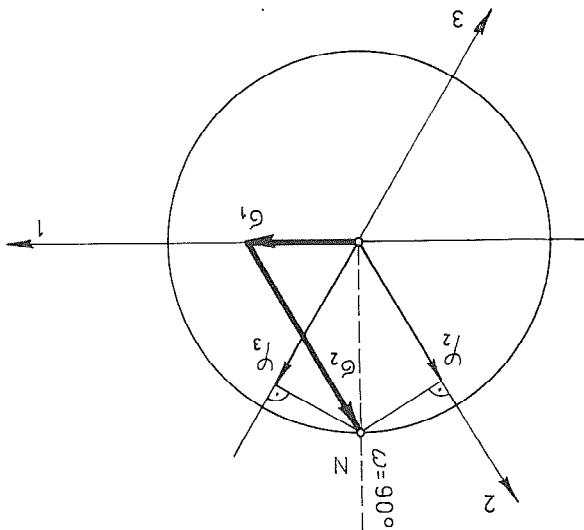
$$F_{max} = F_{raz}$$

Kada razmatramo granicni slučaj, tj. kada je

$$F_{max} < F_{raz}$$

uslov stabilitosti procesa može da definišati kao

SL. 2. Način skica stanje za kritični preseg posude



Iz obrascac (7)

Lazit iz analize napomoskog stanja u tacki N (sl.2).
Prvi elemu treba navesti da su obrasci (7) i (5) identicni, sto prouzi-

$$F_{raz} = 2\pi R^2 s G_2 \left(1 - \frac{2x^2}{s} \right) = F_N \quad (7)$$

Najzad diferenciranji uslov plastičnog tečenja za avoošno napon-sko stanje (15) dobija se sljedeći oblik

$$d\varphi_3 = - \left(\frac{1}{2} \cos \omega + \frac{1}{2} \sin \omega \right) d\varphi_1 \quad (23)$$

$$d\varphi_1 = \cos \omega d\varphi_1 \quad (22)$$

dobitiamo

$$G_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} G_p \sin \omega \quad (21)$$

$$G_1 = G_p \left(\cos \omega + \frac{1}{3} \sin \omega \right) \quad (20)$$

Obzirom da pri prelazu iz kosoglog u polarni koordinatni sistem $G_p = \omega$ postoji zavisnost /8/

$$\frac{d\varphi_3}{d\varphi_1} = \frac{2G_p}{G_1 + G_2} \quad (19)$$

$$\frac{d\varphi_1}{d\varphi_1} = \frac{2G_p}{2G_1 - G_2} \quad (18)$$

Prekо zakona plastičnog tečenja uspostavlja se vez za izmjenju pri-rastaju defor-maciju i glavnih napona, što omogućuje interpretaciju problema stabilitnosti procesa u oktakadraskoj ravni kroz intenzivnost deformacija, uz prethodno poznavanje vrste i intenzitete opterecenja.

gdje su s_1 , s_2 i s_3 normalne komponente naponskog devijatora.

$$\frac{2G_1 - G_2}{d\varphi_1} = \frac{2G_2 - G_1}{d\varphi_2} = \frac{-G_1 - G_2}{d\varphi_3} = \frac{2G_p}{d\varphi_1} \quad (17)$$

$$\frac{s_1}{d\varphi_1} = \frac{s_2}{d\varphi_2} = \frac{s_3}{d\varphi_3} = \frac{3}{2} \frac{G_p}{d\varphi_1} \quad (16)$$

Za avoošno naponsko stanje uslov proporcionalnosti /2/

$$G_p = 48 \text{ KN/cm}^2.$$

Funkcija (26) popriama vrjednost 0,866. Za razmatrani delik $\frac{s}{x_i}$ teži ka beskonačnosti, a tada vrjednost A teži ka jedinicu, a vrjednost G_p nalazimo takođe iz jednačine (25) pod uslovom da

nadne (25), a zatim koristimo algoritam na sl.3 i vrjednost G_p . Kao što to vidimo iz jednačine (25) $\frac{dy_i}{dx_p} \cdot \frac{G_p}{1 - \frac{dy_i}{dx_p}}$ zavisi od veličine A, tj. od odnosa $\frac{s}{x_i}$. Znajući $\frac{s}{x_i}$ nalazimo vrjednost iz jedne A, tj. od odnosa $\frac{s}{x_i}$.

$$Tako, npr. za delik - zaren 0,088C 0,0654 0,36MM funkcije$$

$$G_p = f(\varphi_i) \text{ i } (26) \text{ prikazuje sl. 3.}$$

$$\frac{dy_i}{dx_p} \cdot \frac{G_p}{1 - \frac{dy_i}{dx_p}} = f(G_p) \quad (26)$$

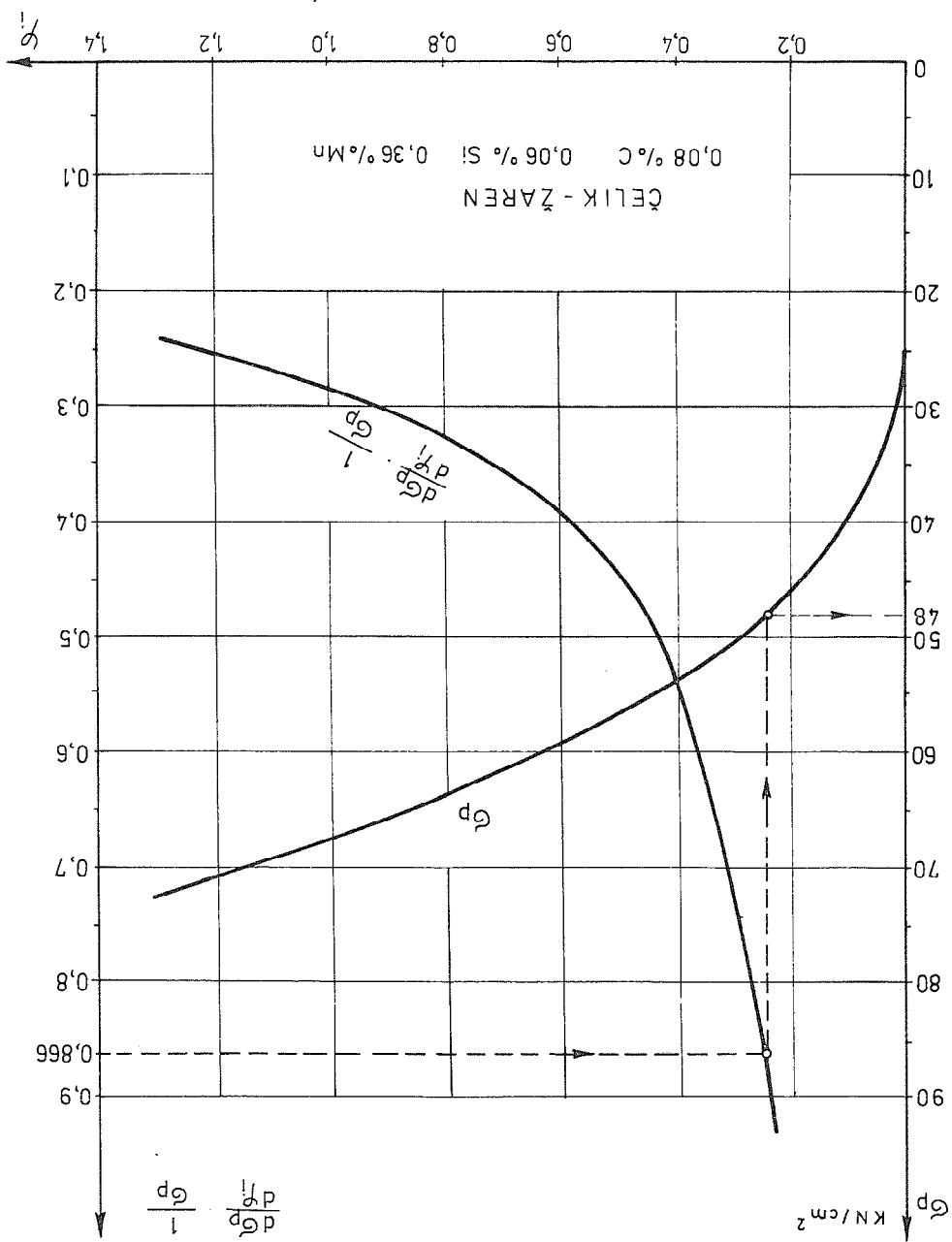
Koristeci kritike očvrščavanja trećeg reda $G_p = f(\varphi_i)$ možemo konstruirati funkciju

$$\frac{\sqrt{3}}{2} A = \frac{dy_i}{dx_p} \cdot \frac{G_p}{1 - \frac{dy_i}{dx_p}} \quad (25)$$

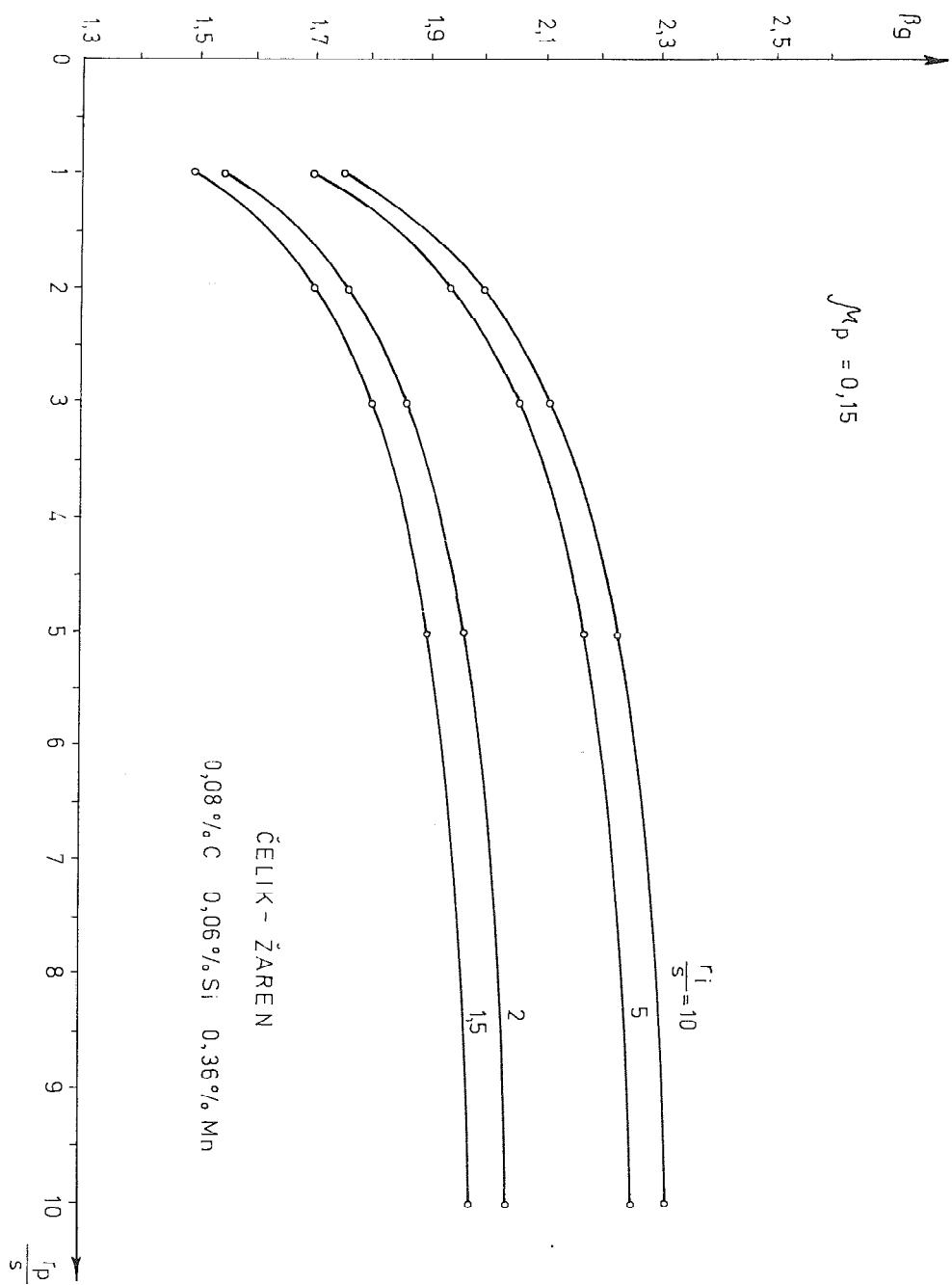
Za takvu N je $w = 90^\circ$, te jednačinu (24) možemo zapisati kao

$$A \left(\frac{1}{2} \cos w + \frac{1}{2} \sin w \right) - \cos w = \frac{dy_i}{dx_p} \cdot \frac{G_p}{1 - \frac{dy_i}{dx_p}} \quad (24)$$

SL. 3. Kritična očvrtččavljiva i funkečija $\frac{d\varphi}{dp} - \frac{1}{G_p}$



$$\mu_p = 0,15$$



SL. 4. Sistem gumečka $\beta_g = \frac{c}{(x/c)} \text{ pre } x/s \text{ variácia } m=0,15$

4. Granuléni stepen preoblikovania
Koeficient funkciu (26) sa díjagrama prekazanou na sl. 3., kôja
se odnosí na celik, i obrazac (6) môžemo odrediť granulénti stepen
preoblikovania f_g (kojí predstavuje odnos poluprečnika pripremeku R_o
prema $R_f + s/2$) za ovaž materijal. Postupak je silne a za súvrat
drugý materijal.

Razmotrimo silučaj kada sa proces odvíja sa $\mu_p = 0,15$, t.j. kada
je zaoþejenie otvora plôze za izvláčenie podmazana másiinskim uľjem.
Vŕjednosti priprávna su obuhvácene u tabele 1.

Na osnovu tabele 1. môžeme konstruovať siestem funkciu
 $f_g = f(x_p/s)$ pri $x_f/s = \text{const}$. Ovy siestem funkcia za $x_f/s = 1,5$;

Takodje na osnovu podatka sadzania u tabele 1. oblikovane
su granuléne izoléformabite kôje sa prikazane na sl. 5.

Variácia koeficient treneja od 0,05 do 0,25 za isti materijal môžeme odrediť funkciu $f_g = f(x_p/s) = \text{const}$. Za silučaj kada je $\frac{s}{p} = 3$ funkcia
je $f_g = f(x_p)$ prikazana je sl. 6.

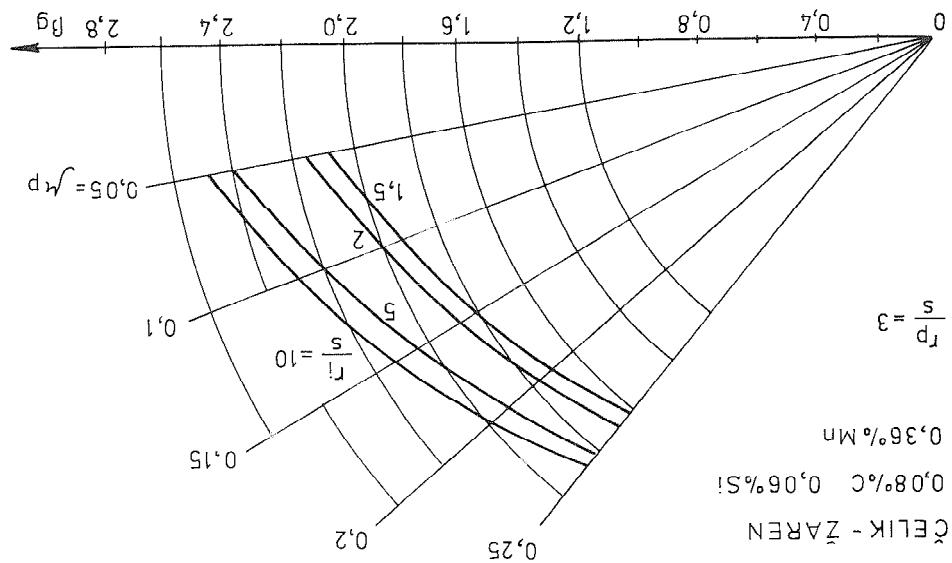
1. Ktoz analízu díjagrama prikazanu na sl. 4. dolazi sa do za-
klíučka da, odnos zaoþejenia radne tvicce otvora plôze za izvláčenie
pripremeku (x_f/s), kao i odnos zaoþejenia kôone radne
pripremeku (x_f/s), kôto otvora plôze za izvláčenie
nu ulohu u odreďivanju preoblikovania mogúchosťi proc esa obrade du-
-vácie izvláčka prema debiljini pripremeku (x_f/s) ligrácu veoma značaj-
usporeno. Medjutím za $x_p/s < 3$ dolazi do nalylog pada vŕjednosti grá-
-cia vŕjednosti odnosu x_f/s u násťovom názem podružiu veoma
násťovu stepenu preoblikovania.

3. Projekna vŕjednosti odnosu x_f/s u násťovom názem podružiu ve-
-má vŕjednosti ($x_f/s < 5$) jazc uticie na projeknu vŕjednosti (x_f/s) nego u podružiu ve-
-má vŕjednosti.

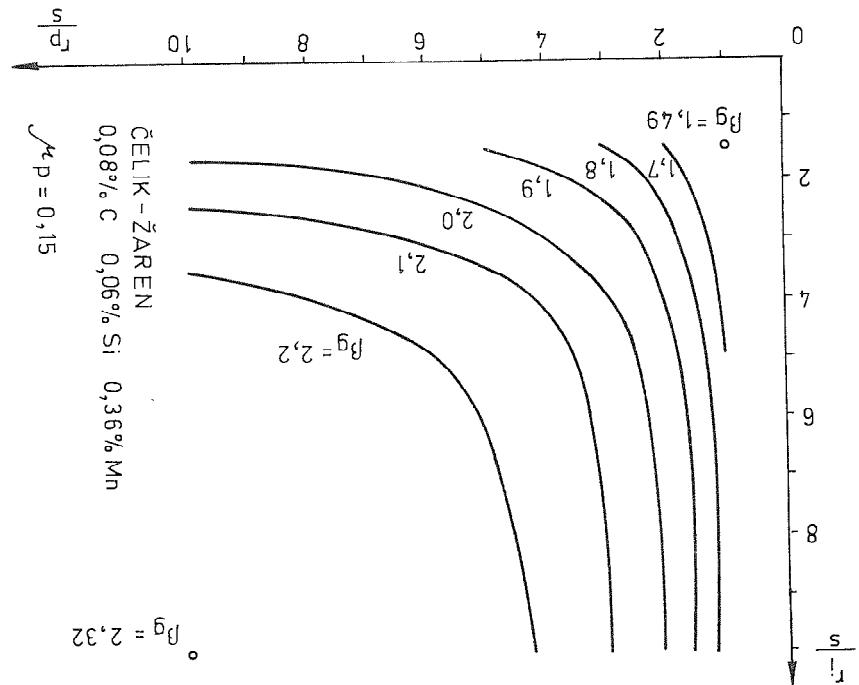
2. Za vŕjednosti $x_p/s > 6$ stepen preoblikovania x_f/s raste veoma
bokiu izvláčeniem.

4. U podružiu $x_p/s < 4$ i $x_f/s < 6$ projekna vŕjednosti odnosu x_f/s skoro upste ne uticie na x_f/s (sl. 5).

SL. 6. Sistém funkcií $f_g = f(\frac{P_g}{P_p})$ pre σ_t/s variácia $\sigma_p/s = 3$



SL. 5. Izod deformabilite



Die Arbeit bestimmt den Abhangigkeitsgrad von einzelnen Einheiten und ermöglichlicht dadurch eine Definition von Zuverlässigkeit.

Das Grenzlichtintensitätensystem mit gletscher Differenzierung (isodifotomab-
ilität) ermöglicht eine schnelle Optimierung des Tiefenlichtverfahrens
von dem Gestichtspunkt der Verformungsmöglichkeiten dieses Verfah-
rens aus.

Ergbnisse dieser Arbeit bilden ein Klarer Bolid von ein- füllstaktoren auf den Grenzwert des Verformungsgrades. Die beste Illustration dafür kann das Grenzintensivsystem mit gleichem Differenzial - isolierbar - sein das von Autoren dieses Bereichs ins

EINFLUSS VON DER ARBEITSKRÄFTENRUNDUNG AUF FORMGEBENDE
MÖGLICHKEITEN EINES TIEFZIEHFERRAHMENS

Kezultati ovog rada pruzaju jasanu predstavu o komponentima fak-
torima koji utiču na granicnu vrednost stepena preoblikovanja.
Boljim ilustracijom ovog može biti sistem granicnih izodeformabil-
nosti koje nov posavdajući autor ovog rada u području obrade deformi-
sanjem. Sistem granicnih izodeformabilna omogućuje brzu optimizaciju
procesa dubokog izvlačenja sa stamovlješta preoblikovanju mogućnosti
toga procesa.

Rad održan je intenzitet uzajamnosti pojedinih uticajnih faktro-
ra, a samim tim omogućuje definisanje stepena pouzdanosti u procesu
dubokog izvlačenja.

Rezime

5. Granitne izodfotomabille (sl.5) omogućuju da se na veoma prost nacitan okređati orgoman broj varijant postizavanija okređenog granitnog stepena preoblikovanja (sl.6).

6. Koefficijent trenja između lima i zaobljenja radne ivice otvara ploče za izvlacenje, veoma snažno utiče na (sl.6), te nije gov uticaj ne može biti zanemaren pri analizi uticaja zaobljenja na datch ivica alata na (g) u procesu dubokog izvlačenja.

1. Zubcov M.E., Litsovaja stampovka, Moskva, 1958.
2. Marcinkak Z., Mechanika procesow toczenia blach, Warszawa, 1961.
3. Poradnik aluminiu, praca zbiorowa wtorow, WNT, Warszawa, 1967.
4. Romanowski P.W., Sprawozniki po holoednij stampovke, Leningrad, 1971.
5. Oehler-Katser, Schritte-, Stanz- und Ziehwerkzeuge, Berlin, 1973.
6. Lange K., Lehrbuch der Umformtechnik, Band 3., Berlin, 1975.
7. Zivanovic S., Obraza metala plastyczno deformatyjnym, Banjalukska, 1977.
8. Zivanovic S., Upsteena analiza napona u procesima oblikovanja sanjem u masinstu, Niš, 1977.
9. Zivanovic S., Upsteena analiza deformatmacija u procesima oblikovanja tankozidnih elemenata, Gasopsi - Obraza deformatmacijem u masinstu, Niš, 1977.
10. Pankutin W., Grundlagen des Tiefziehens zur Herstellung zwietrilliger Dosen, Werkstatt und Betrieb, 1977.

Literatura

V. Stotilj krovite*

1. Uvod

Izvlacenje elemenata od lîma u ovom radu se izlaze posupak eksperimentiranja sa više iz teorijiskog domena [1,2,3,4,5].
Pak još uvek nije dovoljno obrazdati. Do sada objavljeni radovi biti-
as tavljâ posupak novitjeg datuma. Stoga je razumljivo da taj posstu-
nekih veličina koje definisu proces izvlacenje: pritisaka u cilindrima
učidom, i to: pritisaka u flidu za izvlacenje; pritisaka u cilindrima
koji obvezduju stlu držaća lîma; pritisaka u cilindru koji obzebe-
djuje stlu pridržavač i vîšina izvlacenja. Za merenje
elektroda u cilindričnim putem, a dobijeni rezultati su praktikant preko grafika.
Navedenih veličina koristićen je princiđ merenja mehaničkih veličina
goljicu obvezduju stlu držaća lîma; pritisaka u cilindru koji obzebe-
djuje stlu pridržavač i vîšina izvlacenja. Za merenje
goljic postupaka vršeni su u Laboratorijski za masinsku obradu i
alatne masine na Masinskom fakultetu u Nišu. Iznano mesecu sa kom-
pletom opremom i uređajima priskazano je na slici 1, dok je shema
ispitnog mesta bez hidraulične instalacije dala slici 2.

Eksperimenti izvlacenja cilindričnih elemenata od lîma po dnu-
goj klasi postupaka vršeni su u Laboratorijski za masinsku obradu i
alatne masine na Masinskom fakultetu u Nišu. Iznano mesecu sa kom-
pletom opremom i uređajima priskazano je na slici 1. Iznano mesecu sa kom-
pletom opremom i uređajima priskazano je na slici 1, dok je shema
ispitnog mesta bez hidraulične instalacije dala slici 2.

2. Ispitno mesto

U ovom radu se izlaze posupak eksperimentiranja određivanja
nekih veličina koje definisu proces izvlacenja: pritisaka u cilindrima
učidom, i to: pritisaka u flidu za izvlacenje; pritisaka u cilindrima
koji obvezduju stlu držaća lîma; pritisaka u cilindru koji obzebe-
djuje stlu pridržavač i vîšina izvlacenja. Za merenje
elektroda u cilindričnim putem, a dobijeni rezultati su praktikant preko grafika.
Navedenih veličina koristićen je princiđ merenja mehaničkih veličina
goljicu obvezduju stlu držaća lîma; pritisaka u cilindru koji obzebe-
djuje stlu pridržavač i vîšina izvlacenja. Za merenje
goljic postupaka vršeni su u Laboratorijski za masinsku obradu i
alatne masine na Masinskom fakultetu u Nišu. Iznano mesecu sa kom-
pletom opremom i uređajima priskazano je na slici 1, dok je shema
ispitnog mesta bez hidraulične instalacije dala slici 2.

Uz gornju ploču tela prese (pos. 1a,2) prizvrgen je goranj i
deo alata (pos. 2) za izvlacenje cilindričnog elemenata. Donji deo al-
oj dr. Vojislav R. Stotiljković, dipl. inž. docent Mătinskog fakulteta u Nišu, ul. Šta-
noja Brankovica 20/84, Nis.

*) Ovacj rad predstavlja deo naučno-istraživačkog projekta: ISTRAŽIVANJE I RAZVOD
METODA PRODJEKTOVANJA I PROIZVODNJE SAVREMENIH SRPSKIH DOMAĆIH MATERIJALA
ZAKLJUČNO DO VERTIFIKACIJE U EKSPLOATACIJI" u čijem finansiranju učeštuju Rep-
ublička zajednica nauke SR Srbije i neke priuredne organizacije.

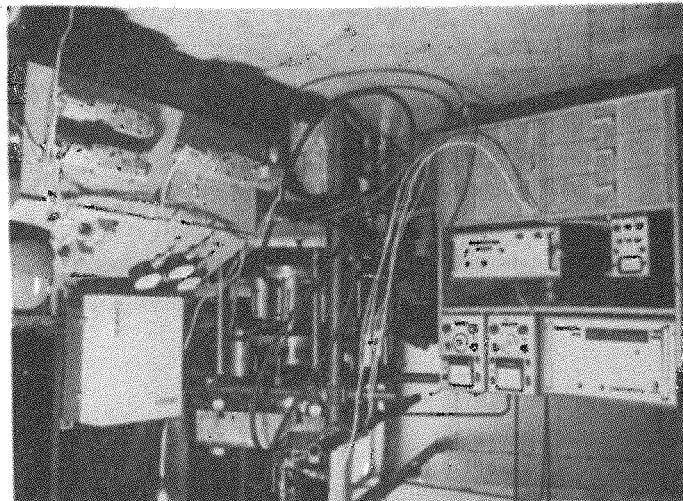
Dalje prenenosnje snimljene veličina od snimaka, preko počasti-

ka.

jer je klijanjem vezana za pridrživac preko odgovarajućeg odslojnja. Geno snimanje promene visine elementa u toku procesa izvlacenja, ko odgovarajućeg nosača za klijanjem istog cilindra. Ovit je omogu- duktivnog snimaka putem (poz. 10). Tezgao ovog snimaka vezano je pre- snimaka protiskak (poz. 9). Za ovaj cilindar vezan je nosač teleイン- gen je na nosaču (poz. 8). Protiskak u tom cilindru meriti se pomognu cilindar (poz. 7), koji obvezuje sliju pridrživac, pridržavac snimaka protiskak (poz. 6).

držaća lima. Merenje protiskaka u tim cilindričima vršiti se preko sni- druge postavljenih u etri cilindra (poz. 5) koji obvezuje sliju za gornji plodni telo. Na gornji plodni telo za promenu protiskaka u flutu za izvlacenje. Na gornji deo alata vezan je snimak protiskaka (poz. 4) koji sni-

Slika 1



či da otvorit alat.
od slike koja se javlja u alatu usled protiskaka u flutu, a koja te-
zatvaranje gornjeg i donjeg dela alata. Ova slika mora da je veća
mpe (nije prikazana na shemati) obvezuje sliju koja je potrebna za
ata postavljen je na cilindre (poz. 3), koji preko ručne klijene pu-

Vrednosť nominálnej pritíská iznosí 200 bara. Grešíka linéarnosťi je podľa inštrukčného snímáka pritíská P11 (poz. 6 a 9), zložka súčtu drážka líma, ktorá je merená pritíská u cíltinadu (poz. 7) vŕtačke.

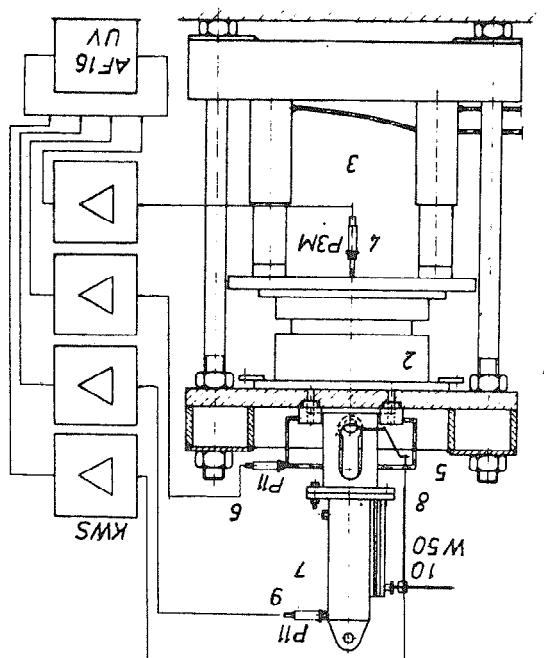
Merenie pritíská u cíltinadu (poz. 5 a 12) ktoré obzvládnuje za merené fakultet u násu, a zrovnaže te opreme je fŕtma Hottein-za vŕtačku elektrickou pútem. Potrebnu merunu opremu posednúje naďaka vŕtačku elektrickou korektu sa postupom merenja mene-

- vŕstva elektrická ktorá sa izvádzí.
- pritíská u cíltinadu ktoré obzvládnuje súčtu drážka líma počas vŕtačky.
- pritíská u cíltinadu ktoré obzvládnuje súčtu drážka líma počas vŕtačky.
- pritíská u cíltinadu za izvádzanie pôj:

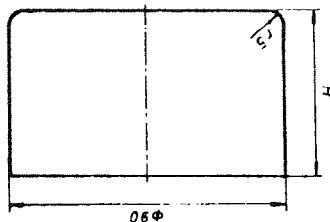
Prvá izvodjenia eksperimenta merené sú sledové vŕtačine:

3. Merina opreme

Súčka 2



Väčša, čo do určenia za regristrovanie pritískanou je na súči 2.



Za eksperimentatana istraživanja izvlačenja cilindričnih elemenata od litice je izradjivan od prekrašnje širine $\phi 90$ mm (sli. 3). Isto je element izveden u obliku klasične osnovačke, odabran je element izvijački je nata od litice po drugoj klasici postupak, odabran je element izvijački je sastavni dio istraživanja izvlačenja cilindričnih elemenata.

4. Rezultati eksperimentatnih ispitivanja

Za registriranje izmjerene veličine na specijalnom foto papiru, za promenu sastavne veličine na specijalnom foto papiru, za svetlostračni oscilograf AF 16 UV. Ovaj oscilograf beleži regristrirane izmjerene veličine, nakon pojavljivanja, korišćen je svetlostračni oscilograf AF 16 UV.

- merenje pojavljivanje KMS/I-5,
- merenje pojavljivanje KMS/II-5 i
- merenje pojavljivanje KMS/III-50;
- merenje pojavljivanje KMS/3-S-5;

Sljedeći pojavljivaci: jazavljene tih slike koristi se eksperiment, logo ne električne slike. Ovi slike se daju pojavljivanju. Za pogodnost mehaničke veličine pretvaraču sastavni u analognu električnu pretvaraču sastavni mehaničke veličine u analognu električnu pretvaraču sastavni.

Vlastina elementa u toku procesa izvlačenja merena je induktiviteta izmaka i iznos je 18% . Vlastina elementa u toku procesa izvlačenja merena je induktiviteta izmaka i iznos je 18% . Vlastina elementa u toku procesa izvlačenja merena je induktiviteta izmaka i iznos je 18% .

Za merenje gradiška u flutidu za izvlačenje koristi se sastavni gradiška sa mernom trakom $\varnothing 3$ mm (poz. 4), čiji se vrednosti normiraju dok promena osetljivosti uslovjenja uticajem temperaturu iznosi $0,2\%$, pritiška iznos je 500 bar. Gradiška linearnosti ovog sastavka je $0,5$ a osetljivost to je $0,5$ mm. Klasa takosnosti ovog sastavka je $0,5$ a osetljivost to je $0,5$ mm.

Izmena uticajem temperaturu iznos je $0,5$ po 10°C . Klasa takosnosti merenja onsegu na mernom pojavljivaču, promena osetljivosti uslova je $0,5$ po 10°C . Klasa takosnosti ovog sastavka je $0,5$.

$$l_0 = 50 \text{ (mm)}$$

date su u tabelama 1 i 2.

Mehanikačke karakteristike lima č 0147 (0,9% C; 0,45% Mn; 0,009% S je bila prečnika $\phi 162$ mm (odnos izvlačenja $k=1,8$). Debljina lima je $0,018\text{mm}$, koj je koristićen za izvlačenje cilindričnih elemenata,

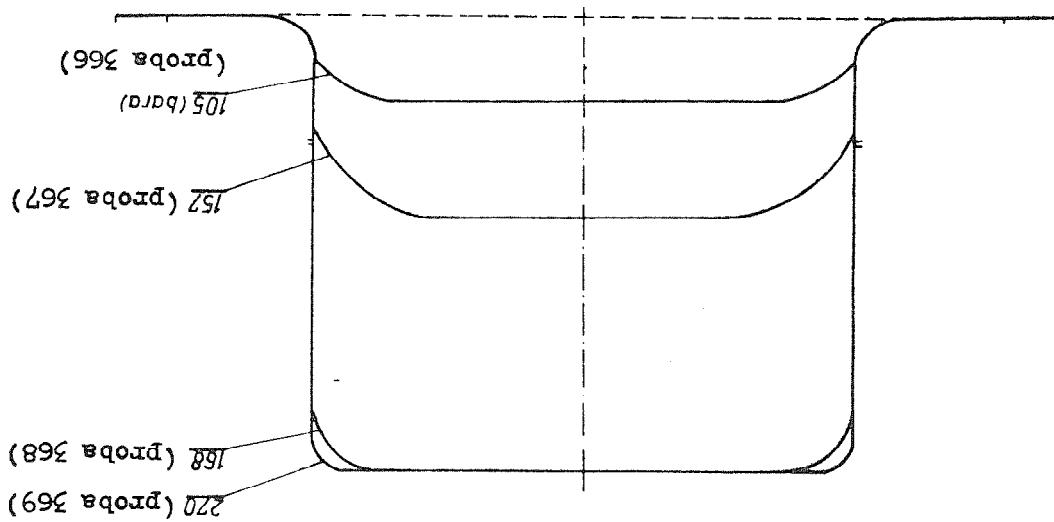
pogonog prečnika $\phi 162$ mm (odnos izvlačenja $k=1,8$). Debljina lima je $0,018\text{mm}$, koj je koristićen za izvlačenje cilindričnih elemenata, date su u tabelama 1 i 2.

Materijal	Broj probe	Ugao	Debljina	R-faktor def. φ_1	Eksponent Koeficij.	Srednji Koeficij.	Korelacije	TABELA 2.	
č 0147	56	0	0,84	1,16	0,271	0,223	69,33	0,957	
	59	90	0,86	1,52	0,159	0,1936	57,45	0,9974	
	62	45	0,85	0,978	0,190	0,202	61,45	0,9982	
	65	0	1,01	1,16	0,155	0,220	56,88	0,9940	
	68	90	1,01	1,77	0,185	0,238	57,85	0,9991	
	71	45	1,02	1,13	0,164	0,231	59,51	0,9996	

Material	Broj	Prezivete dim.	Pogonog prečnik (mm)		Ugao (°)		F _m (kp)		F _v (kp/m ²)		b _o (mm)	
			b _o	s _o	q _m	q _v	F _m	(kp)	F _v	(kp/m ²)	q _v	(%)
č 0147	46	19,9	0,52	0	303	29,28	356	34,40	44	44	41,5	42
	49	19,8	0,53	90	313	29,82	367	34,97	44	44	41,5	40
	52	20,0	0,53	45	313	29,53	370	34,91	44	44	41,5	40
	55	20,0	0,82	0	404	24,63	525	32,01	42	42	33	35
	58	20,0	0,85	90	450	26,47	573	33,71	42	42	33	35
	61	20,0	0,85	45	480	28,23	604	35,53	40	40	35	35
	64	19,7	1,01	0	425	21,35	635	31,90	35	35	35	35
	67	19,8	1,01	90	435	21,75	637	31,85	35	35	35	35
	70	19,7	1,01	45	445	22,35	663	33,32	35	35	35	35
	73	20,0	1,55	0	720	23,22	955	30,80	44	44	40	40
	76	20,0	1,55	90	760	24,00	1000	31,64	40	40	40	40

malo nakon potpunoj ophvata zaobijene ivice kalupa; -
 vi maksimum u flutuza za izvaljenje u trenutku kofit je nešto
 - prit izvaljenju cilindričnih elemenata flutuom javlja se pr-
 tuyaka, mogu da se izvuku sljedeci zaključci, i to:
 pri izvaljenju cilindričnih elemenata flutuom po drugoj klasi pos-
 Na osnovi prikazanih rezultata, kofit su dobijeni slijed-
 em

Sljka 6



367, prikazani su na sljcit 6. a na osnovi podataka datih u tabeli 3.
 oblici izvuknenih elemenata 368 i 369, kao i elemenata 366 i

nata uzete su neke veličine i prikazane su u tabeli 3.
 Prikazani su na sljckama 4 i 5. Sa tih grafika i sa izvuknenih elem-
 - pritiška u cilindrična držaća itma p_d,
 - pritiška u cilindru pridržavajući i
 - pritiška u flutu za izvaljenje p_f;
 - vlastine elemenata h;

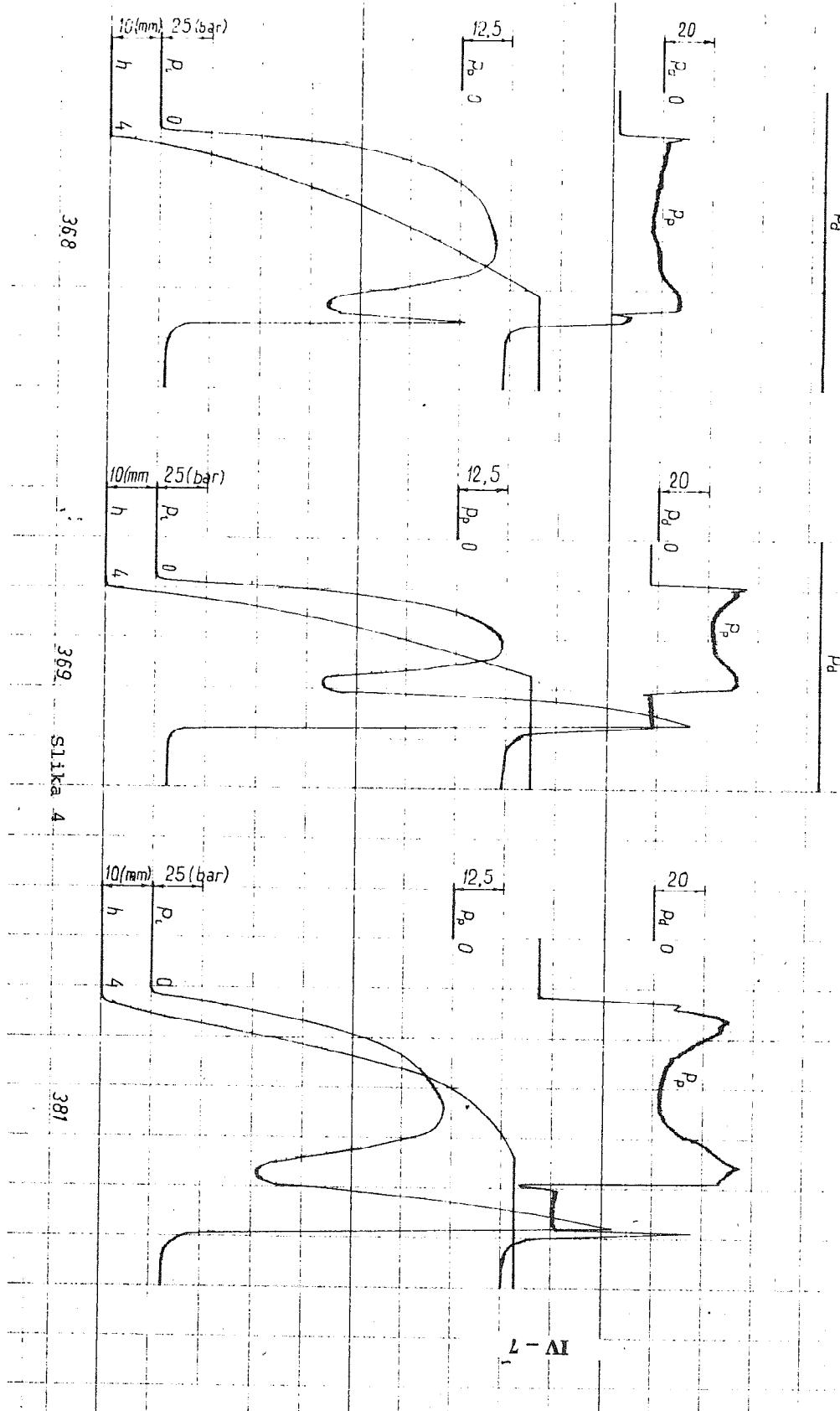
to:
 to: 368; 369; 381; 410 i 416. Slijedenti grafiči promene veličina, i
 je odabran nekojliko proba, koje su običajne rednjim brojevima, i
 ispitivan je velik broj cilindričnih elemenata, a za ovaj rad

Pd

Pd

Pd

IV - 7

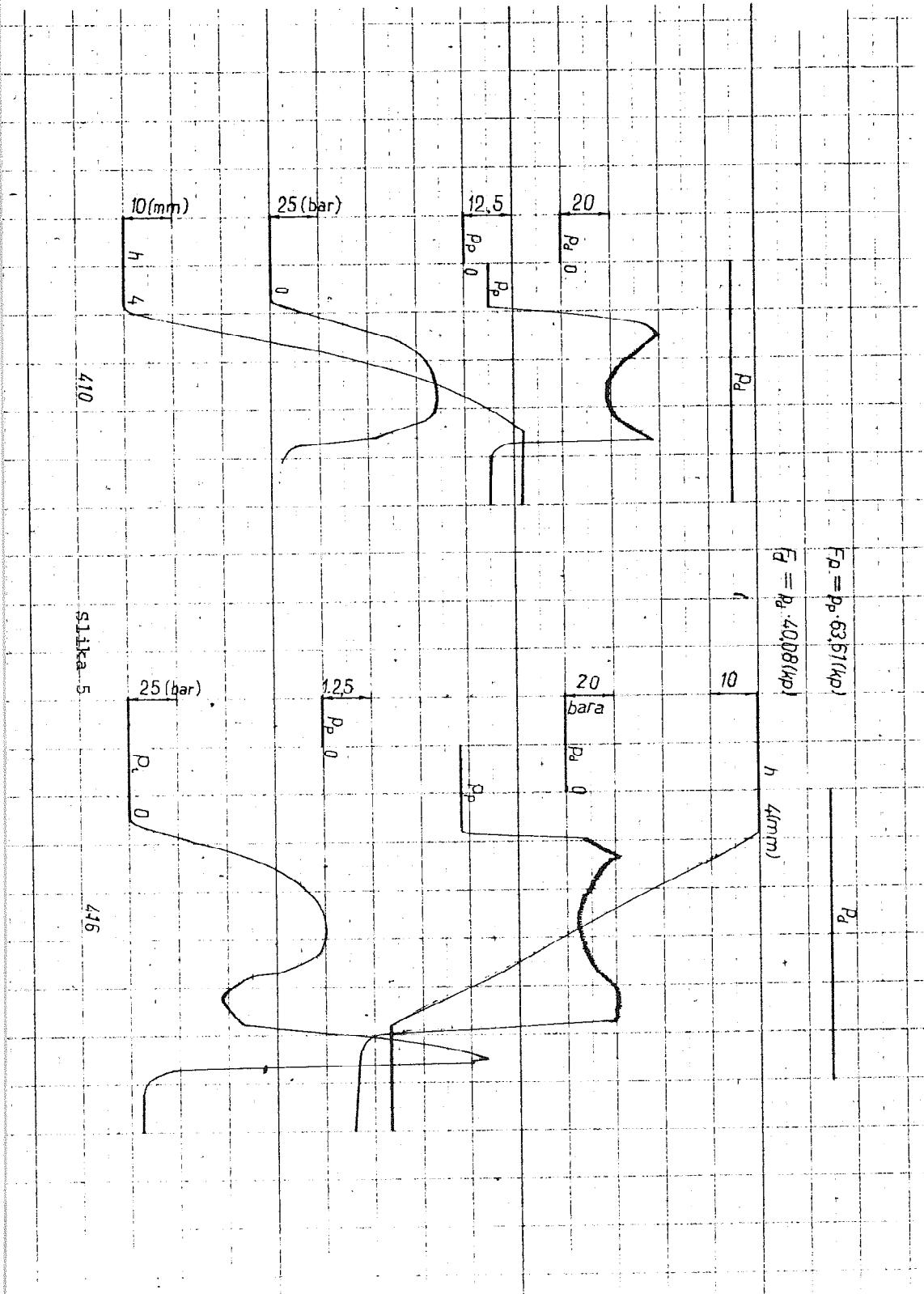


368

369

Slika 4

381

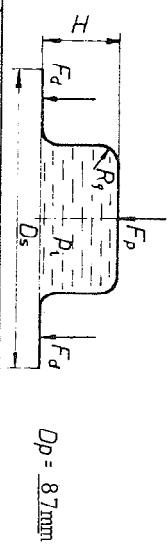


Obrazac 2

PROTOKOL ISPITIVANJA

Eksperiment izvodi: V. Stojiljković

Datum ispitivanja: _____



List broj: _____
Tablica 3

Redni broj	Početna deblina so(mm)	Mater- ijal	Pritis- držaća Pa(at)	Sila prijedriživača Fd(kp)	Pritisak prijedriživača Pp(at)	Sila izvlačača Fp(at)	Pritisak izvlačača Pv(at)	Visina izvuci dela H (mm)	Radius krivine ce(G) Rs(mm)	Spoljaš- njeg polupreč. Rg(mm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
366	0,83	Č 0147	75	3006	37	2353	105	13,8	19,0	78,0/77,2
367	0,83	Č 0147	75	3006	56	3562	157	33,8	25,0	69,4/68,1
368	0,83	Č 0147	75	3006	48/53	3053/3371	168/80/80/155	56/53	11,0	45
369	0,83	Č 0147	75	3006	62/70	3944/4453	175/92/80/270	55/53,1	6,0	45
381	0,83	Č 0147	85	3406	27/40	1717/2644	145/50/50/230	50/53	7,0	45
410	0,52	Č 0147	70	2805	19/24	1208/1526	85/50	58,0	29,5	50,4
416	0,52	Č 0147	110	4408	32/37	2035/2353	104/48/48/185	55,8/49	6,5	45

- 6) Pridrživač u kretanju / pridrživač u donjem krajnjem položaju (neposredno pre pomeranja)
- 8) $P_{1\max}$ — prvi maksimum / pridrživač neposredno pre krajev položaja / min. pritisak / drugi maksimum
- 9) min. visina / max. visina
- 11) min. poluprečnik / max. poluprečnik

- vrednoset pribitiska \hat{p}_i , extipatizna maksimamnoj, trajec nekojiko
- trenauteka (u rasmatranim sluzajevima od 0,5-1,5 s), jer je pad
- pribitiska \hat{p}_i usled smanjenja deformacione stile pribatizno
- jednak pribrazetaju pribitiska \hat{p}_i usled dopunskega optpora trenauteka
- litsama o cilitandritzani zid kaluipa pod dejstvom pribitiska flutida
- misanje venca element trazene vistane i nekoj radjusa na pre-
- mjanjani pribitiski se doljja u trenutku kada je pribraz-
- cilitandritzani element trazene vistane i nekoj radjusa na pre-
- lazou sa dnu elementa u omotaci;
- dalje smanjene radjusa na dnu elementa dovoadi do nalog
- porasta pribitiska \hat{p}_i , sto pak povegava stili trenutku izmedju li-
- izmedju tih ekstremitich vrednosti raste nesto sporije;
- pribitiski pribrazetaju pribitiska \hat{p}_i , nakon minituma, dok
- vistina elementa se kontinualno povegava u periodu dok se prib-
- izmedju;
- pribitiski u cilitandritzama kofit obvezedjiju stili pribazca Ljma, ti.
- stila drzaca Ljma je bila konstantna u toku procesa izvla-
- drzivac ne pomjeri u svoj krajnjy polozaj;
- maksimalni pribitiski u flutidu za izvlacenje \hat{p}_i , potreban za
- dobijanje nekoj elementa, utoliko je veci, utoliko je veca
- pribitiski deblijinti Ljma isto debljinti \hat{p}_i , je veci utoliko je veci
- - pribitiski deblijinti Ljma deblijinti \hat{p}_i .

5. Z a k l j u x a k

mmung entingen grossen, die das Tiefzischen mit Wirkmedien definierten in dieser Arbeit wird das Verfahren der experimentellen Besti-

CYLINDRISCHEN ELEMENTE MIT WIRKMEIDEN

EXPERIMENTALE AUFGABE EINIGER PROSEN BEIM TIEFZICHEN DEP.

V. Stoljikovitj

of the CIP Vol. 27/1/1978.
siehen von Konischen Elementen mit Wirkmedien, Annals

5. V. Stoljikovitj, P. Popovitj, V. Žolaja, Drukkets Timung hetim Titel -

4. V. Stoljikovitj, uderedjivnje nrtitska flutida vrt izvlacenju cili -
protzvodnog masinata, obrodnič radova sa XI savetovanja
nartivnich elemenata, 1977., str. 237-248 (knjiž -

3. V. Stoljikovitj, uderedjivnje nrtitska flutida vrt izvlidenje
Doktorska disertacija, Masinski fakultet Nis, 1977.

sa usposostavljanjem njihovih korelacionih odnosa,

sa pridrživacem i identifikacija uticajnih faktora

menata dušokim izvlacenjem nestiskljivim fluidom

3. V. Stoljikovitj, Naponsko i deformacione stanje pri izraditi ele-

2. E.I. Isachenkov, Stanovak rezinot i glikosetu, Moshnos troenie,

u Nisu, Nis, 1975.

da dušokim izvlacenjem, SIMD 2, Masinski fakultet

1. P. Popovitj, Prilog rasmatranju problematike izrade premedeta ra-

Litteratura:

Izvlacenja elementa od lima fluidom po drugoj klasi.
izvlacenja elementa od lima, treba da se vodi racuna pri primeni postupka
izvanju ovom radu, kao i o svim detaljima koji su anali-

njenja lima i do razaranja elementa.

razvlacenja, sto je veoma nepravljivo, jer dovodi do naglog sta-
jusa na dan elementa, proces izvlacenja može da pređe u proces
pri izvlacenju fluidom, u zavisnosti od veličine prelaznog radi-
se javlja samo jedan maksimum sile, pri izvlacenju fluidom po drug
maksimum sile izvlacenja. Za razliku od klasidnoj izvlacenja gde
se koristi kao izvlakanje, odnosno klanje, vez i go trenutku pojave
zlikuće se od klasidnog izvlacenja, ne samo go vidiu sredine koji
izvlacenje elementa od lima po drugoj klasi postupka ra-

dargestellt. Das sind: **Filialstypkettsdruck** zum Telefonieren; Druck in den Zylinder; die Blechgegenhalterkraft gewährleistet und die tiefe Ziehende, Elementenhebe.

Die Messung der angegebene Grossen ist durch Verfahren der Elektroischen Messung der mechanischen Grossen ist durch das gewonneen Extraktasse sind graphisch dargestellt.

**) Izdešan u TZ Litostroj kot del raziskovalne naloge za sklad
*) Dugešen Tatralovč, dipl. inž. strojnikstva, projektant u TZ Litostroj

Pločevina v kolutih se koristi za naslednje nameñe:

2. Možnosti uporabe litij

Prinicip modulirane građe litij za rezanje pločevine nem omog-
ćea zelo strok spektar izvedb, ker omogoča dobro prilagoditev zat-
evam tehniko predeleve pločevine, s tem pa se izvedno znižajo
proizvodni stroški.

Prinicip modulirane građe litij za rezanje pločevine je
tako velika, da se izplača imeti lastno postrojenje za pridržavo
posebne zahtere. Razlikuje v centru standardno in posebno državo je
prištijeni plazati dodatno vloženo delo valjarn za izpolnitve
atov plazic. Prvi tem imajo težave z neredito dobavo materijala ter so
jeni narocati v zelzarnah nestandardne dimenzije kolutov in form-
Predejavati, kateri zelišči dosegi boljše izkoristke, so prisil-
pločevine.

Standardni proizvodni program valjarn obsega kolute in ploče
zagovalja dober izkoristek.
Standardnih dimenzij. Spektar dimenzij po standardnem programu ne
pločevina optimalnih dimenzij bo dosegal dober izkoristek.
stek materijala. Teda je direktno odvisen od odpadka. Z uporabo
stroskov. Zato je za predejavalcu zelo pomembno, da ima dober izkoristi-
pločevino, nastopajo strošek materijala kot varzen faktor proizvodnih
Prti predejavalcu, kateri imajo kot osnovni vhodni material tako

1. Uvod

RAZREZ PLOČEVINE V KOLUTIH NA FORMATE **)

D. Tatralovč *)

po funkciji se tudi imenuje održljivost ali navadništvo.
Naprave je potrejene za oddajo in razvijanje plodovitne vrake.

4.1 Održljivost-navadništvo

cestoviti konstrukciji-sko-tehnologijo ustrezno izvedbo litnje.
Poznavanje posameznih naprav v litnji je nujno, če želite mojov, ravnanjekov in podajalnikov.
kih zahetav. Tabeli so podane karakteristike kolutov, održljivosti - modularna cestovaljivost in gradnja naprava v odvisnosti od tehnologije.
Osnova gradnje litnje za rezanje plodovitne kolutih je

4. Karakteristike elementov litnje

- rezanje vraku v odvisnosti od potrebe oblike vraku ali plodov.
- kontroliрано podajanje vraku,
- kompenzacijsko zank, za usklajevanje dela naprav v litnji,
- ravnanje plodovitne
plodovitne v preoblikovanju stroj,
- pranje, čislenje in mazanje plodovitne, pri direktnem uvajanju
- avtomatsko delovanje litnje,
- speljemo plodovitno skoz litnjo,
- pridrava litnje za delo, z ročnim komandiranjem pultu
avtomašas naprav, s katero postavimo kolut v zacetni položaj za delo,
- postavitev koluta na održljivost, običajno je predvidena lastna
- transporat kolutov do litnje,
karakteristike delovne operacije pri teh postopkih so:

- prečni nariz vraku in formate razstavljanih oblik.
- vzdolžni razrez vraku s kolutnim skarjami,

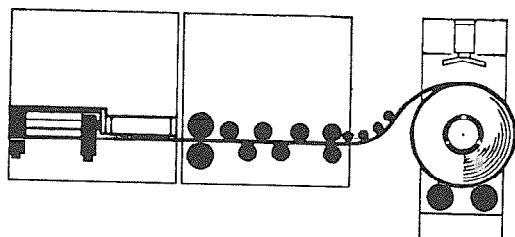
osnovnih postopkov:

tehnologija dela na litnji za rezanje plodovitne izhaje iz dveh

3. Tehnologike zaheteve

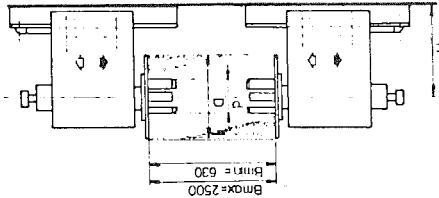
- na valjčnih progash za izdelavo protitlov.
sko in masovno proizvodnjo,
- za direktno predelavo preoblikovalevnic litnje za velikoserijske strine,
- za vzdolžni razrez vraku večje širine na več vrakov potrebenih
- na poligonalnih kvadriliteriskih oblik,
- za prečni nariz na formate pravokotnih, paralelogramnektih, trapez-

TABLE I, KARAKTERISTIKE ELEMENTOV LINIT

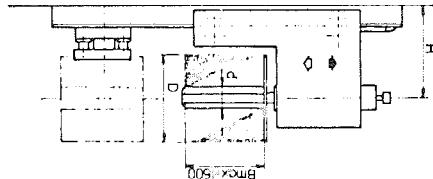


Podajanie trakcji

S1.4. - Dvojné ovládanie



S1.3. - Endogéni ovládanie



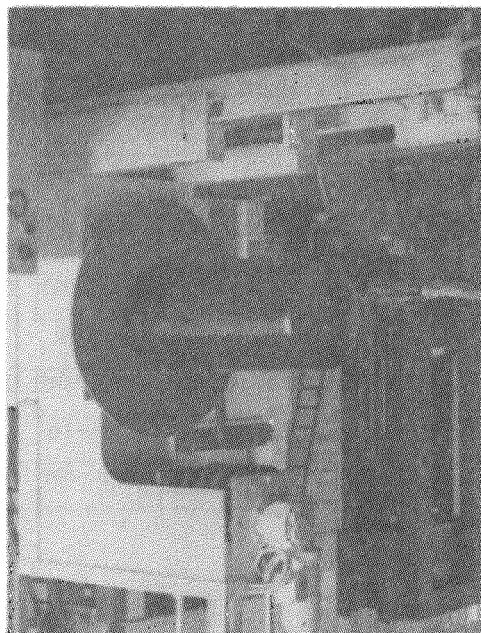
alí dvojné ovládanie-navíjanie.

Zaradí zeleno žltorúčka spektra sŕtin trakov upravdžamo endogéne

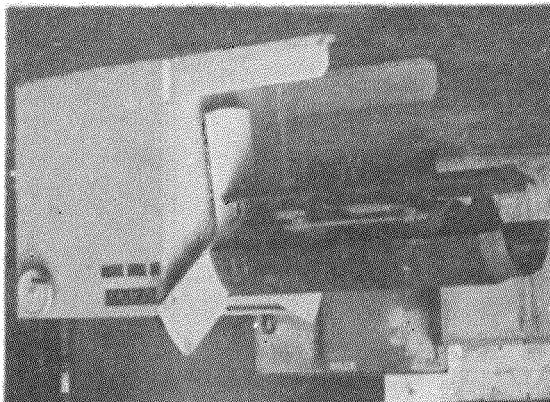
- za zavíranie vretene ovládania-navíjania.
- za vretene vretene ovládania za obe smery vretenia,
- za uvaženie traku v nasledujúco napravo,
- za prízemné kolutu plochovinu v traku,
- za razmietkanie vpeňalních celusť bobna,
- za vodenie ovládania-navíjania,
- za vodenie vozícka dvigača,
- za dvigačne-snehomane kolutov plochovinu v traku,

Ovládanie-navíjanie teda na zároveň nasledujúce naprave:

S1.1. - Ovládanie s prízemnou komou a dvigačom



S1.2. - Ovládanie

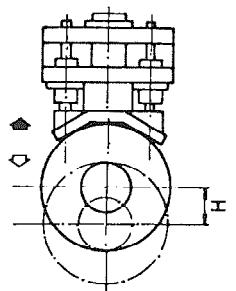
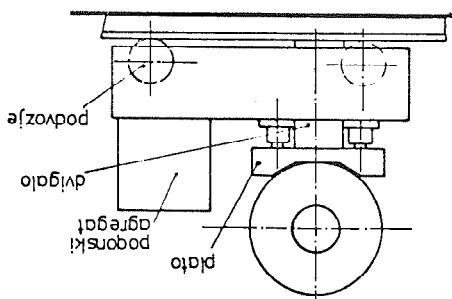


NAPRAVA je predložena za ravnjanje mehanizma poskoda pločevine in neravnosti, ki nastane zaradi navijanja traku v kolut. Ravnalnik ne

4.2 Ravnalnik

S1.6. - Dvigalo

S1.7. - Vozitek z dvigalom



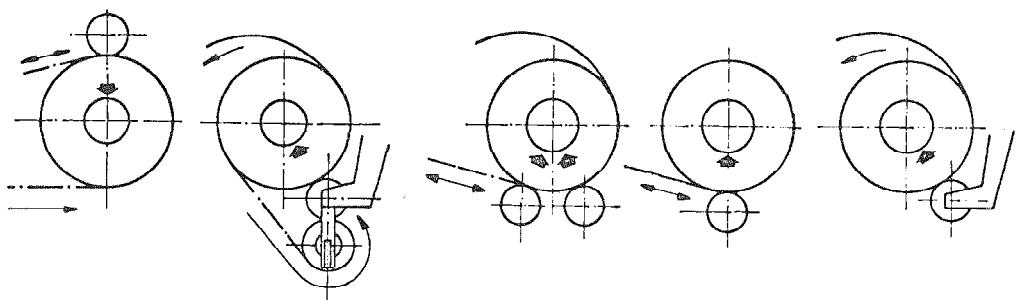
po razrezu.

- da omogoča snemanje posamežnih kolutov pločevine z navjalnika
- da dvigne in natake kolut pločevine na vrteno odvijalnik,
- da vtične v vtično osi vrtena odvijalnika,
- da pridrži kolut pločevine iz magacina k odvijalniku in ga dviga v višino osi vrtena odvijalnika,
- da kolut dvigne v višino osi vrtena odvijalnika,

naloge:

NAPRAVA, ki služi za transport koluta pločevine, ima naslednje

S1.5. - Principi delovanja prizemnikov

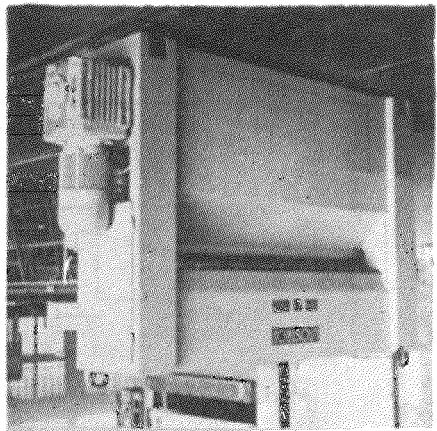


- da navija razrezan trak v kolute, ki so meševalno razdvojeni.
- da navija-odvija kolut z zeleno enakomerno hitrostjo,
- da navija-odvija kolijo, ki seči površino traku,
- da prepreči nekontrolirano odvijanje traku,

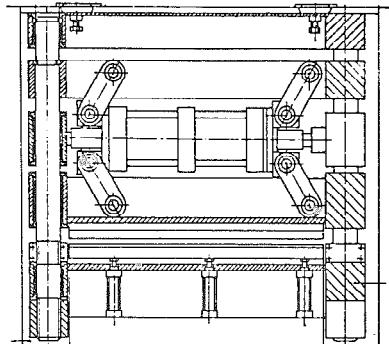
čemo prizemnik in ima naslednje naloge:

NAPRAVO, ki služi za prizemnje kolutov pločevine v traku, imenu-

S1.10. - Mechanische řízení

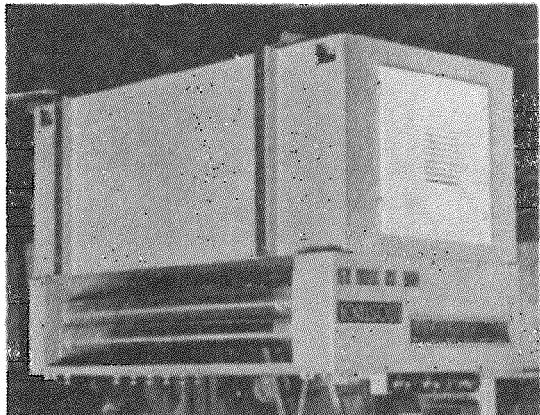


S1.11. - Pneumatické řízení

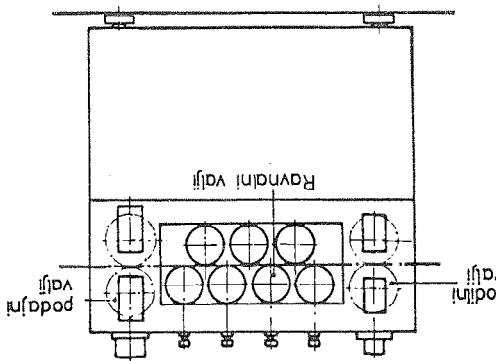


4.3 řízení

S1.8. - Ravnalník



S1.9. - Štíca ravnalníka



Zvezno regulace jde hřitrostí vrtence podajník valjev.

nička je par podajník valjev. Pogon le-teh je lachko bez alí z teho ravnání a nastavljamo z ravnalním valji. Na tisotopu z ravnal - 7 - 9 valjev. Na vstopu a ravnalník je par valjev za vedení. Kváli - Za daným kvalitatem plodoviny je důvod doper ravnalník a more ravnatí neenakomernosti, kti jich všechny nekvaliteta plodoviny.

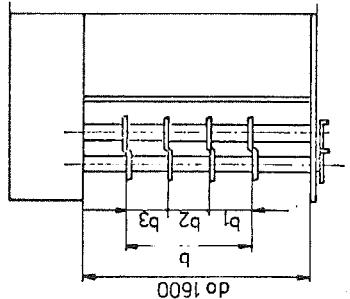
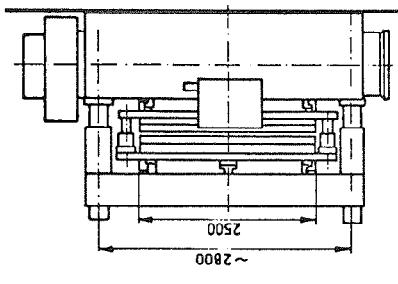
ne nad 800 mm, natačnost rezanja je $\pm 0,2 - 0,8$ mm/m.
 - cilinderaská podajalník je dobré za hřídele podajání i za dolžit-
 merjenia $\pm 0,1$ mm/m.
 - přízemní podajalník má zelo vysokou natačnost podajání i
 našledně:
 záme plôčevine. Prá izbárti tipa podajalníka je potreba vystaveti
 podajalník je naprava za podajanie plôčevine i na merjenie dol-
 4.4 Podajalník

- možnosť prípravnej napravy, ktorá umožňuje dodávanie razerez.
 - prípravna konstrukcia, ktorá zabezpečuje minimálnu prostoru,
 v čase obratovania litií,
 - možnosť premýkania skarží po zapovratných rezinach cirkulusich, to je
 - veľká sťevítka šírky (rezov) v miernute,
 - kratek čas rezanja,

GLAVNE ZAHTEVY ZA TOVARNÉ NAPRAVE SÚ:

S1.12. - Kolutne skarje

S1.13. - Izsekovačnik



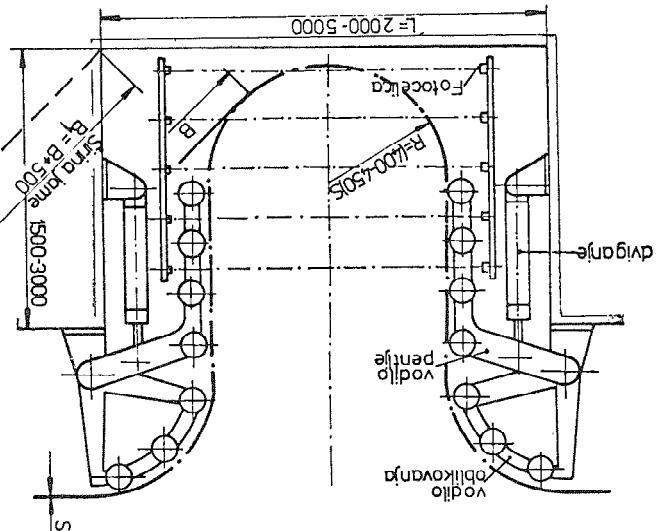
mo treba na vedečích trakoch.
 - kolutne skarje s nastavljivou kolutou, a katerim lachko razberie-
 ník je kvadratných formátov,
 - letné skarje s premičnou rezilinou pribojom za odrez pravokot-
 - izsekovační stroj je zondelé polohu obdĺžnik,
 tako aby je možné nainštratiť dobití dva odrezia,
 - bloční systém skarží s možnosťou odklonu okrog vertikálne osi,
 poleg zdrojovom meníčkom obdĺžnik je paralelogramma i triádeza,
 - enožné skarje s možnosťou odklonu okrog vertikálne osi za odrez
 pravokotných i kvadratných obdĺžnik,
 - enožné skarje s mechanickým ale i hidráulickým pohonom za odrez

Optimalne-namenske litnje dobimo s sebestavljanjem proizvoda - funkcijskih naprav v uporabno skupino-linijo. Prvi sestavljanji zmožljivosti morajo imeti vse naprave skupne tehničke parametre.

Sistem upravljanja je pritrjen stopnji mechanizmu. Povezuje in synchronizira pogone strojev s pogoni naprav za napajanje, avzemanje izborčne mize.

5. Sestavljanje namenskih litnjih

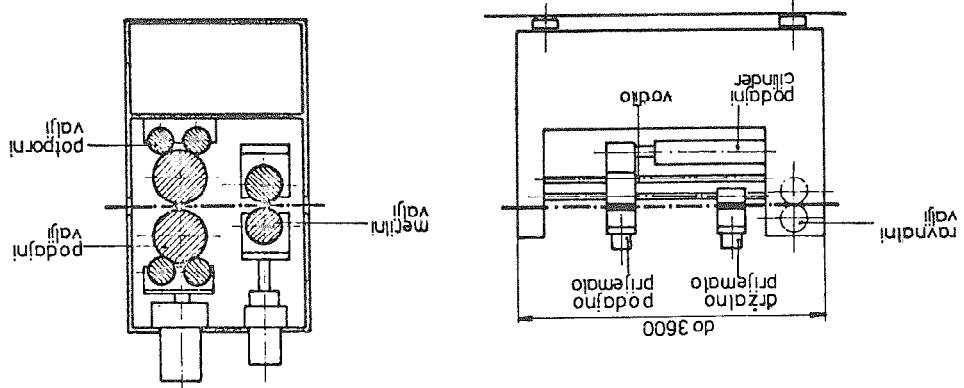
SL.16. - Kompenzacijski jasek



Izbocna miza. Za postopek rezanja z mejenjem do mehanske z mejenjem do mehanske rezanje traku. ki uravnavačjo hitrost sistema kontrolira s jasek se podajanja v s podajanja traku v 2-krat večja od dolžine jaseku mora biti 1,5 do 2-krat dolžina traku v kompenzacijski jasek za izsekovanju stroj u ma neravnomeren potek, je neizogibno potrebno prti napravah, prti katerih podajamo plotevino k skrajjem ali k

4.5 Kompenzacijski jasek

SL.14. - Prizemni podjelnički cilinderi podajalnik



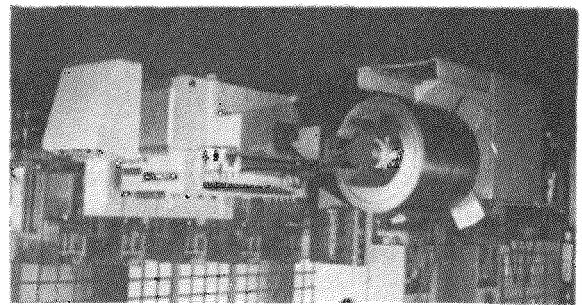
TABEĽA 2. PREGLIEDNICA NAPRAV ZA SESTAVLJANJE LINÍJ

OSNOVNA NAČELA IN SISTEMI NAPRAV ZA RAZREZ PLODČEVINE IZ KOLUTIH

Preglednica 2

01		Sistem: v ravni Podprtje: stalno Razrez: s škarjami s premičnim reznim priborom	
02		Sistem: v ravni Podprtje: stalno Razrez: stacionaren z ravnim škarjami	
03		Sistem: s kompenzacijsko jamo Podprtje: z kleščnim podprtanjem Razrez: stacionaren, s škarjami s stalnim odlikom ali izsekovnikom	
04		Sistem: s kompenzacijsko jamo Podprtje: z vajčastim podprtanjem Razrez: stacionaren, s škarjami s stalnim odlikom ali izsekovnikom	

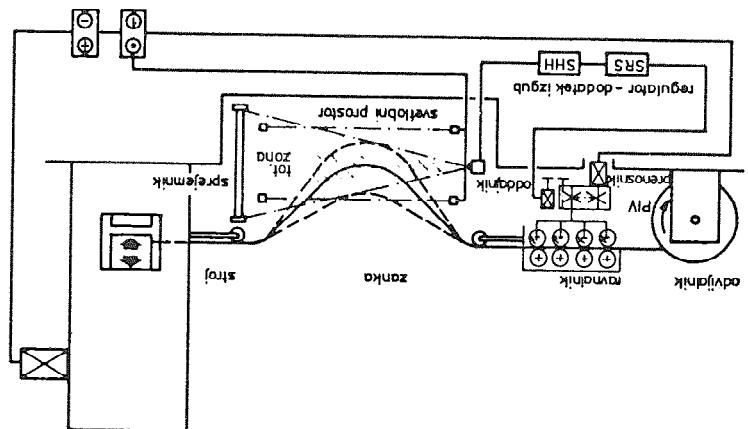
TABEĽA 3. PREGLEDNICA POSTOPKA PRI SESTAVLJANJU LINIJI



- Linija za naravne trake

7. Primjeri realiziranih linija u njihovim tehničkim podatcima

SL.17. - Shema avtomatizirane linije s povratno zanko



družanje stabilnega pogona.

Prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

prijevozne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za pomebne povratne zone, ki sprati javljajo potrebe korekcije za

6. Kontrola delovanja

tabele 3.

Osnovna načela gredanja izvedb linij so razvidna iz primerov v

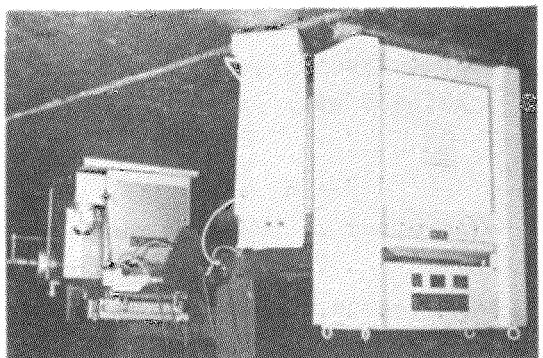
moxne komunikacije, le-te so razvidne iz Tabele 2.

Da se odločimo za pravilen raspored naprav moramo pozнатi vse

nje procesa.

in vmesni transport. Zaprone naprave izklučujejo nestabilno delova-

8. ZAKLJUČEK



- Linička za narez traku

širina traku	do 630 mm
debelina traku	0,5-2,5 mm
masa kolnta	4000 kg
hitrost odvijanja	10 m/min
št.rezov	max. 25
natančnost	± 1 mm/m

B, MUSAFAIA*)

KOMPARIJATIVNA ANALIZA PROCESA PRESOVANJA I IZVLACENJA**)

Identifikacija procesa u plastičnom području zavisi od šeme naponskog stanja. Procesi raznootinjeni naponskih stanja kao što su: izvlačenje, profili, čijevi, duboko izvlačenje sa i bez rednukcije deblijine protusmjerne i komplikovanih izlaskivanih usloviava konstrukciju i - ceptija alata kod procesa presovanja razinu metodama: istosmjernog, izlazak se sa pozitivnim radnim naponom. Konstrukcija skraćena je, realizuju se sa rednukcije deblijine stojme ne naponske šeme svestranog pritiška.

Istraživanje reallih procesa bazu na feniomenu očvrtščavanja tehnici- kih metala i stvaranju tribološkim efektima na kontaktnim površinama alata i radnog dijela. Istraživanje reallih procesa bazira na feniomenu očvrtščavanja tehnici- stanja limitirane su, po uslovu nenarušavanja stabilitnosti, granicu optimalne mogućnosti preoblikovanja procesa raznootinjenog naponskog postupka verifikacije.

Izvlačenja tma za cilj stvaranje korelacijonih odnosa i skratchivanje komparativna analiza modeliranih, idealiziranih procesa presovanja i izvlačenja tma za cilj stvaranje korelacijonih odnosa i skratchivanje optimalne mogućnosti preoblikovanja procesa raznootinjenog naponskog dr. Binko Musafija, dipl.ing., red.prof. Masinskog fakulteta u Sarajevo, Mladinskih eteksta b.b. Radjeno u Zavodu za alatne masine Masinske fakultete u Sarajevo kao dio projekta: "Istraživanje procesa plastičnog preoblikovanja sa realnim očvrtščavajućim efektima".
**) Dr. Binko Musafija, dipl.ing., red.prof. Masinskog fakulteta u Sarajevo, Mladinskih eteksta b.b.

Optimalne mogućnosti preoblikovanja procesa raznootinjenog naponskog stepenom deformacije. Optimalne mogućnosti preoblikovanja procesa raznootinjenog naponskog stepenom deformacije.

šno od razvoja očvršćavanja, što znati da je funkcija ne samo konste-
hiperpovršina opterećenja nije eksistirala, ona se siri i postoji zavi-

bilnosti).

transistorstvo domena O-V se isključuje iz razmatranja (elastična reverz-
stično-plastičnog tijela po konceptu R.Hooke - St. Venant [2]. Unut-
rašnje određenoj jedinacu (1.2) opisuje složeni reološki model elasti-

$$f(G_{ij}) = \varphi(p) = \alpha = \text{const} \quad (1.2)$$

nja:

hiperpovršina opterećenja se redukuje u hiperpovršinu plastičnog teče-
u slučaju idealne plastičnosti parametar očvršćavanja je konstantan i

lastičnog deformisanja.

Trenutna hiperpovršina opterećenja razdvaja oblast elastičnog od ob-

φ - monotono rastuća funkcija plastične deformacije
 p - pozitivna skalarna mjeru izotropnog očvršćavanja

gde je:

$$f(G_{ij}) = \varphi(p) \quad (1.1)$$

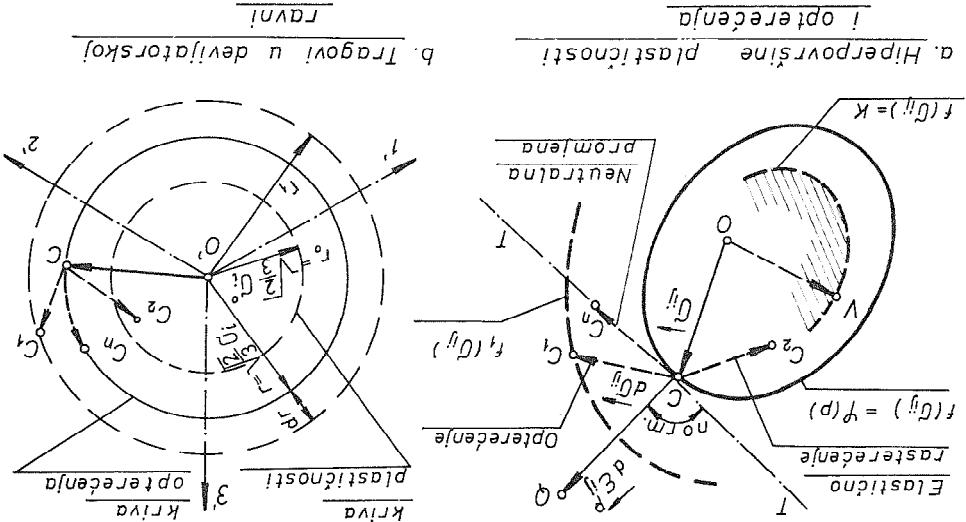
lovnom hiperpovršinom opterećenja (po sl. 1a) sa jedinicom [1]:
vrjednost naponskog stanja, trenutno stanje se može predstaviti us-
tenzora. Uzimajući da posetku koordinatnog sistema (O) odgovara multa-
tenzora naponu (G_{ij}) može biti predodređeno vektorom sa devet kompo-
nentama naponsko stanje u devetdimenzionalnom prostoru komponenata

1. Prosesi u plastičnom području

čivanja vezana uz muntazaciju energetskog biliarsa ovih procesa.
Višok radne pritiske i opterećenja alata, pa su prioriteta istra-
omogućavaju obradu priznatim stepenima deformacije, što uslovljava
most ne egzistira. Izrazite vrjednosti stereičnog tenzora napon
kod procesa istoimenog naponskog stanja organiziranja vezana uz stabili-

- *) Da posjava nije isključivo hipotezna eksperimentima slobodno L.A. od izvještajne stepena definicije dolazi do posjave "zastigličenja očvraženjem".
- Elastično rastregeanje ($C \rightarrow C_2$): vektor prirazstava napona usmjereni prema ravni ($T-T$) i nepraktično su se mijenjala pravac drještva.
- Neutralna promjena ($C \rightarrow C_n$): vektor prirazstava napona leže u tangentni polovršini opterećenja.
- Opterećenje ($C \rightarrow C_1$): vektor prirazstava napona usmjeren je van hipotezne komponentama tensora napona dodat prirazstvi napona, tada u zavisnosti od pravaca i smjera drještva vektora d_{ij} mogu nastupiti tri stanja [4]:
- Ako se komponentama tensora napona dodat prirazstvi napona, tada u zavisnosti od pravaca i smjera drještva vektora d_{ij} mogu nastupiti tri stanja [4]:
 - Iako se neutralna rastregeanje pretpostavlja stranje bez promjene oblike hipotezne) [3].
 - Za vrijednost naponskog stanja, nego i prethodne historije deformacije (izostrojeno opterećenje) [2].

S1.1 PROCESI U PLASTICNOM PODRUČJU



opterecenzia (zavise od puta-istorije deformacije).

Funkcija izotropnog ovcarskavnjazavisi od intenzivnosti naponskog stanja, pa u devijatorskoj ravni (sl. 1b) ostaju tragovi: kritve plas-tičnosti (zavise od mehaničkih osobina probnog materijala) i kritve

$$f(G_1^z) = (G_1^z - G_2^z)^2 + (G_3^z - G_4^z)^2 + (G_5^z - G_6^z)^2 = \varphi(p) = 2G_1^z \quad (1.5)$$

U prostoru glavnih napona hiperpovrsina opterecenja degenerativne u površinu cilindra sa jednacijom:

dA - infinitizimalni skalarni Lagrangeov multipejliktor

gädje je:

$$(1.4) \quad (\text{Left}) \quad (\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y}) \psi = \frac{\partial \psi}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

- Projedanostavljajući problem idenitifikaciju površine plastičnog tezgane i površine plastičnog potencijala dolazi se do matematske formule sačinjene od zakona plastičnog tezgane [7]:

• (C9T9)

- Da bi se odrazio priznac i maksimuma disipacijske mehaničke energije h1-
- per površina opterećenja mora biti konveksna, pri čemu mora biti is-
- punjen uslov normalnosti vektora privlaštja plastične deformacije

(1.3) ustvariti predstavljaj kritereji stabilnosti procesa sloznenog na-
stimpljiviciranju postulat D.C. Druckera [6] izrazen nejednacnjom
ponskog stanja.

$$0 < \frac{f_1}{d} 3p \leq g p$$

Za zatvoreni ciklus dodatnog opterećenja i rasstečećenja prirastati rada plastične deformacije je pozitivan.

Implicitacie:

Je ka unutrasnjosti hiperpovrsine opterećenja i pada u elastično

Já simetria nu funakčiu glavnič napona.

Identifikace funkcií mohouce je dokažati respektující hypoteze:

$$G_i = F(q) = \int \frac{d^3 p}{(2\pi)^3} d\Omega_p f(p) \delta^{(3)}(p - q) \quad (2.3)$$

2. Uz tāmājūči za mērū očvīščavānja vēlāčinu koja karakterizētie akmuņi
līdzānu plastīčinu deformāciju izrāzenu parametru F.K.G. Odgūsta
[9] dobīva se funkcija deformācijas očvīščavānja (sl. 2b).

Energjetska interpretacija mire ovršegavanja (2.2) označava se kao funkcijska radnog okvirsčavanja (sl. 2a).

$$G_i = \phi(p) - \phi(\int G_j d\mathcal{C}_p^{ij}) \quad (2.2)$$

1. Za mjeru očvršćavanja uzima se dištipacijfa energetičke nastale prti plastinom deformacijski, tako da parametar očvršćavanja predstavlja rad plastične deformacije utrošen u nepravatom procesu.

Od raznih mogućnosti predloženih za opisivanje procesa očvrtiščavanija u slovnog napiskoj stanji, u najopštijem matematskom obliku, najčešće se koriste dva metodska pristupa i to:

\tilde{G} - srednjí normalní napon

adje jé

$$G_{ij} = \int \frac{3}{2} (G_{ij} - G_{lj}) (G_{lj} - G_{rl}) \quad , \quad dE_p^i = \int \frac{3}{2} dE_p^i dE_p^j$$

Za generalizaciju problema uputno je koristiti uopštene naposnake-formacije parametre izrazene preko intenzivnosti napona i intenzitivnosti prikazataja plastičnih deformacija [8]:

2. Identifikasi fenomena ovariscavaria stabilisasi

**) Postavku eksperimentala vjerifikovao P.W. Bridgman [11].

Početka plastičnog tečenja se smatruje.

Po J. Bauschingeru [10] kod projekne smjere opterećenja granica

$$\eta_g = \frac{G_2 - G_1 - G_3}{2G_2} = \eta_{de} = \frac{dE_p^e - dE_p^s}{2dE_p^e - dE_p^s - dE_p^s} \quad (2.5)$$

A. Nadatvećih [12] koeficijenata stanja:

- Prirastajući plastičnih deformacija uključuje i jednakost W. Lode -

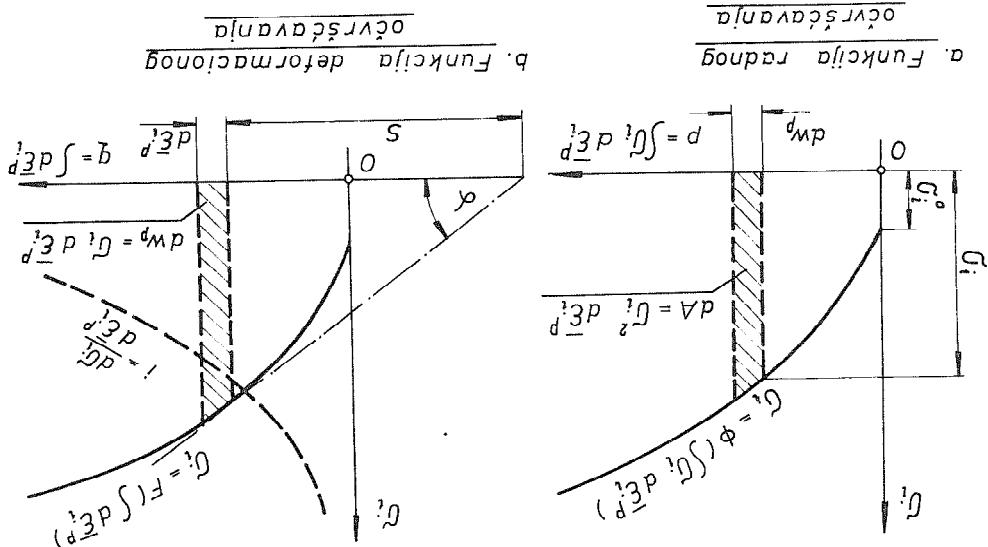
Tenzor prirastajući plastičnog dijela deformacije je jednak je devijija-toru. *

$$dE_p^{ii} = 0, \quad \operatorname{div} \tau = \nabla \cdot \tau = 0 \quad (2.4)$$

je solenoidno.

- Nema tražne projekne zapremine i vektorsko polje brzina pomjeranja

SI.2 IDENTIFIKACIJA FENOMENA OCVRŠČAVANJA



- Iz razmatranja se isključuje efekt J. Bauschingera. *

**) Znakač, metodologija i analitička modeliranja procesa izloženi su u istim opterećenjima je do sada istraživan sa raznih aspekata, ali treba posebno istaći inicijatore G. Sacksa [16] i J.D. Lubahna [17].

*) Problem egzistencije niza mogućih oblika ravnotočne prti jedinstvo te modela analognija procesa presovanija i izlaznenja može se izučavati

3. Komparativna analiza modeliranih procesa presovanija i izlaznenja
**)

Sustina načinavanja stabilitosti procesa leži u "bifurkaciji" ravnopravnog stanja.

$$S = \frac{G_i}{U} = \frac{f_{g_i} \alpha}{G_i} = G_i \frac{dG_i}{dE_p} \leq S_{cr} \quad (2.8)$$

Stabilizaciju funkciju deformacije razaziti u "3.", razaziti u poznavajući funkciju deformacije očitavajući (2.3) moguće je,

granđenim vrednostima kritičnosti deformacije. Pozitivan (gdje su lociran i razni procesi izlaznenja) imatran su procesi plastične obrade kod kojih je bar jedan od normalnih napona

identitet (2.7) uproščava metodologiju eksperimentalanu istraživanja, svodeci je na iznalaženje funkcionalne zavisnosti specifičnog defor-

macionog otpora od deformacije [14], sa ciljem iznalaženja osnovnih reoloških osobina probnih materijala [15].

$$G_i = \phi(p) = \phi(\int G_i dE_p) \equiv F(q) = F(\int dE_p) \quad (2.7)$$

Iz obrazca (2.6) se zaključuje da je funkcija radnog (2.2) identična funkciji deformacionog (2.3) očitavajući:

$$W_p = \int G_i dE_p = \int (G_{ij} - G d\delta_{ij}) dE_p + \int G d\delta_{ij} = \int G_i dE_p \quad (2.6)$$

šta ovim hipotezama i ranije postavljennim implikacijama može se okre-
dati rad plastične deformacije [13]:

Fundamentala je i W. Pragerov [2] koncept baziran na prekidačima napona (akceptibilan kod procesa plastičnog savijanja i uvijanja).

*)

$$\frac{V_s}{2} = \frac{\sqrt{3}}{K} \cdot K = 1,1554, \quad K_s = \frac{\sqrt{3}}{K} = 0,5774 \quad (3.3)$$

Istrazivanje se sprovodi po modelu kružno-plastičnog bloka, pri čemu se operiše sa reduciranim parametrima mehaničkih osobina materijala:

$$\frac{V_o}{b_o} = \frac{b_o}{b_i} \cdot \nu_o = \nu_o = A, \quad \nu_{iz} = \frac{b_o}{b_i} \cdot \nu_i = \frac{A}{\nu_i} = \frac{A}{1} \quad (3.2)$$

Zadržavajući deformacione parametre za oba procesa konstantnim, uz izdajane kontakne uslove, oba procesa se realizuju sa jedinicom učestvovanjem (V_o = 1), ova vrijednost određuje razmjeru hodografrafa, dok se izlazne brzine procesa presovana i izvlacenja dobivaju iz je-
dnog razdoblja protoka brzina kroz granice plastičnih oblasti:

svodi se na jednostavan oblik (prikazan na desnoj strani sl. 3) koji je se sastoji iz jednorodnog i centralnog dijela.

$$\left\{ \begin{array}{l} A(\alpha) = \frac{S_o}{b_o} = 1 + 2 \sin \alpha \\ \psi(\alpha) = \frac{S_o - S_i}{S_o - b_i} = \frac{b_o}{b_i - b_i} = \frac{1 + 2 \sin \alpha}{2 \sin \alpha} \end{array} \right. \quad (3.1)$$

i stepena redukcije:

kod ravnatinskih procesa (duško izvlacenje sa redukcijom apsolutne zrada, ravnatinsko presovanje i izvlacenje) R. Hillovo [9] avostruko centralno lepeza polje linijska klizanja za granice odnose stepena deformacije

danoj kinematskom polja bazira na H. Fordovom [20] konceptu prekidača tangencijske komponente plastične oblasti normalna komponenta brzine ostaje lazu kroz granice plastične oblasti normalna komponenta brzine ostaje netzamjenjena. *

po kinematskim uslovima i u fizikalnom ravnnim, suština koncepta prekidača

gajje je:

staniju to je funkcijsa deformacija očvršćavanja (2.3).

brzine i temperatue deformacije. Kod rada u hladnom

k - specifični deformacioni otpor za zadanu uslove stepena,

relativna vrijednost radnog pritisaka procesa presovanja je identična
relativnoj vrijednosti napona izvlačenja:

$$\frac{P}{P_s} = f'_s(\alpha) \equiv \frac{\Delta K_s}{\Delta L_s} = F'_s(\alpha) = (1+\alpha)^{\frac{1}{1-\alpha}} = (1+\alpha)^{\frac{1}{A-1}} \quad (3.4)$$

Normalni pritisak klijupa za presovanje u čitavom intervalu deformacijske
je predstavlja monotono rastuću funkciju. Nasuprot tome, pritisak ka-
lupa za izvlačenje je monotono opadanjuča funkcija.

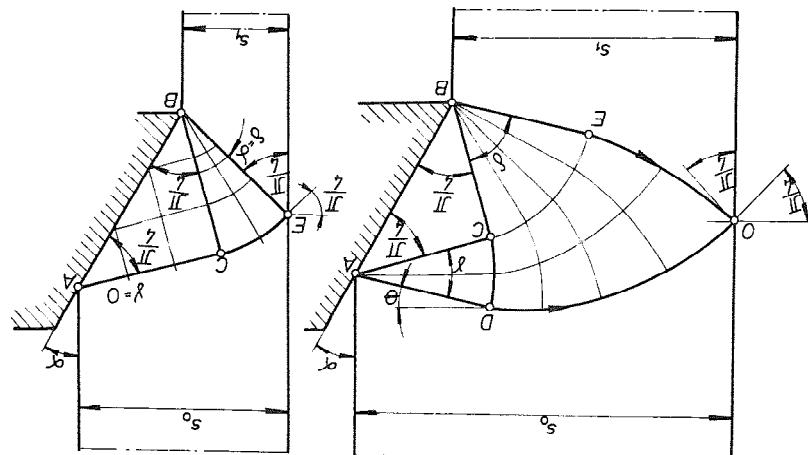
(3.1) prikazane su na sl. 4, a njihove korrelacije na sl. 5.
Promjene relativnih naponskih (3.4), (3.5) i deformacionih funkcijskih

rezimirajuće konstante:

- Proces izvlačenja limitiran je uslovom da najveća vrijednost napo-
na izvlačenja ne premaši nucu nosenja materijala u zoni prenosne sile:

$$\frac{\Delta K_s}{\Delta L_s} = f_s(\alpha) = (1+\alpha)^{\frac{1}{A-1}}, \quad \frac{\Delta K_s}{\Delta L_s} = F_s(\alpha) = \frac{1+2\sin\alpha}{1+\alpha} = \frac{A}{1+\alpha} \quad (3.5)$$

SL.3 REDUKCIJA POLJA LINIJA KLIZANJA



- tribočka konstrukcija procesa presovanja bitno utiče na energet-

mit (3.6) ne egzistira.

nja savestranog pritiška, kao i uticaj sferičnog tenzora napona, li-

- kod procesa presovanja, s obzirom na šemu prostornog naponskog sta-

$$\alpha \leq 42^\circ 27', \quad \psi \leq 0,575, \quad A \leq 2,352$$

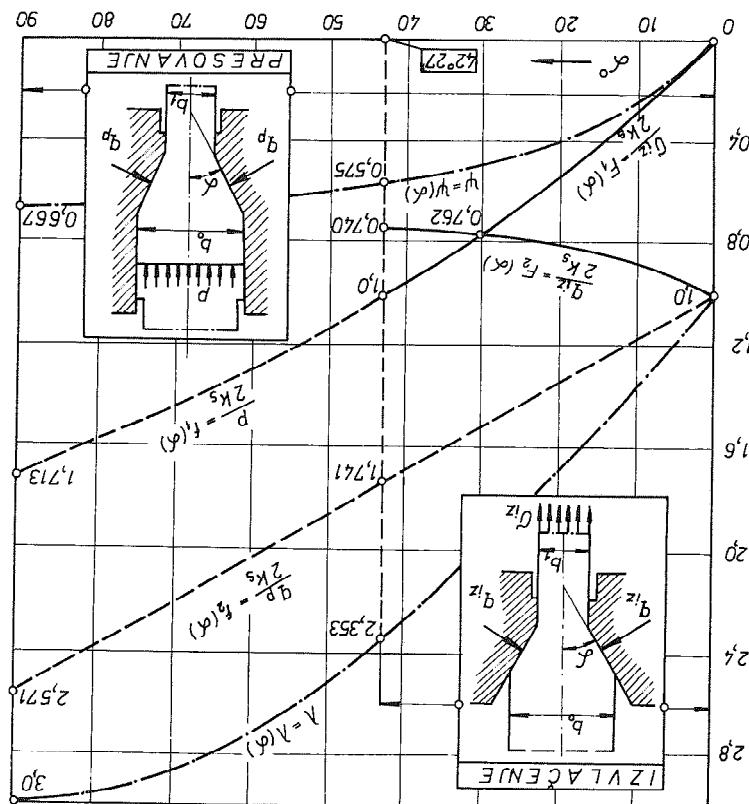
tervala realizacije procesa izvlačenja:

Iz nejednačine (3.6) mogu se odrediti granice fizikalnog mogućeg in-

$$\frac{G_{iz}}{2K_s} = F_1(\alpha) = \frac{(1+\alpha)}{2\sin\alpha} \leq 1 \quad (3.6)$$

RANIH PROCESA PRESOVANJA I IZVLACEЊA

SL.4 PROMJENE RELATIVNIH NAPONA IDEALIZI-



**)

utjče na smanjenje pritiska presovanja, nego napona izvlačenja. Nizom eksperimentata sa raznim metalima S.I. Gubkin [23] je dokazao, da varijacija kontaktnih uslova (promjena naziv) bitnije

kvaliteteta otpresaka [22]. Nepovoljni kontaktni uslovi (kao i nednorodno temperiranje pojavljuju nezavojne deformacije deformacije stanja i snizavajuje

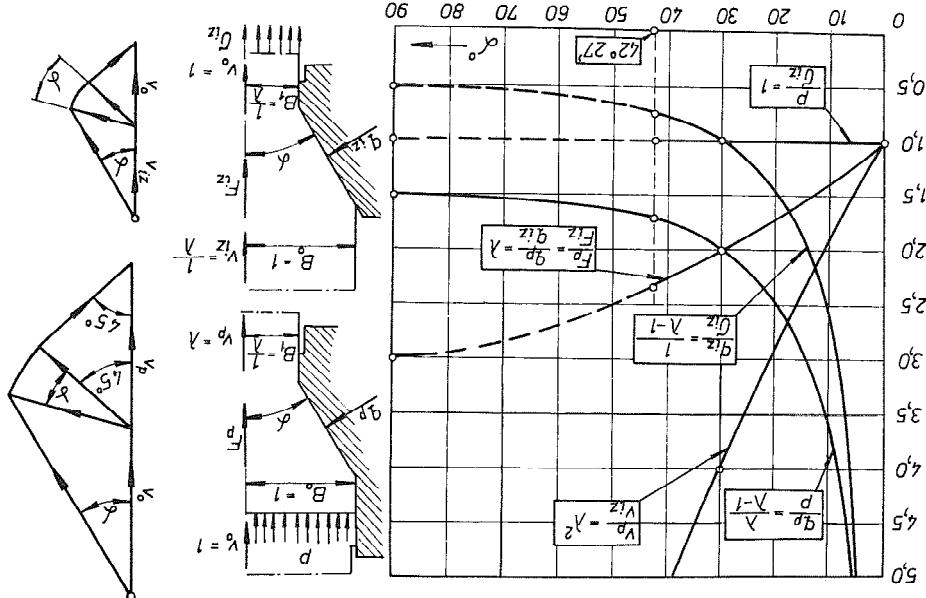
*)

lagenja za isti stepen redukcije. Idejne procese. Uticaj treninga realnih procesa eksplicitra se mogu se reci da je relacija (3.7) hipoteza, jer vazi samo za

$$(3.7) \quad \frac{P}{G_{iz}} = \frac{F_i(\alpha)}{F_r(\alpha)} = \gamma$$

naponu izvlačenja: slova kod procesa izvlačenja bitno utjece na pogrebanje grananja stepena deformacijs. Iako je radni pritisak procesa presovanja jednak skt bilans procesa i kvalitet otpresaka. Poboljšanje kontaktnih u-

SL. 5 KORELACIJE PARAMETRA PRESOVANJA / IZVLACENJA



- nom deforrmaciјe limitiranum mogi nosjenja u zoni prenosa sile [26].
 - Mintimizacija broja operacija postize se radiom sa granicnim stepenem [25].
 - jer smanjuje granicni stepen deforrmaciјe i povecava napon izvlačenja [25].
 - Treba konstatovati da na sam proces ova zona tma negativan uticaj, jer smanjuje granicni stepen deforrmaciјe i povecava napon izvlačenja [24].
 - Na mintimizaciju energetskog bilansa procesa pored kontaktnih uslova utice i centralni ugaо izvlačenja [24].
-

- Zona prenosa sile projekcije se po zahjecima najkragje protzvodno ciklusa.***)
- Zona glagana ugradjive se taskinutvo sa ciljem poboljšanja kvalitete ta izvukeneog djelela.
- Zona glagana ugradjive se po zahjecima mintimalnog energetskog bita - jansa.**)
- Zona deforrmaciјe oblikuje se po zahjecima mintimalnog energetskog bita ovih procesa (duoko izvukene sa redukcijom debljine zida po sl. 6), mehanizam plastiline deforrmaciјe, kod jednog od tipičnih predstavnika realizuje se u tri zone:

po uslovu stabilitosti (2.8) organizem su fizicki mogucim interakcijom profila, cijevi, duoko izvukene sa bez redukcije debljine zida, procesi raznovrsnog naponskog stanja (kao sto su: izvukene zice, deforrmaciјe (3.6).)

4. Granice mogucnosti preoblikovanja izvukeneem

itim plastilinu svojstvima, i unozost uvodjenja armiranih konstrukcija, relacija (3.8) ukazuje na problem opterecenja alata za presovanje (narelativo klijapa), posebno kod prerade u kladnom stanju metala sa slabim

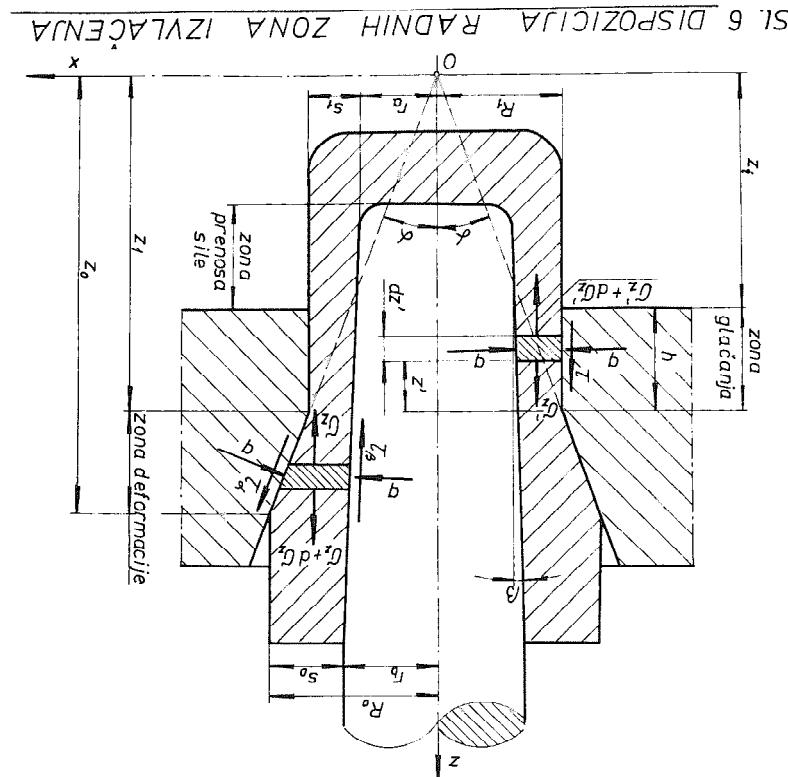
$$\frac{q_p}{F_p} = \frac{f_2(\alpha)}{F_p} = \frac{f_2}{F_p} = A \quad (3.8)$$

- Korelacija normilnih pritisaka elata i sile presovanja i izvukeneem izraknena je stepenom rednjicije:

Eksperimenti procesa daju kog izvlačenja sa redukcijom debljine zida
vršenju sa proporcijama uzorcima (dimenzija prema tabeli 1) od čelika za
čemeđitraneće č. 1220. Parametri mehaničkih osobina (grantica početka

$$k = k_o + \frac{k_m}{k_m - k_o} - \mu \exp \left(\frac{1}{\mu} (y_m^o - y_m) \right) \quad (4.2)$$

Jedna mogućnost analitičke eksplikacije specifičnog deforinacionog opto-
ra data je relaciom [4]:

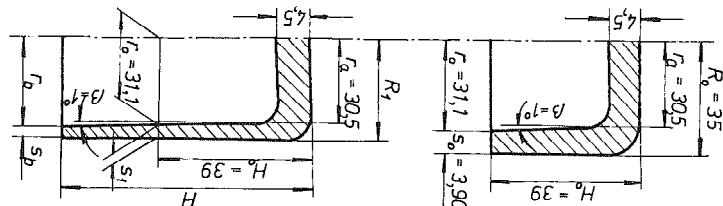


$$(4.1) \quad k(h, M_1, M_2, \dots, M_i)$$

Funkcija deformacijonog ovruscavanja (2.3) predstavlja u uslovima pritjene specifični deformacioni otpor zavisan od stepena deformacije i parametra materijala:

$K_0 = 237,3$; $K_m = 513,7$; $\mu_m = 0,17976$; $a = 0,30480$
 biveni su eksperimentalno:
 vnomjereni deformacijski eksponent ovisnosti za ovaj materijal do-
 plastinog tegnja, stvarni napon i deformacija na kraju intervala ra-

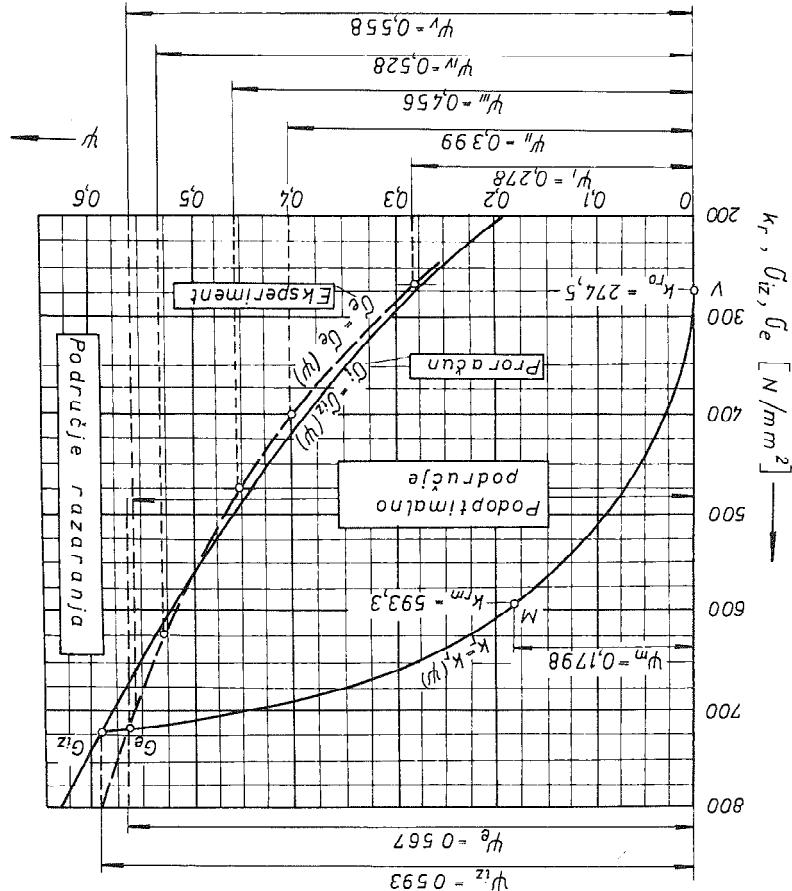
VELICINA	BRDZIĆ DI- ZIDA	I	II	III	IV	V	VI
R_i	mm	33,96	33,50	33,28	33,00	32,88	32,50
$m^p = \frac{R_i}{R_o}$	-	0,970	0,957	0,951	0,943	0,939	0,929
$E^p = 1 - m^p$	-	0,030	0,043	0,049	0,057	0,061	0,071
H	mm	48	58	64	76	80	Prekid
$r_b = R_i - r_b$	mm	2,70	2,65	1,76	1,25	1,06	--
$s_t = R_i - r_o$	mm	2,86	2,40	2,18	1,90	1,78	1,40
$m_s = \frac{s_t}{s_o}$	-	0,733	0,615	0,559	0,487	0,456	0,358
$C_s = 1 - m_s$	-	0,267	0,385	0,441	0,513	0,544	0,642
$A_1 = \pi(R_i^2 - r_o^2)$	mm ²	584,56	487,07	440,91	382,61	357,78	279,73
$m = \frac{A_1}{A_0}$	-	0,722	0,601	0,544	0,472	0,442	0,345
$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0}$	-	0,278	0,399	0,456	0,528	0,558	0,655
G_i (proračun)	N	275,5	416,0	494,9	600,5	656,5	Prekid
G_e (eksperiment)	mm ²	263,4	396,2	476,3	627,3	701,5	--



GEOMETRIJSKE I DEFORMACIJE KARAKTERISTIKE PROBNIH UZORKA
 PRORAČUNSKIE I EKSPERIMENTALNE VRIJEDNOSTI NAPONA

TABELA 1

Sl. 7. GRANIČNE MOGUĆNOSTI PREOBLIKOVANJA



$$G_z, G_{iz} (y_1, P_1, P_2, \dots, P_i, M_1, M_2, \dots, M_i) \quad (4.3)$$

Po ovim podacima na osnovu obrazaca (4.2) i (3.3) određena je moć zultira kao funkcija stepena deformacija, parametra procesa i para-metara materijala:

nosnja u zoni prenosa sile (kriva k_x na Sl. 7). Napon izvlačenja re-

(0,567) teoretskoj vrjednosti određenoj uslovnom nejednačinom (3.6), bliskošto eksperimentalne vrjednosti grančnog stepena deformacije razaranja protzvoda (prekid probnog uzorka uvean je kod sestre probe). Na taj način postaje definisano neracionalno-podoptimalno i područje

$$y^z = y^z(M_1, M_2, \dots, M_i, P_1, P_2, \dots, P_i) = 0,593 \quad (4.6)$$

(3.3) dobiva se proračunska vrjednost grančnog stepena deformacije: izjednačavanjem jednačine (4.3) sa jednačinom (4.1) korigovanom prema

tabeli 1, a njihov graficki prikaz na sl. 7. Proračuniske i eksperimentalne vrjednosti napona izvlačenja date u

glačanju.

B, G - funkcije kvaliteta kontaktnih uslova i geometrije zone

gdje su:

$$G^z = G^z \exp(Gh - A_z) \left(\frac{G}{G^z} - 1 \right) \left(\exp(Gh - 1) \right) \quad (4.5)$$

napon napona izvlačenja u izlaznom presjeku zone glačanja (vistine h): ovaј napon se radi dodatnih gubitaka u zoni glačanja povrgava na iznos

zone deformacije

Q, T - funkcije kvaliteta kontaktnih uslova i geometrije

E, F, G, H - funkcije parametara materijala i procesa

gdje su:

$$G^z = E + F (1 - \psi)^2 + 6(1 - \psi)^3 + H (1 - \psi)^4 - (1 - \psi)^{\phi - \tau} (E + F + G + H) \quad (4.4)$$

nom presjeku zone deformacije [26]:
 $(Z = Z_1, G^z = G_1)$ zone deformacije dobiva se najveći napon u izlazu
 Postavljajući grančne uslove za pogetak ($Z = Z_0, G^z = 0$), i kraj

trazivat će raznim metodom skidajući pribistupima [27].
 Slobozent naponsko-deformacijski odnosi u zoni deformacije mogu se is-

$$\alpha_{opt} = \arctg(-\alpha + \sqrt{1 + \alpha^2})$$

pri optimálnom užívacom presovávaní:

Lakó se može dokázati da ekstrem (minimum) funkcie (5.1) existuje

$$t = t(\alpha, \alpha) = \frac{\operatorname{tg}\alpha - \alpha \operatorname{tg}\alpha}{\alpha + \alpha \operatorname{tg}^2\alpha} \quad (5.1)$$

kálupe za presovanie [29]:

Diferenciálna jednačina stanja procesa presovania (koja ukľúčuje ravnotezne i uslove tečenja) sadiči, pored ostatich značajki, i funkciu kváliteta procesa, zavisnu od kontaktnich uslova i obliku rane zone

sa.

Iz čítavog spektra ovih veoma značajnih faktora, radi organizáciu

bilnosti i najboljí kválitet otepresa.

neravnomožnosť deformacionog stanja, što implictira najveću deformaciju istraživanje kinematike procesa pri kojoj se obrazuje najmanja

cesa.

- Projektoranje optimálnih dimenzionalno-konfigurativnih odnosa procesa.

osigurava realizaciju procesa sa minimum energiectiskim bilansom.

no od materijala i stanja prerade, mesto i alata za obradu) koja

- Izanalázenje takve konstelacié naponsko-deformacionih odnosa (zavis-

blena:

nja istiskivanjem spriavođe se sa ciljem razrješavanja tri grupe pro-

teoreska i eksperimentala istraživanja tehnikách procesa presova-

5. Minimizácia príčaske presovania istiskovaním

šenja u zoci prenesea etle.

je pozitívni uticajem očvrasnutog metala u smislu površanja mogu no-

i pored nepovoljnosti kontaktnich uslova reálnog procesa, uzrokovana

Na sl. 9 prikazan je dio dijagrama funkcionalnosti zavisnosti sile pre-ovlje dolazi do manje disperzije rezultata.

njam optimalnim uglovom presovanja (5.2). U području većih stepena redu-ovlje stepena redukcije produžene mjerama poklapa sa teoretski određe-ka sa $\lambda = 1,25 \pm 2,0$. Varijacija snimljenu prili presovanju ravniinskoj otpresa-sovanju od hoda tiskaca snimljenoj prili presovanju ravniinskoj otpresa-

obezbjedjuje se posebnim granicnim ugranjenim u probni materijal.

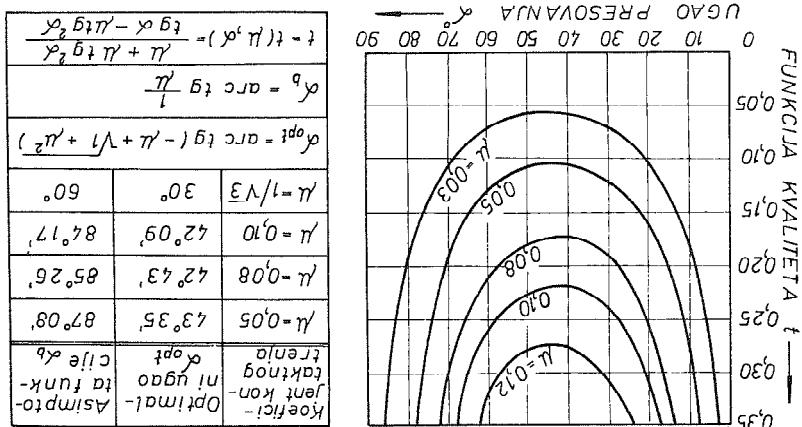
ugao presovanja $\alpha = 30^\circ \div 90^\circ$. Stacionarna fazna procesa presovanja stepen redukcije variranje u granicama $\lambda = 1,25 \div 4,0$, a centralni probe presovanja istiskivanjem osnovne metričnosti i ravniinskoj otpresaka. Radi mogućnosti spроводjenja komparativne analize paralelno su vršene

po metodici M. Brugdorfa [30] sačinjenjem prstenačnih elemenata dimenzija $D \times d \times h_0 = 20 \times 0,7 \text{ mm}$ dobiveni su kvantitativni pokazatelji koefficijeta kontaktnog trenja u zavisnosti od vrste maziva.

Ispitivanja probnih uzorka od aluminična Al 99,5 vršena su sa kvaliteto obrazentim (poliranim) radnima površinama alata.

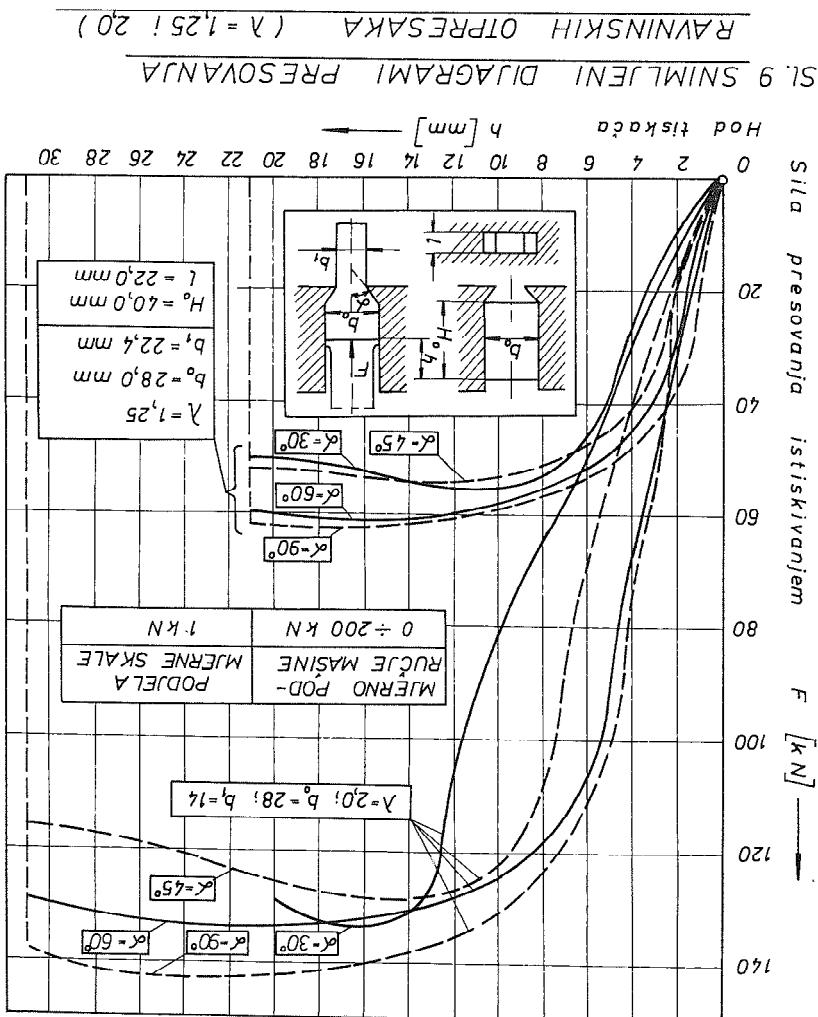
Iz grafickog toka funkcije kvaliteta po sl. 8 učava se uticaj koeffi-

Sl. 8 FUNKCIJA KVALITETA PROCESA PRESOVANJA



eksperimentala istraživanja radnih pritiska u funkciji od stepena rednjakcije i centralnog ugla presovanja, detaljnije izložena u radu [3], ukazuju na relativno manji uticaj ugla presovanja na proces mitemizacije energetskog bilansa i izrazitu zavisnost od tribološke konstrukcije. Razlikuju se centralni ugao presovanja, detaljnije izložena u radu [3], u kojem je istraživanje centralnog ugla presovanja neravnomjernosti deformacije na relativno manji uticaj ugla presovanja na proces mitemizacije.

Na sličan način kod istraživanja neravnomjernosti deformacije stavljanja i kvaliteta otpresaka.



- M u s a f i a B. Plastomehanika. Svězak 3. Matematika teorijski fakultet. Sarajevo, 1977.
 - R e i n e r M. Rheologie in elementarer Darstellung. Carl Hanseverlag. Müncchen, 1968.
 - K u e t s I.V. Osnovnje sovremenne napravljene v matematičes-koj teoriji plastičnosti. Izdateljsvo Zinatne. Riga, 1971.
 - M u s a f i a B. Primjenjena teorijska plastičnost. II dio. Me-tode i rešenja. Univerzitet u Sarajevu, 1974.

L I T E R A T U R A

Procesi istoimenog naponskog stanja, sa tipičnim predstavnikom prese-
vanja istiskivanjem, predstavlja u racionalnu tehnologiku alternativu
ako se realizuju sa velikim stepenima deformacija, sto im povoljna
konstrukcija napona i omoguava. Smanjene vlasti opterecenja alata
postize se radom u uslovima mitemalnog energetskog bilansa, funkcio-
nalno zavisno od kontakntih uslova i konfiguracije prizvoda.

S obzírom na raznôtímenú napomsku šému, jdean od najbittnejih faktora projektovania technológií procesa iz familiíe izvľáčenia, predstavljajúce optimalno podmienku preprade.

Komparativna analiza idealiziranih procesa (sa rečeloskom kružno-plas-tičnom semom i idealnim kontaktnim uslovima) pokazuje da je prioritask presovanja hipotezno jednak naponu izvlačenja. Očito je, da je u realnom procesu, i sa najpovoljnijim tridoloskim odnosima, ovaj koncept neodrziv. Normalni prototipi alata za presovanije znatno prevaziđaju dogovarajuće vrjednosti kod izvlačenja sa istim stepenom redukcije.

ZAKLJUČAK

5. Гофман Л.А. Теория и расчеты процессов холодного стамповки. Машиностроение. Москва, 1964.
6. Духов Д.С. Introduction to Mechanics of Deformable Solids. McGraw Hill, London, 1967.
7. Тхомас Т.Д. Mathematics in Science and Engineering. Volume 2. Plastic Flow and Fracture in Solids. Academic Press, New York, 1961.
8. Мусафаи Б. Пластомеханика. Свецак Љ. Помјеранја и деформације. Свецак 2. Напони и гранчице у слоју. Постдипломски студији професионалног машинства. Машински факултет. Сарајево, 1977.
9. Айл Р. The Mathematical Theory of Plasticity. Clarendon Press, Oxford, 1971.
10. Реклиниг К.А. Plasticity and its Application in Engineering and Testing Problems. Springer Verlag, Berlin, 1967.
11. Мусафаи Б. Применена теорија пластичности. И ако. Теоретске основе. Универзитет у Сарајеву, 1973.
12. Надаи А. Theory of Flow and Fracture of Solids. McGraw Hill, New York, 1950.
13. Малинић Н.Н. Прекладанаја теорија пластичности и ползуне-стї. Машиностроение. Москва, 1975.
14. Мусафаи Б. Аналитички метод одредјивања спечитљивог де-формацијоног оппорта као функције деформације. Зборник радова II Савјетovanja пројављивања стројарства, Загреб, 1966.
15. Мусафаи Б. Истраживање реологских особина материјала са линеарном овртавајућом карактеристиком. Зборник радова Катедре за вакуумну технологију инжењеринга факултета. Сарајево, 1975.
16. Гоффман О., Гасч Г. Introduction to the Theory of Plasticity of Metals. McGraw Hill, New York, 1953.

17. Lubahn J.D., Feigax R.P. Plasticity and Creep of Metals. John Wiley and Sons. New York, 1961.
18. Musafit a. B. Modeliska analozijskem u massivstvu br. 3/77. Nis, ctonog stanja. Obraza deformisanjem processa ravintsing deformacionog stanja. 1977.
19. Musafit a. B. Modeliranje ravintsing processa po statiskom i kinematskom polju. Zborintsk radova Katedre i Zavoda za protizvodnju tehničku Massinskog fakulteta. Sarajevo, 1973.
20. Ford H. Advanced Mechanics of Materials. Longmans and Green. London, 1963.
21. Paxger W., Holdig P.G. Theorie ideal plasticher Kör- rper. Springer Verlag. Wien, 1954.
22. Musafit a. B. Inovacije u tehnologiji presovanja istiskiva- njem. Republijčki prosvjetno-pedagoški Zavod. Putevi i dostignuća XI-br 1/76. Sarajevo, 1976.
23. Gubkin S.I. Plastičeskaja deformacija metalla. Tom III. Fiziko-himičeskaja teorijska plastičnost. Metalurgizdat. Moskva, 1961.
24. Musafit a. B. Minimizacija radijih napona projekcijom central- nog ugla izvlačenja. Zborintsk radova Katedre i Zavoda za protizvod- nu tehničku Massinskog fakulteta. Sarajevo, 1968.
25. Laugue K. Lehrbuch der Umformtechnik. Band 2. Massivumform- ung. Springer Verlag. Berlin, 1974.
26. Musafit a. B. Grančenje stepen deformacije procesa plastične obrade sa pozitivnim radnim naponom. Strojarski Vestnik.
27. Segal V.M. Tehnologije zadači teoriji plastičnosti. Me- tod i issledovanija. Nauka i tehnika. Minsk, 1977.

Es wurde beim Ziehprozess unter Stabilitätsbedingungen, die Verfor-

schen dem Werkzeug und Werkstück.
Phänomen technischer Metalle, sowie auf reellen Verhältnissen zwis-
chener Erforschung der realen Prozesse basiert auf dem Verfestigungs-
verhältnissen zwischen allen bedeutenden Parametern dieser Prozesse.
Press- und Ziehprozesse bezweckt die Herstellung von Korrelatios-
nen durchgeführte Vergleichsanalyse der modelierten, idealisierten
Prozessdynamik am Plastischem Gebiet hängt von dem Spannu-
ngssustands-Schema ab. In dem Artikel werden zwei typische Vertreter
der technischen Gruppierung betrachtet: das Spannungsproblem mit gleich-
namigem Spannungsschema und das Tiefziehen mit Wandschneideuktion
bei ungleichmäigem Spannungsschema.

Zusammenfassung

VERGLEICHSSANALYSE DER PRESS- UND ZIEHPROZESSE

B. Musafija

31. Musafija B. Presovanje aluminijske metodom istosmjernog is-
tiskivanja. Zbornik radova Načno-strukcionalog skupa obrada deformi-
sanjem. Banja Luka, 1977.
30. Budžadot M. Industrije Anzeiger. Werkzeugmaschinen und
Fertigungstechnik. Tetel II. Umformtechnik, Nr. V. Verlag W. Gira-
xed. Essen, Mai, 1967.
29. Musafija B. Ravintanski koncept u realizaciji plastičnosti pro-
cesa. Zbornik radova Katedre i Zavoda za protzvodnu tehniku Mati-
nskog fakulteta. Sarajevo, 1977.
28. Musafija B. Metodski pristupi u istraživanjima nekth pro-
cesa plastične deformacije metala. XIII Jugoslavenski kongres
razionalne i primjenjene mehanike. Zbornik radova K-2 Beograd -
Sarajevo, 1976.

mungsgrenzstufe als bedeutender Faktor des optimalen Bearbeitungs-

regimes analysiert.

Die Pressprozesse werden des günstigeren Verformungssgrades, aber auch unter grosseren bedeutend grosseren Verformungssgraden, bei

dicken und Belastungen realisiert.

Es wurden deshalb die Minimierungsmöglichkeiten bezüglich des Press-

druckes separat untersucht.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

B.Devedžić, R.Bančević*

KOMPLEKSAN UTICAJ RELEVANTNIH ČINILACA NA VEK ALATA ZA MASIVNO OBLIKOVANJE METALA U TOPLOM STANJU**

1. Uvod

Uslovi u kojima radi alat za masivno oblikovanje metala u topлом stanju - kovački alat - veoma su složeni i varijabilni. Kao ilustracija u ovom smislu može poslužiti pregled nekih značajnih uticajnih činilaca na vek alata:

- temperatura alata i predmeta obrade,
- vrsta i jačina kovačkog agregata,
- uslovi hladjenja i podmazivanja,
- način zagrevanja predmeta obrade,
- materijal alata,
- tvrdoća alata - gravure,
- način izrade i kvalitet površine gravure,
- materijal predmeta obrade,
- veličina serije - način eksploracije alata,
- ljudski faktor,
- geometrija otkovka - složenost,
- masa otkovka,

* Branislav Devedžić, Dr. inž., red.profesor Mašinskog fakulteta u Kragujevcu
Radoje Bančević, dipl.inž., asistent Više škole za obrazovanje radnika u Kragujevcu i asistent na određeno vreme na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu

** Rad se zasniva na eksperimentalnim istraživanjima koja su vršena u Fabrići otkovaka Žavoda "Crvena zastava" u okviru predloženog projekta koji se odnosi na vek kovačkih alata.

VII - 2

- raspodela deformisanja po gravurama,
- konstrukcija kanala za tehnološki višak metala,
- količina metala koja prodje kroz most kanala za tehnološki višak,
- stepen deformacije i njegova neravnomernost,
- pritisak u gravuri,
- tolerancija otkovka,
- broj udaraca čekića,
- konstrukcioni elementi - radijusi, uglovi kovanja, itd.

Svaki od ovih činilaca može u određenim uslovima, više ili manje, da utiče na vek alata - njegovu trajnost. Takodje, očigledna je uzajamna povezanost pojedinih činilaca, što otežava jednostavan pristup ovoj problematici.

Izražavanje veka alata na osnovu jednog ili dva uticajna činioca dovodi samo do orientacionih i nedovoljno pouzdanih vrednosti odgovarajućih pokazatelja. Na primer, ako se u obzir uzmu samo masa i tip otkovka, onda bi se broj otkovaka koji se može otkovati u gravuri pre njene regeneracije mogao izraziti kao:

$$T = \frac{C}{G_O^m} \quad [\text{kom}] , \text{ gde su } C \text{ i } m \text{ konstante koje važe za od-}$$

redjenu grupu otkovaka, opremu i pogon a G_O /kg/ je masa otkovka.

Iz ovog razloga, a i zbog velikog značaja čitave problematike, na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu, razradjena je metoda za kompleksno izražavanje veka alata na osnovu većeg broja relevantnih činilaca. Ova metoda je i eksperimentalno realizovana kroz jednogodišnja ispitivanja koja su vršena u Fabrici otkovaka Zavoda "Crvena zastava" iz Kragujevca.

2. Matematički model izračunavanja srednje postojanosti gravure u funkciji više činilaca

Da bi se vek alata izrazio u zavisnosti od više uticajnih činilaca, pretpostavlja se linearna zavisnost u obliku hiper ravni:

$$x_1 = a_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \dots + a_n x_n$$

VII - 3

gde je: x_1 - vek gravure (zavisna slučajna promenljiva),
 x_2, x_3, \dots, x_n - uticajni činioci (nezavisne slučajne promenljive) i
 a_1, a_2, \dots, a_n - koeficijenti.

Ako bi se pretpostavila neka druga zavisnost, naišlo bi se na izuzetne teškoće matematičke prirode.

S obzirom da su vrednosti x_2, \dots, x_n u konkretnom slučaju poznate, potrebno je prethodno odrediti koeficijente a_1, a_2, \dots, a_n . Ovo se postiže korišćenjem metode najmanjih kvadrata, odnosno uslova da vrednost izraza:

$$\sum_{i=1}^n (x_{1i} - a_1 - a_2 x_{2i} - a_3 x_{3i} - \dots - a_n x_{ni})^2 \text{ ili posle zamene:}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{1i} - a_1 - a_2 x_{2i} - a_3 x_{3i} - \dots - a_n x_{ni})^2 \text{ bude minimalna.}$$

Da bi se ovaj uslov ispunio, prvi izvodi gornjeg izraza po koeficijentima a_2, a_3, \dots, a_n izjednačavaju se sa nulom.

Uvodjenjem u dobijene jednačine izraza za standardnu devijaciju i kovarijansu:

$$\delta_j^2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (x_{ji} - \bar{x}_j)^2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_{ji}^2 - \bar{x}_j^2$$

$$\mu_{jk} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (x_{ji} - \bar{x}_j)(x_{ki} - \bar{x}_k) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_{ji} x_{ki} - \bar{x}_j \bar{x}_k = \delta_j \delta_k r_{jk}$$

(gde je r_{jk} - koeficijent linearne korelacije izmedju promenljivih j i k) i dodavanjem polazne, dobija se sistem od n jednačina sa n nepoznatih:

$$x_1 - a_2 x_2 - a_3 x_3 - \dots - a_n x_n = 0$$

$$\delta_1 \cdot \delta_2 \cdot r_{12} - a_2 \delta_2^2 - a_3 \delta_2 \delta_3 \cdot r_{23} - \dots - a_n \delta_2 \delta_n r_{2n} = 0$$

$$\delta_1 \cdot \delta_3 \cdot r_{13} - a_2 \delta_2 \delta_3 r_{23} - a_3 \delta_3^2 - \dots - a_n \delta_3 \delta_n r_{3n} = 0$$

.....

$$\delta_1 \cdot \delta_n \cdot r_{1n} - a_2 \delta_2 \delta_n r_{2n} - a_3 \delta_3 \delta_n r_{3n} - \dots - a_n \delta_n^2 = 0$$

Sistem ovih jednačina može imati rešenje samo ako je determinanta sistema jednaka nuli. Sredjivanjem ove determinante i vraćanjem sistema u prvobitni koordinatni početak dobija se:

$$\left| \begin{array}{ccccc} \frac{x_1 - \bar{x}_1}{\delta_1} & \frac{x_2 - \bar{x}_2}{\delta_2} & \frac{x_3 - \bar{x}_3}{\delta_3} & \dots & \frac{x_n - \bar{x}_n}{\delta_n} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & 1 \end{array} \right| = 0$$

Razvijanjem determinante, na primer po prvoj vrsti, može da se dobije tražena zavisnost $x_1 = f(x_2, x_3, \dots, x_n)$ u obliku hiper ravni.

Za ocenu odstupanja rezultata, može nam poslužiti standardna greška zavisno slučajne promenljive izražene preko nezavisno slučajnih promenljivih:

$$s_{1.23 \dots n} = \sqrt{\delta_1^2 (1 - r_{1.23 \dots n}^2)}$$

$$\text{gde je } r_{1.23 \dots n} = \sqrt{1 - \frac{R}{R_{11}}} \quad - \text{višestruki koeficijent}$$

korelacije, a

R - vrednost korelacione matrice i

R_{11} - odgovarajući kofaktor.

Standardna greška obuhvata oko 68% podataka za x_1 ras-turenhoko regresione hiper ravni (za $\pm s$).

3. Rezultati eksperimentalno-statističkih istraživanja

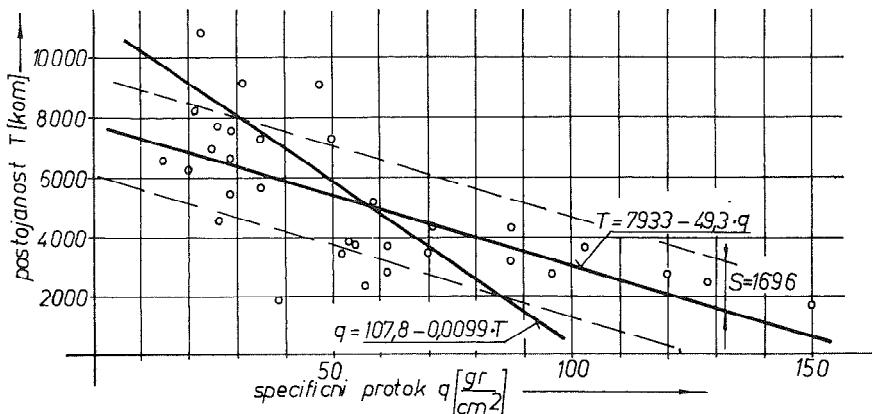
Istraživanja su ograničena na alate za osno-simetrične otkovke i to pri kovanju na čekićima i na presama.

3.1. Skup otkovaka kovanih na čekićima

Ovaj skup obuhvata 32 različita osnosimetrična otkovka sa podacima o veku 184 gravure. Najveći uticaj na postojanost pokazali su sledeći uticajni činioci:

- q [gr/cm^2] - specifični protok metala kroz most kanala za tehnološki višak ($r = -0,701$),
- m - odnos mase alata prema masi otkovka ($r = 0,668$),
- s - odnos veličine serije prema srednjoj postojanosti ($r = 0,487$),
- G_0 [kg] - masa otkovka ($r = -0,438$),
- $S = S_1 \cdot S_2$ - složenost otkovka ($r = -0,389$), itd.

Na slici 1. prikazana je postojanost (T) u zavisnosti od specifičnog protoka za ovaj skup.



Sl. 1. - Postojanost u zavisnosti od specifičnog protoka

Ovde je karakterističan veliki uticaj odnosa s koji ustvari predstavlja recipročnu vrednost broja potpunih prekida kovanja do regeneracije gravure (u toku njenog veka). Pored povećanja broja prekida kovanja, koji negativno utiče na postojanost gravure, kod otkovaka koji se kuju u manjim serijama, teže je ostvariti optimalne uslove konstrukcije, eksploatacije i održavanja.

VII - 6

Za ovaj skup dobijene su sledeće srednje vrednosti za postojanost.

- a) U zavisnosti od specifičnog protoka metala kroz most:

$$T = 7931 - 49,3 \cdot q$$

- b) U zavisnosti od specifičnog protoka q , odnosa m i odnosa s :

$$T = 2956 + 12,78 \cdot m + 2647 \cdot s - 30,12 \cdot q$$

- c) U zavisnosti od specifičnog protoka q , odnosa m , odnosa s , mase otkovka G_o , složenosti otkovka S , odnosa $O_1 = \frac{h \cdot R}{b \cdot H}$ i mase padajućih delova čekića G_ζ :

$$T = 3614 - 19,3 \cdot q + 11,02 \cdot m + 3052 \cdot s - 18,4 \cdot G_o - 646,6 \cdot S + 26453 \cdot O_1 - 0,184 \cdot G_\zeta$$

Odgovarajući koeficijenti korelacije i standardne greške za ova tri izraza za postojanost dati su u tabeli 1.

TABELA 1.

Broj činilaca	Koeficijent korelacije	Standardna greška, rezidijumska devijacija
1	$r_{T,q} = 0,701$	$S_{T,q} = 1696$ kom.
3	$r_{T,qms} = 0,815$	$S_{T,qms} = 1378$ kom.
7	$r_{T,qmsG_oS0_1G_\zeta} = 0,847$	$S_{T,qmsG_oS0_1G_\zeta} = 1264$ kom.

Iz tabele se vidi da se sa povećanjem broja činilaca povećava i tačnost procene. Međutim, ne bi trebalo ići ni na suviše veliki broj činilaca zbog preplitanja (medjuzavisnosti) uticaja, kao i mogućnosti odražavanja čak i suprotnog efekta pojedinih činilaca u kompleksnom izrazu.

Ako se iz ovoga skupa izuzmu otkovci koji se kuju u seriji manjoj od veka gravure, dobijamo nov skup od 15 različitih osnosimetričnih otkovaka čiji alati rade u relativno sličnim uslovima.

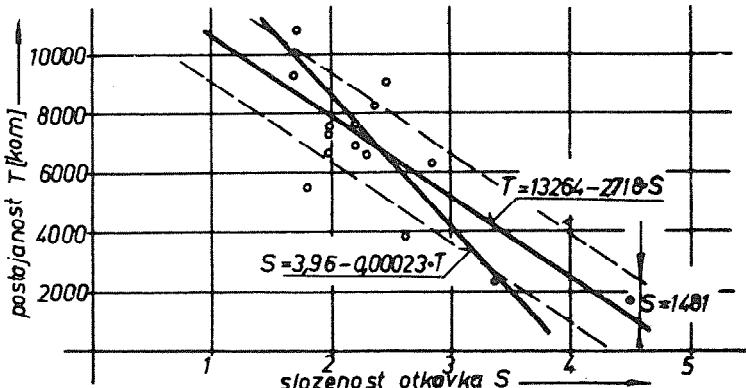
Naime, ne prekida se sa kovanjem, dok se gravura potpuno ne pohaba - do potrebe regeneracije.

U tom slučaju na postojanost gravure najviše utiču:

- G_χ [kg] - masa padajućih delova čekića ($r = - 0,791$),
- $S = S_1 \cdot S_2$ - složenost otkovka ($r = - 0,791$),
- G_o [kg] - masa otkovka ($r = - 0,713$),
- q [gr/cm²] - specifični protok metala kroz most kanala za tehnološki višak ($r = - 0,678$),
- m - odnos masa alata i otkovka ($r = + 0,547$), itd.

Može se zaključiti da kod stabilnijih procesa kovanja posebno dolaze do izražaja tehnološki najuticajniji činioci na vek gravure, uz veoma visok stepen korelacije r .

Na slici 2. prikazana je zavisnost postojanosti gravure od složenosti otkovka.



Sl. 2. - Postojanost u zavisnosti od složenosti otkovka

Ako se u ovom slučaju ($s = \frac{\text{vel.ser.}}{\text{postojanost}} = 1$) postojanosti izrazi u funkciji mase padajućih delova čekića, složenosti otkovka i mase otkovka dobija se

$$T = 12585 - 0,923 \cdot G_\chi - 1519 \cdot S - 4 \cdot G_o$$

Sa koeficijentom višestruke korelacije $r_{T,G_\chi SG_o} = 0,837$ i standardnom greškom $S_{T,G_\chi SG_o} = 1323$ kom.

Pri ovome je uticaj mase otkovka zanemarljivo mali. Ovo se objašnjava medjusobnom raspodelom uticaja onih činilaca između kojih postoji tesna veza (konkretno, izmedju mase padajućih delova čekića i mase otkovka, u ovom skupu, koeficijent korelacije je $r = 0,906$). Da bi se ovo potvrdilo, izraziće se postojanost u funkciji složenosti i mase otkovka:

$$T = 12058 - 1965,3 \cdot S - 151,8 \cdot G_0$$

Vidi se da je masa otkovka dobila u značaju, a sam izraz je malo izgubio u tačnosti jer je koeficijent korelacije $r_{T,SG_0} = 0,822$ a standardna greška $S_{T,SG_0} = 1377$ kom.

Slični rezultati dobijeni su i pri kovanju na presama.

4. Zaključak

Kovački alat radi u veoma složenim uslovima eksploatacije, što se obavezno mora uzeti u obzir pri razmatranju njegove postojanosti.

Uzimanjem u obzir većeg broja relevantnih činilaca može se pouzdanije proceniti postojanost gravure. Ipak, znatnije povećanje broja činilaca (napr. preko pet) ne dovodi do izrazitog povećanja koeficijenta korelacije.

Primena metode višestruke korelacije u ovom slučaju, veoma je opravdana i primenljiva. Ona omogućava, kako praćenje parcijalnih uticaja na postojanost gravure, tako i kompleksnog uticaja svih činilaca.

Za ispitivane osnosimetrične otkovke u Fabrici otkovaka Zavoda "Crvena zastava" najveći uticaj na postojanost gravura pokazali su:

- vrsta i jačina opreme,
- masa otkovka,
- složenost otkovka,
- specifični protok metala kroz most kanala za tehnološki višak,
- veličina serije (s) i
- odnos masa alata i otkovka (pri kovanju na čekićima).

VII - 9

Osim toga, ova metodologija omogućuje korišćenje elektronskog računara i stvaranje odgovarajuće banke podataka. Ona takođe dovodi do podataka koji nedvosmisleno upućuju na pravce preduzimanja mera radi povećanja postojanosti kovačkih alata.

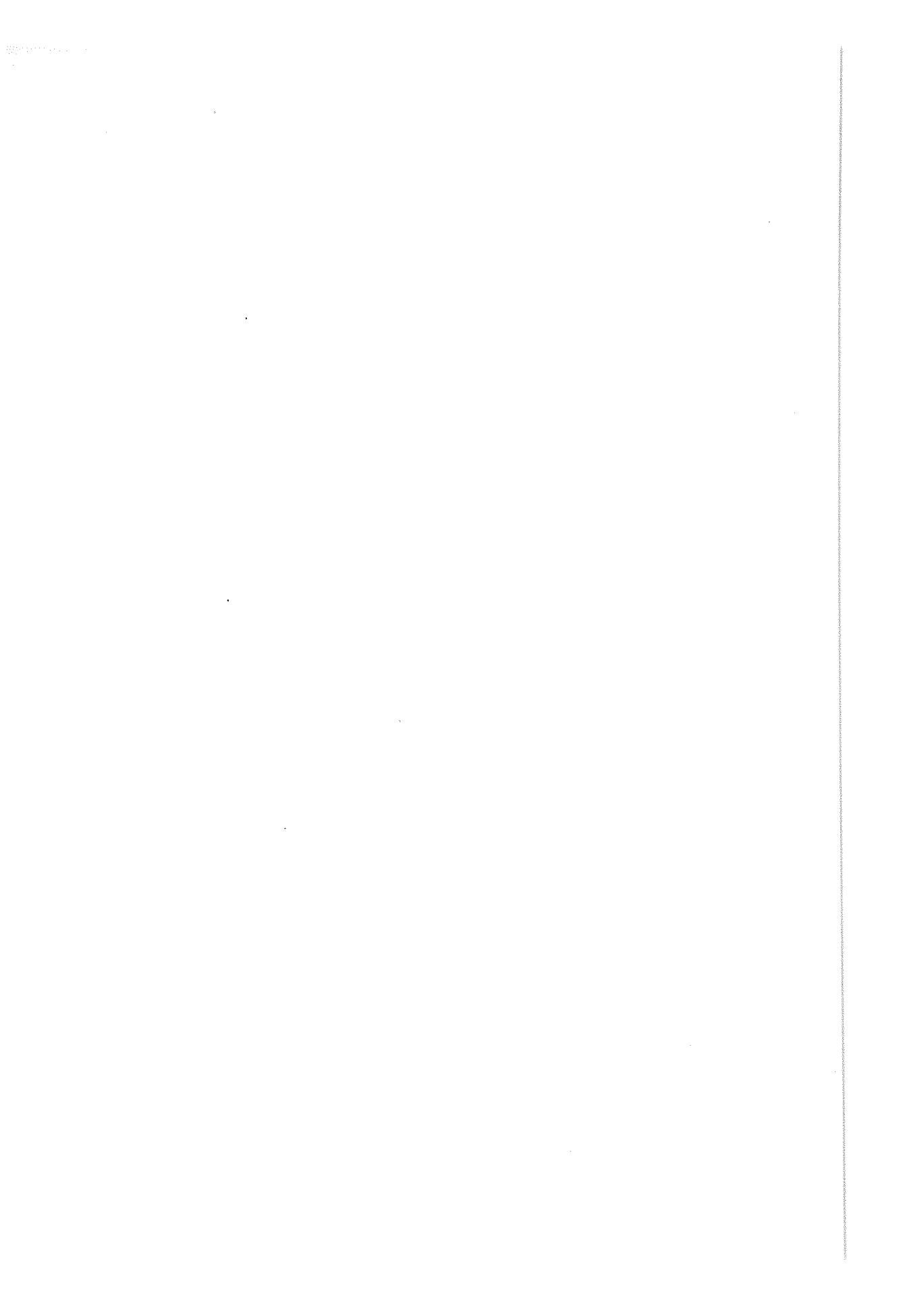
LITERATURA

1. Devedžić B., Prethodna procena proizvodnih performansi karoserijskog lima pomoću kompleksnog laboratorijskog pokazatelja, Maš.fak. u Kragujevcu, 1969. god.
2. Devedžić B., Obradivost materijala dubokim izvlačenjem, Maš.fak. u Kragujevcu, 1972. god.
3. Aston J.I., Barry E.A., A further consideration of factors affecting the life of drop forging dies, J. Iron and Steel Inst., 1972, 210, № 7, 520-526.
4. Ivanović B., Teorijska statistika, Beograd, 1966. god.

SUMMARY

COMPLEX INFLUENCE OF RELEVANT FACTORS TO THE LIFE OF THE TOOLS FOR HOT FORGING

The first thing presented in the work is theoretical model of correlative indicator related to the life of forging tools; it is then concretely applied on a group of forging tools for axial-symmetrical forgings which are being forged in the Forging factory of the "Crvena Zastava" Enterprises from Kragujevac. It was also shown how to obtain data concerning the degree of certain factors' influence upon the life of tools, i.e. how to choose the most important of these factors and include them in the analysis. The quoted data make only an illustration of the large possibilities offered by this methodology.



XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

M. Jurković*

UTICAJ NAPONSKOG STANJA NA STEPEN ŠIRENJA METALA U PROCESU DEFORMISANJA**

1. Uvod

Naponsko stanje nekog materijala nastaje kao rezultat djelovanja vanjskih uravnoveženih sila. Naponsko stanje je tenzorska veličina radi čega za opis treba u posmatranoj tački zamisliti tri međusobno okomite ravni, pri čemu u svakoj od njih djeluje jedan normalni i dva smičuća napona. Ovako dobivenih devet komponenata napona sveukupno determinišu naponsko stanje koje se predstavlja tenzorom napona čiji je oblik:

$$T \sigma = \begin{Bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_z & \tau_{zy} & \sigma_z \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Ako predpostavimo da u tim ravnima nema smičućih napona ($\tau = 0$) i uz uslov da se pravci koordinatnog sistema (x, y, z) poklapaju sa pravcima tih napona (1, 2, 3) tada u koordinatnim ravnima djeluju samo normalni naponi koji se zovu glavni normalni naponi σ_1 , σ_2 i σ_3 , tako da je tada tenzor napona:

$$T \sigma = \begin{Bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

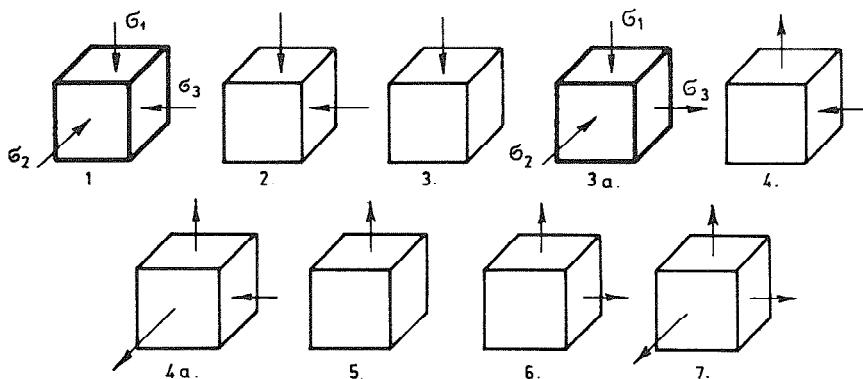
*) Mr Milan Jurković, dipl.inž., docent Mašinskog fakulteta Univerziteta u Banjaluci.

**) Rad predstavlja jedan segment iz projekta "Izbor optimalne metode kod proizvodnje hladno valjane čelične trake" u čijem finansiranju učestvuje Republička zajednica za nauku BiH i RMK Zenica - RO "Krajinametal" Bihać.

VIII – 2

Prema tome naponsko stanje u jednoj tački određeno je kada su poznati glavni normalni naponi i pravci glavnih osa, što znači da je čitav naponski sistem redukovani na tri međusobno upravna napona [1].

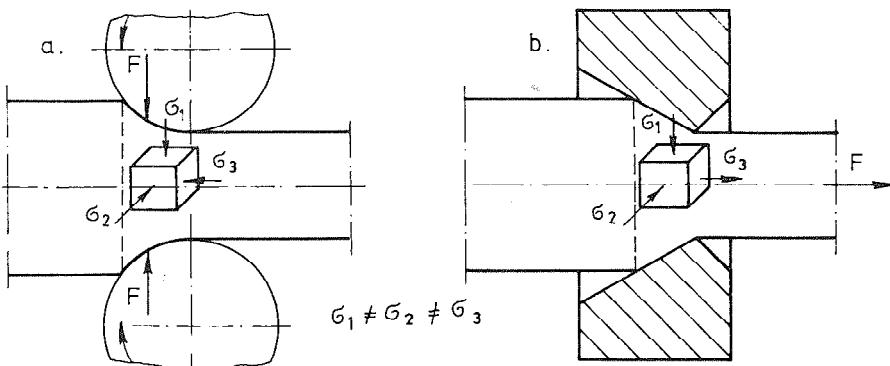
Pri različitim vidovima deformisanja nastaju i različita naponska stanja, koja se mogu predstaviti odgovarajućim shemama glavnih normalnih napona koje pokazuju pravce i smjerove ovih napona. Vid naponskog stanja ima veliki uticaj na plastičnost metala, kao i njegov deformacioni otpor. Pri tome je vrlo važno u procesu deformisanja da li djeluju pritisni ili zatezni naponi. Tako, ukoliko je primjenjeno preoblikovanje sa pritisnim naponima materijal će biti pogodniji za plastičnu obradu deformisanjem, dok će kod zateznih napona materijal imati manju sposobnost za deformabilnost, što znači da kod materijala manje plastičnosti treba primjenjivati povoljniju shemu glavnih napona. U tom smislu je S.I. Gubkin dao redoslijed shema glavnih napona (sl. 1) prema njihovom uticaju na plastičnost, pri čemu sa smanjenjem broja sheme plastičnost metala se povećava i obratno [2].



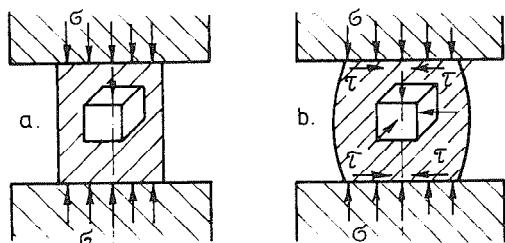
Sl.1. Redoslijed shema glavnih napona prema uticaju na plastičnost (3a i 4a su međupoložaji izmedju shema 3 i 4, odnosno 4 i 5)

Faktori koji utiču na obrazovanje sheme naponskog stanja su [3] [4]: shema dejstva aktivnih sila (sl. 2), dejstvo kontaktnog trenja (sl.3), oblik otvora alata (sl.4), geometrijski oblik polaznog materijala (sl.5) i neravnomjernost deformacije (sl.6).

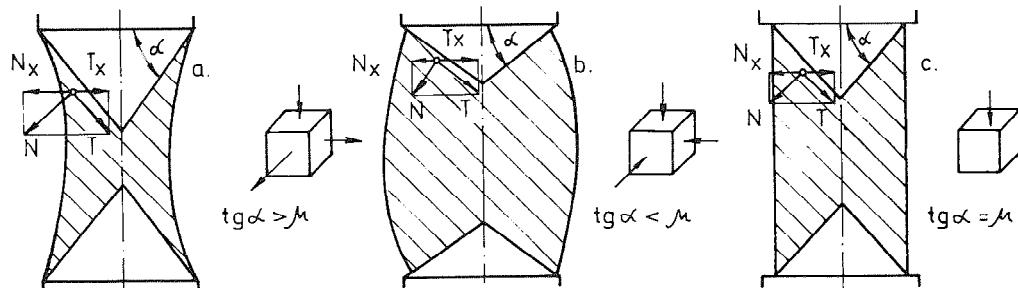
VIII – 3



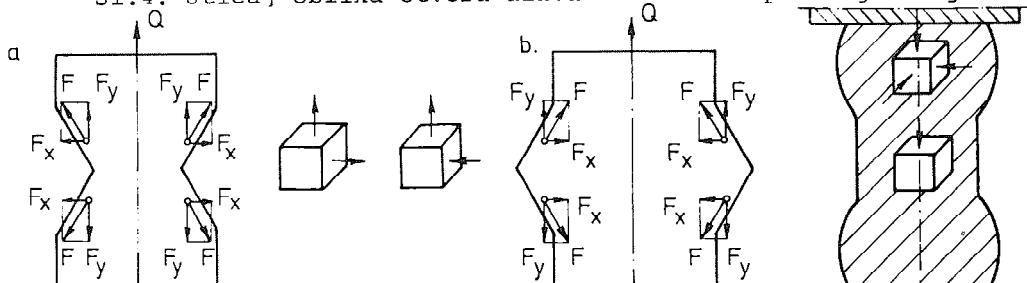
S1.2. Uticaj sheme dejstva vanjskih sila na shemu naponskog stanja
a. valjanje b. provlačenje



S1.3. Uticaj kontaktnog trenja na shemu naponskog stanja, otsustvo (a) i prisustvo (b) kontaktnog trenja



S1.4. Uticaj oblika otvora alata na shemu naponskog stanja



S1.5. Uticaj geometrijskog oblika polaznog materijala na shemu naponskog stanja

S1.6. Uticaj neravnopravnosti deformacije na shemu napon. stanja

2. Uticajni faktori stepena širenja

Apsolutno širenje Δb može se prikazati u implicitnom obliku:

$$\Delta b = b_1 - b_0 = f [b_0(d), \varepsilon, \varepsilon', t, D(R), n, T_0, \mu, K, S, O, F_z] \quad (3)$$

gdje je:

$b_0(d)$ - širina (prečnik) materijala prije deformisanja

b_1 - širina materijala nakon deformisanja

$\varepsilon, \varepsilon', t$ - stepen, brzina i temperatura deformacije

μ - koeficijent kontaktnog trenja

$D(R)$ - prečnik radnog valjka, ili poluprečnik otvora matrice

n - broja prolaza (provlaka)*

T_0 - naponsko stanje

K, S, O - mehaničke karakteristike, kemijski sastav i oblik materijala

F_z - sila zatezanja u postupku valjanja odnosno provlačenja

Osnovni uticaj navedenih faktora ogleda se u slijedećem:

- Veće širenje u procesu deformisanja imaju materijali manje polazne širine (b_0).

- Termomehanički faktori deformacije ($\varepsilon, \varepsilon', t$) djeluju različito na stepen širenja materijala, tako veći stepen deformacije uzrokuje i veće širenje, veća brzina deformacije uz $\dot{\varepsilon} = \text{const.}$ umanjuje stepen širenja, dok smanjenjem temperature deformacije (posebno ispod 600°C) dolazi do pojačanog širenja materijala [5].

- Uticaj trenja se odražava na stepen širenja tako da će uz veće trenje biti i veće širenje.

- Veći prečnik (D) radnog alata dovodi do intenzivnijeg širenja materijala.

- Ako se valjanje ili provlačenje izvodi sa većim brojem prolaza - provlaka tada će širenje biti manje, nego li ako se deformisanje izvodi sa manje prolaza - provlaka.

- Vid naponskog stanja utiče na stepen širenja, a što se u ovom radu posebno razmatra.

*U ovom radu pod "prolazom" se podrazumijeva prolaz materijala izmedju para radnih valjaka, a pod "provlakom" provlačenje materijala kroz otvor matrice ili otvor samoobrtnih valjaka.

VIII - 5

- Mehaničke karakteristike metala utiču na stepen širenja i to tako što metali veće tvrdoće imaju u procesu deformisanja i veće širenje.

- Kemijski sastav metala utiče na mehaničke karakteristike, koeficijent trenja, a time i na stepen širenja.

- Oblik polaznog materijala ima velik uticaj na stepen širenja. Tako, komad iste površine poprečnog presjeka (napr, 50x50 i 500x5 mm) neće imati i isto širenje. Širenje je manje gdje su veći odnosi širine i debljine.

- Ako se valjanje izvodi sa zatezanjem tada se to preko naponskog stanja u zoni deformacije odražava i na širenje. Veća zatezna sila uzrokuje manje širenje, a veće izduženje.

Predpostavimo li da su faktori prve vrste $b_0(d)$, $D(R)$, K, S, O i F_z stabilni, i da se u toku izvodjenja tehnološkog procesa neće mijenjati, te da su faktori druge vrste $\epsilon, \epsilon', t, n, \mu$ u osnovi promjenljivi, ali da se pravilnim izborom i vodjenjem tehnološkog procesa i oni mogu učiniti prividno konstantnim na taj način što će se za određene komparirane postupke deformisanja isključiti njihov uticaj na stepen širenja metala, tako da se apsolutno širenje može iskazati u funkciji naponskog stanja

$$\Delta b = f(T\epsilon) \quad (4)$$

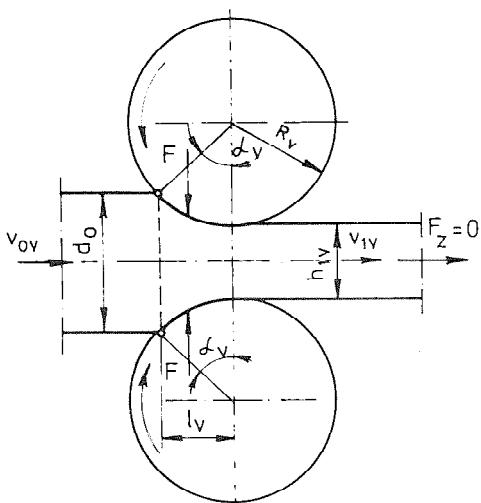
Faktori prve vrste sadrže tzv. podskup geometrijskih faktora $b_0(d)$, $D(R)$, O koji direktno utiču na geometriju kontaktne površine alata i materijala u postupku deformisanja i podskup faktora kvaliteta materijala K, S i zatezne sile F_z preko koje se utiče na kvalitetnu razliku naponskih stanja. Faktori druge vrste su u osnovi termomehaničkog karaktera ϵ, ϵ', t uključujući i n budući da broj prolaza - provlaka direktno utiče na veličinu stepena deformacije, kao i koeficijent trenja μ koji je najnestabilniji faktor u postupku deformisanja.

Dakle, ako u fazi izvodjenja tehnološkog procesa faktore prve i druge vrste učinimo konstantnim za razmatrane postupke preoblikovanja tada komparacijom dobivenih rezultata dolazimo do spoznaje kako i koliko naponsko stanje utiče na stepen širenja metala u procesu deformisanja, što je i cilj ovog istraživanja.

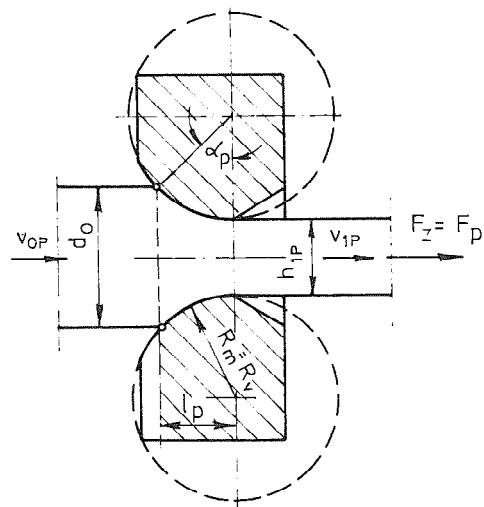
3. Analiza mogućnosti izoliranja uticaja faktora prve i druge vrste

Nesumnjivo je tačno da je vrlo teško sve navedene faktore zadržati konstantnim, te tako posmatrati samo efekat naponskog stanja na stepen širenja. U ostalom to se kod svih procesa deformisanja i ne može postići, tako kod jednih se nemože ostvariti tzv. slobodno širenje, dok kod drugih dovoljna je promjena i samo jednog faktora da se to odrazi na promjenu većeg broja drugih uticajnih faktora.

Upravo radi toga nije se mogao kvalitetno ispitati uticaj naponskog stanja na stepen širenja za prikazani postupak valjanja (sl.7) i konvencionalni postupak provlačenja (sl.8) i ako su za ova dva



Sl.7. Valjanje sa pogonjenim valjcima



Sl.8. Provlačenje kroz otvor prstena ili kroz otvor ukljinjenih valjaka

postupka naponska stanja u zoni deformacije različita, što znači povoljna za istraživanje uticaja na stepen širenja. Osnovni razlog zašto se ova dva postupka nisu mogla komparirati i pored toga što su im isti geometrijski

$$R_v = R_p \text{ (poluprečnik valjka i prstena)}$$

$$l_v = l_p \text{ (kontaktna dužina)}$$

$$d_{ov} = d_{op} \text{ (prečnik materijala prije deformisanja)}$$

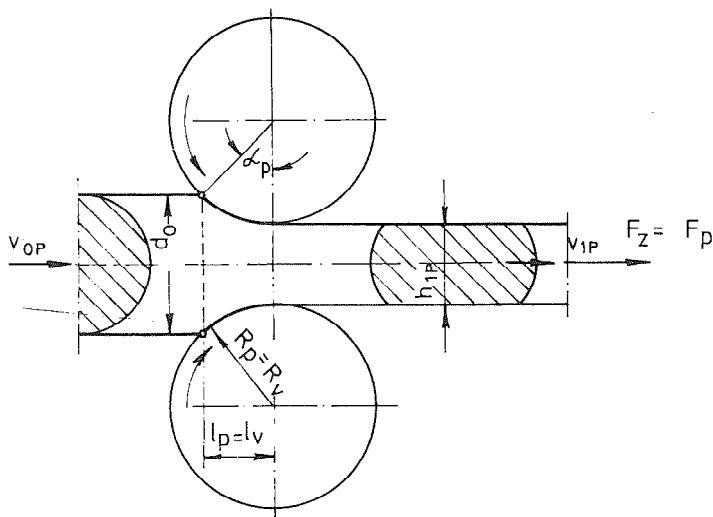
$h_{lv} = h_{lp}$ (debljina materijala nakon deformisanja),
i kinematski pokazatelji

$v_{ov} = v_{op}$ (ulazna brzina materijala)

$v_{lv} = v_{lp}$ (izlazna brzina materijala),

treba tražiti u različitosti koeficijenta trenja, jer kod valjanja je u osnovi trenje kotrljanja, dok je kod provlačenja trenje klizanja.

Radi navedenog eksperiment se nije mogao kvalitetno voditi za date postupke deformisanja, jer bi na stepen širenja pored naponskog stanja uticala i različitost kontaktnog trenja, što znači da uticajni faktori prikazani pomoću jednakosti (3) nisu međusobno jednaki za obadva postupka. Zato je postupak deformisanja dat na sl.8 zamjenjen nekonvencionalnim provlačenjem (sl.9), čime je kod obadva postupka



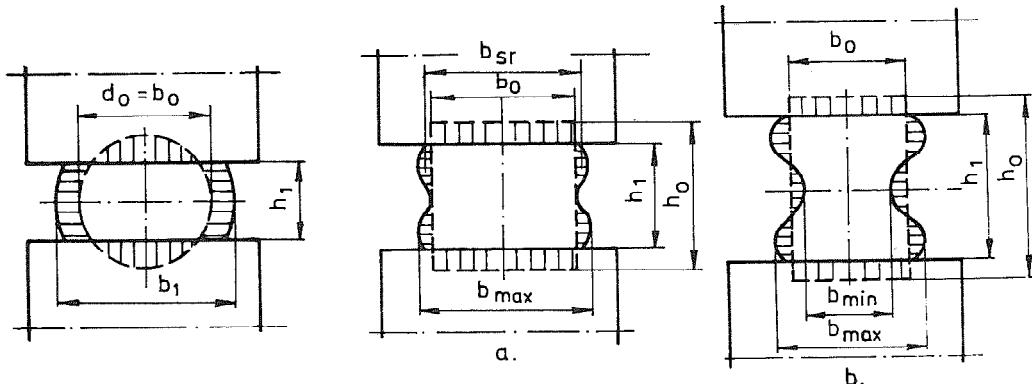
Sl.9. Provlačenje kroz otvor samoobrtnih valjaka

(sl.7 i 9) ostvareno trenje kotrljanja, a što je predpostavka njihove jednakosti ($\mu_v \approx \mu_p$).

Prema tome svi uticajni faktori stepena širenja izuzev naponskog stanja su za obadva razmatrana načina deformisanja međusobno jednak, a što se vidi iz slijedećeg prikaza:

- Polazni materijal je kružnog poprečnog presjeka čime se postiže manja dodirna površina u prvom prolazu, pravilniji geometrijski

oblik poprečnog presjeka što omogućuje mnogo tačnije mjerjenje širine b (sl.10) nego li kada bi se deformisao materijal nekog drugog poprečnog presjeka (kvadratni, pravokutni i dr). Isto tako uticaj neravnomjernosti deformacije na geometriju oblika kružnog presjeka je neznan, dok je kod kvadratnog i pravokutnog presjeka jako izražen [6] (sl.11a,b).



Sl.10. Deformacija kružnog poprečnog presjeka

Sl.11. Neravnomjerna deformacija poprečnog presjeka u zoni deformacije pri

$$a) \frac{1}{h_1} = \frac{\sqrt{R\Delta h}}{h_1} < 0,5-1 \quad b) \frac{1}{h_1} = \frac{\sqrt{R\Delta h}}{h_1} < 0,3-0,4$$

- Dimenzije radnih valjaka su potpuno jednake za obadva razmatrana slučaja ($D_v = D_p$), kao i kvalitet obradjene površine.
- Nivo istih uticaja za oba tehnološka postupka deformisanja ostvaren je i u izboru kvaliteta osnovnog materijala ($K_v = K_p$, $S_v = S_p$).
- Proces valjanja je ostvaren bez zatezanja ($F_z = 0$) što je omogućilo pojavu istorodnog naponskog stanja karakterističnog za postupak valjanja. Kod provlačenja ostvareno je $F_z = F_p$ što je i neophodno da bi se proces deformisanja mogao odvijati, a što je i rezultat raznorodnog naponskog stanja.
- Stepen deformacije ima veliki uticaj na stepen širenja, brzinu deformacije, koeficijent trenja, radi čega je za obadva postupka ostvaren isti relativni stepen deformacije

$$\varepsilon_{iv} = \varepsilon_{ip} = \frac{\Delta h_i}{h_{i-1}} \quad (5)$$

VIII - 9

kao i apsolutni $\Delta h_{iv} = \Delta h_{ip}$

gdje je $i = 1, 2 \dots n$ (broj prolaza, odnosno provlaka)

- Brzine valjanja, odnosno provlačenja su također jednake $v_{iv} = v_{ip} = \text{const.}$

Kako su i dužine zona deformacije iste $l_{iv} = l_{ip}$, to su i srednje brzine deformacije jednake $\dot{\varepsilon}_{im} = \dot{\varepsilon}_{imv} = \dot{\varepsilon}_{imp} = \text{const.}$, jer je

$$\dot{\varepsilon}_{im} = k \frac{v_i \Delta h_i}{l_i \cdot h_{i-1}} = k \frac{v_i}{l_i} \dot{\varepsilon}_i, \quad (6)$$

$k = 1$, za glatke valjke

$k = 1,33$ za ovalne kalibre

$k = 1,5$ za romboidske i kvadratne kalibre

- Temperature deformacije obzirom da se radi o deformaciji u hladnom stanju i istoj kinematici kretanja alata i materijala su vjerojatno približno jednake. Temperatura materijala na izlazu iz zone deformacije je

$$T_2 = T_1 + \frac{A_1 p_{sr}}{A_2 \cdot \gamma \cdot c} \quad (K) \quad (7)$$

gdje je:

T_1 - temperatura materijala na ulazu u zonu deformacije (K)

A_1 - istinuta površina poprečnog presjeka (m^2)

A_2 - izlazna površina poprečnog presjeka (m^2)

p_{sr} - srednji specifični pritisak metala na alat (N/m^2)

γ - specifična težina (kg/m^3)

c - specifična toplota materijala ($c = 481,5 \text{ J/kgK}$)

Obzirom da su za obadva razmatrana naponska stanja svih parametri koji određuju izlaznu temperaturu jednaki i da se odredjene razlike mogu očekivati samo radi neidentičnosti srednjih specifičnih pritiska metala na alat, to se sa dovoljno tačnosti tako ostvarene temperaturne razlike mogu zanemariti, kada se razmatra uticaj naponskog stanja na stepen širenja metala.

Prema tome pravilnim projektovanjem i vodjenjem tehničkog procesa eksperimenta faktično se može postići da faktori prve i druge vrste podjednako utiču na stepen širenja metala kod razmatranih postupaka deformisanja.

VIII - 10

4. Teoretsko razmatranje širenja u postupku deformisanja

Za razmatrane postupke deformisanja (sl. 7 i 9) materijal polaznog poprečnog presjeka je $h_o = d_o$, $b_o = d_o$, l_o . Dimenzije nakon deformisanja su h_1 , b_1 , l_1 , tako da je: $h_o < h_1$, $b_o < b_1$, $l_o < l_1$.

Na bazi zakona stalnosti zapremine $V_o = V_1$

$$l_o h_o b_o = l_1 h_1 b_1$$

$$l_n \frac{h_1}{h_o} + l_n \frac{l_1}{l_o} + l_n \frac{b_1}{b_o} = 0$$

$$\varphi_h + \varphi_b + \varphi_l = 0$$

ili

$$d\varphi_h + d\varphi_b + d\varphi_l = 0$$

$$\frac{dh}{h} + \frac{db}{b} + \frac{dl}{l} = 0 \quad (8)$$

Istisnuta zapremina (V_i) se jednim dijelom premješta u širinu (V_s), a drugim u dužinu (V_d).

$$V_i = V_s + V_d \quad (9)$$

Ako istisnutu zapreminu prikažemo kao jediničnu zapreminu tada je

$$K_s + K_d = 1 \quad (10)$$

gdje je:

K_s - koeficijent tečenja metala u širinu
 K_d - koeficijent tečenja metala u dužinu

Tako da je

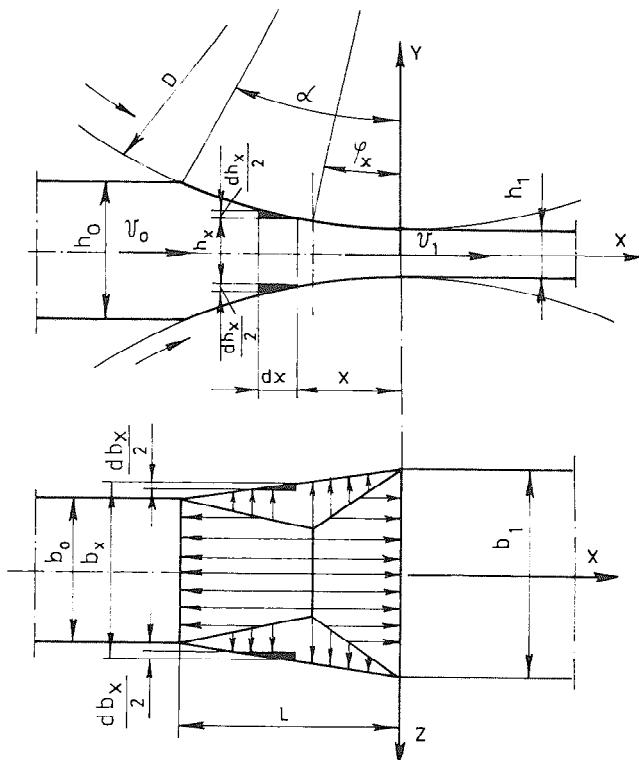
$$\frac{db}{b} = - K_s \frac{dh}{h} \quad (11)$$

ili

$$\frac{dl}{l} = - (1 - K_s) \frac{dh}{h}$$

Koeficijent K_d i K_s su zavisni od svih naprijed navedenih faktora, što znači da su promjenljivi.

Ako predpostavimo da je $K_d = \text{const.}$, $K_s = \text{const.}$, tada se dobije slijedeća jednakost širenja po dužini luka zahvata metala (sl.12)



Sl.12. Širenje metala u zoni deformacije

$$b_x = b_o \left(\frac{h_o}{h_x} \right)^{K_s} \quad (12)$$

ili izlazna širina

$$b_1 = b_o \left(\frac{h_o}{h_1} \right)^{K_s} \quad (13)$$

odnosno apsolutno širenje je

$$\Delta b = b_1 - b_o = b_o \left[\left(\frac{h_o}{h_1} \right)^{K_s} - 1 \right] \quad (14)$$

Logaritmiranjem jednakosti (13) dobije se koeficijent

$$K_s = \frac{\ln \frac{b_1}{b_o}}{\ln \frac{h_o}{h_1}} \quad (15)$$

VIII - 12

odnosno

$$K_s = \frac{\ln \beta}{\ln \frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (16)$$

Jednakost (16) pokazuje da sa različitim stepenima deformacije možemo postići isti K_s , odnosno sa istim stepenom deformacije možemo ostvariti različito K_s . Obadvije konstatacije potvrđuju mogućnost da se samo eksperimentalnim putem mogu odrediti tačne vrijednosti koeficijenta K_s .

5. Eksperimentalno istraživanje

Eksperimenti su izvedeni za troosno naponsko istorodno (sl.7) i raznorodno stanje (sl.9).

Eksperimentalno istraživanje je izvedeno u tehnološkim uslovima prakse pri čemu je upotrijebljen hladno vučeni čelik Č 1740.5. Hladno deformisanje provlačenjem i valjanjem je obavljeno na kombinovanoj duo valjačkoj deformacionoj mašini koja pored pogonskih valjaka ima i nepogonjene (samoobrtne) valjke koji se mogu podešavati.

Kod komparativnog posmatranja uticaja naponskog stanja na stepen širenja uzet je polazni materijal

$$d_v = d_p = \emptyset 7,0 \text{ mm},$$

dok je kod utvrđivanja optimalnosti datih postupaka uzeto

$$d_v = \emptyset 5,5 \text{ mm}, \text{ a } d_p = \emptyset 7,0 \text{ mm}$$

Deformisanje se je izvodilo rednim valjcima prečnika $D_v = D_p = 100 \text{ mm}$ u

$$n_1 = 9 \text{ prolaza } (v_1 = 0,30 \text{ m/s})$$

$$n_2 = 9 \text{ prolaza } (v_2 = 0,60 \text{ m/s})$$

$$n_3 = 9 \text{ prolaza } (v_3 = 0,70 \text{ m/s})$$

$$n_4 = 4 \text{ prolaza } (v_4 = 1,20 \text{ m/s})$$

Kod deformisanja u 9 prolaza - provlaka odabrani su slijedeći stepeni deformacije:

$$\Delta h_{1v} = \Delta h_{1p} = 1,00 \text{ mm},$$

$$\Delta h_{5v} = \Delta h_{5p} = 0,60 \text{ mm},$$

$$\Delta h_{2v} = \Delta h_{2p} = 0,80 \text{ mm},$$

$$\Delta h_{6v} = \Delta h_{6p} = 0,50 \text{ mm},$$

$$\Delta h_{3v} = \Delta h_{3p} = 0,70 \text{ mm},$$

$$\Delta h_{7v} = \Delta h_{7p} = 0,50 \text{ mm},$$

$$\Delta h_{4v} = \Delta h_{4p} = 0,70 \text{ mm},$$

$$\Delta h_{8v} = \Delta h_{8p} = 0,40 \text{ mm},$$

$$\Delta h_{9v} = \Delta h_{9p} = 0,30 \text{ mm}$$

VIII – 13

dok je kod deformisanja u 4 prolaza ostvareno:

$$\begin{array}{ll} \Delta h_{1v} = 1,50 \text{ mm}, & \Delta h_{3v} = 1,00 \text{ mm} \\ \Delta h_{2v} = 1,00 \text{ mm}, & \Delta h_{4v} = 0,50 \text{ mm} \end{array}$$

Nakon trećeg i šestog prolaza čelik je podvrgnut rekristalizacionom žarenju radi povrata svojstava plastičnosti.

6. Pregled rezultata istraživanja

Rezultati istraživanja prikazani su u tabeli 1 i 2.

TABELA 1. OSTVARENO APSOLUTNO ŠIRENJE METALA KOD PROVLAČENJA I VALJANJA ZA $v = \text{const.}$

Oznaka uzorka (provlačenje prolaz)	PROVLAČENJE				VALJANJE				Brzina v m/s	
	$\varnothing 7,0 \text{ (mm)}$									
	h	Δh	b	Δb	h	Δh	b	Δb		
	(mm)									
1.1	6,0	1,0	7,04	0,04	6,0	1,0	7,20	0,20	0,30	
2.1	5,2	0,8	7,12	0,08	5,2	0,8	7,46	0,26		
3.1	4,5	0,7	7,18	0,06	4,5	0,7	7,70	0,24		
4.1	3,8	0,7	7,25	0,07	3,8	0,7	7,94	0,24		
5.1	3,2	0,6	7,30	0,05	3,2	0,6	8,20	0,26		
6.1	2,7	0,5	7,35	0,05	2,7	0,5	8,42	0,22		
7.1	2,2	0,5	7,39	0,04	2,2	0,5	8,61	0,19		
8.1	1,8	0,4	7,43	0,04	1,8	0,4	8,80	0,19		
9.1	1,5	0,3	7,46	0,03	1,5	0,3	8,94	0,14		
1.2	6,0	1,0	7,05	0,05	6,0	1,0	7,16	0,16	0,60	
2.2	5,2	0,8	7,10	0,05	5,2	0,8	7,38	0,24		
3.2	4,5	0,7	7,14	0,04	4,5	0,7	7,61	0,23		
4.2	3,8	0,7	7,20	0,06	3,8	0,7	7,88	0,27		
5.2	3,2	0,6	7,24	0,04	3,2	0,6	8,14	0,26		
6.2	2,7	0,5	7,29	0,05	2,7	0,5	8,33	0,19		
7.2	2,2	0,5	7,32	0,03	2,2	0,5	8,51	0,18		
8.2	1,8	0,4	7,34	0,02	1,8	0,4	8,68	0,17		
9.2	1,5	0,3	7,36	0,02	1,5	0,3	8,79	0,11		
Radni valjci	$D_p = 100$			$D_v = 100$				mm		
Materijal	$\text{Č } 1740.5$								-	
Zatezna sila	$F_z = F_p$			$F_z = 0$				kN		

TABELA 2. OSTVARENO APSOLUTNO ŠIRENJE METALA KOD PROVLAČENJA
($v = 0,7 \text{ m/s}$) i VALJANJA ($v = 1,2 \text{ m/s}$)

Oznaka uzorka (provlak)	PROVLAČENJE				VALJANJE				Oznaka uzorka (prolaz)	
	$\emptyset 7,0 \text{ (mm)}$				$\emptyset 5,5 \text{ (mm)}$					
	h	Δh	b	Δb	h	Δh	b	Δb		
	mm				mm					
1.2	6,0	1,0	7,04	0,04	4,0	1,5	6,10	0,60	1.3	
2.2	5,2	0,8	7,10	0,06	3,0	1,0	6,65	0,55	2.3	
2.3	4,5	0,7	7,13	0,03	2,0	1,0	7,12	0,47	3.3	
2.4	3,8	0,7	7,18	0,05	1,5	0,5	7,35	0,23	4.3	
2.5	3,2	0,6	7,23	0,05	-	-	-	-	-	
2.6	2,7	0,5	7,26	0,03	-	-	-	-	-	
2.7	2,2	0,5	7,30	0,04	-	-	-	-	-	
2.8	1,8	0,4	7,32	0,02	-	-	-	-	-	
2.9	1,5	0,3	7,33	0,01	-	-	-	-	-	
Brzina	0,70				1,20				m/s	
Radni valjci	$E_p = 100$				$E_V = 100$				mm	
Materijal	Č 1740.5								-	
Zatezna sila	$F_z = F_p$				$F_z = 0$				kN	

7. Analiza rezultata istraživanja

Dobijeni rezultati istraživanja (tabela 1 i 2) ukazuju na činjenicu da je za iste ostvarene brzine i stepene deformacije znatno veće širenje metala kod istorodnog naponskog stanja nego li kod razmatranog, što znači da se postupkom valjanja u odnosu na provlačenje mnogo veći dio istisnute zapremine pomjera u širinu. Da bi se stepen širenja kod obadva razmatrana postupka što detaljnije analizirao sačinjena je tabela 3.

VIII – 15

TABELA 3. STEPEN ŠIRENJA METALA β U FUNKCIJI NAPONSKOG STANJA

Oznaka	h_1	$\xi_u = \frac{h_o - h_1}{h_o}$	PROVLAČENJE				VALJANJE			
			$d_o = b_o = 7,0 \text{ mm}$				$d_o = b_o = 7,0 \text{ mm}$			
			b_p	Δb_p	$\beta_p = \frac{b_p}{b_o}$	$K_{\beta p}$	b_v	Δb_v	$\beta_v = \frac{b_v}{b_o}$	$K_{\beta v}$
	mm	%	mm		–		mm		–	
1	6,0	14,3	7,04	0,04	1,006	0,04	7,20	0,20	1,029	0,20
2	5,2	25,7	7,12	0,12	1,017	0,05	7,46	0,46	1,066	0,21
3	4,5	35,7	7,18	0,18	1,026	0,06	7,70	0,70	1,100	0,21
4	3,8	45,7	7,25	0,25	1,036	0,06	7,94	0,94	1,134	0,21
5	3,2	54,3	7,30	0,30	1,040	0,05	8,20	1,20	1,171	0,20
6	2,7	61,4	7,35	0,35	1,050	0,05	8,42	1,42	1,203	0,18
7	2,2	68,6	7,35	0,39	1,054	0,04	8,61	1,61	1,230	0,14
8	1,8	74,3	7,43	0,43	1,060	0,04	8,80	1,80	1,257	0,16
9	1,5	78,6	7,46	0,46	1,066	0,04	8,94	1,94	1,277	0,15
Brzina (m/s)			0,3			0,3				

Na osnovu podataka iz tabele 3 dat je grafički prikaz (sl.13), gdje se uočava znatno veće apsolutno širenje kod postupka valjanja (Δb_v), nego li kod provlačenja (Δb_p), tako kod $\xi = 40\%$ $\Delta b_v = 0,85 \text{ mm}$, a $\Delta b_p = 0,20 \text{ mm}$.

Eksperimentalno dobijeni apsolutni stepeni širenja za date postupke deformisanja se mogu prikazati odnosom

$$K_{n\Delta} = \frac{\Delta b_v}{\Delta b_p} \quad (17)$$

odnosno

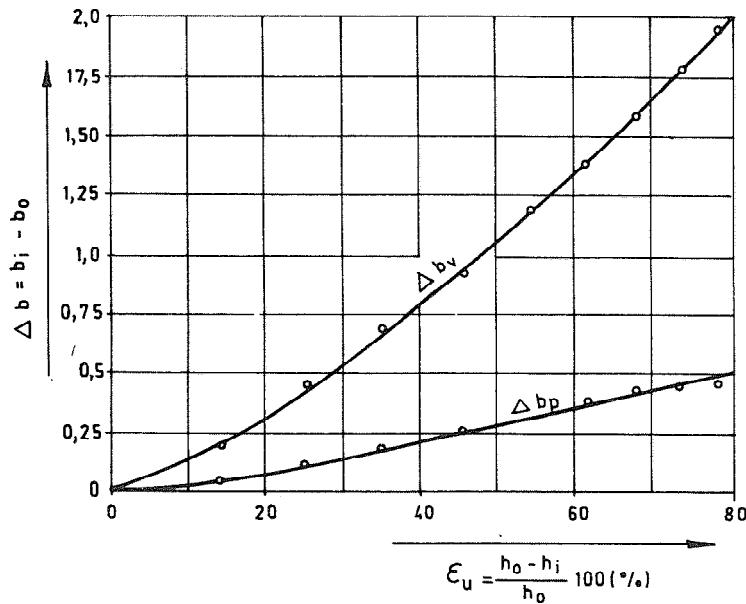
$$\Delta b_v = (4,2 - 5,0) \Delta b_p, \quad (18)$$

gdje $K_{n\Delta} = 4,2 - 5,0$ predstavlja odnos apsolutnih stepena širenja za različita naponska stanja.

Relativni stepen širenja β (sl.14) također ukazuje na izrazito velike razlike u pomjeranju istisnute zapremine kod kompariranih postupaka deformisanja. Taj odnos se može prikazati pomoću jednakosti

$$K_{n\beta} = \frac{\beta_v}{\beta_p} = \frac{b_v}{b_p} \quad (19)$$

gdje $K_{n\beta} = 1,02 - 1,20$ predstavlja odnos relativnih stepena širenja za različita naponska stanja.



Sl.13. Apsolutni stepen širenja Δb

$$b_v = K_{n\beta} \cdot b_p = (1,02 - 1,20) b_p \quad (20)$$

ili širina trake dobijene valjanjem iznosi

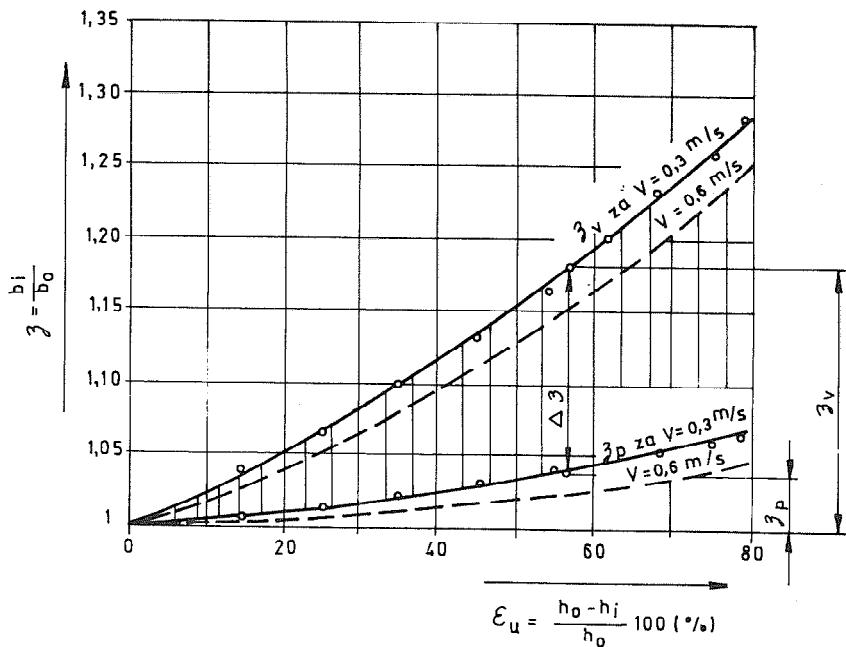
$$b_v = \beta_v \cdot b_o = (1,030 - 1,28) b_o \quad (21)$$

odnosno provlačenjem

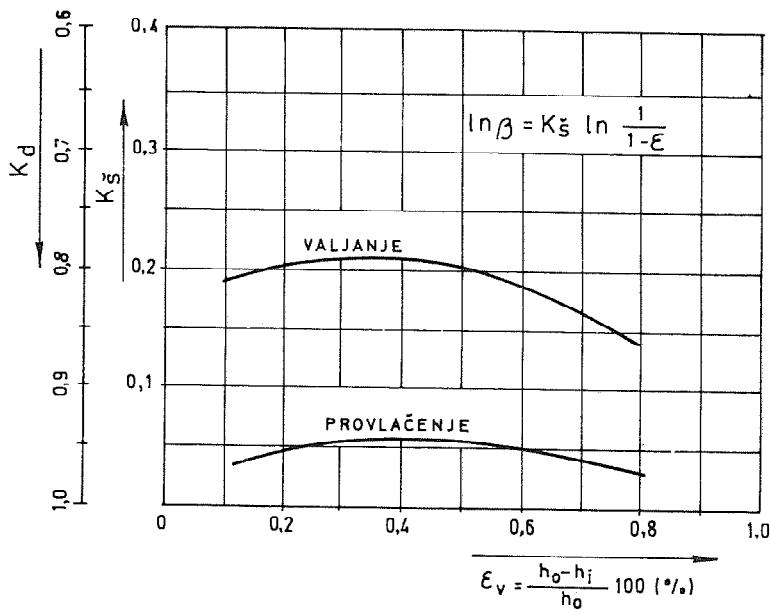
$$b_p = \beta_p \cdot b_o = (1,006 - 1,066) b_o \quad (22)$$

Isto tako je vidljivo (sl.14) da se porastom brzine provlačenja, odnosno valjanja smanjuje istiskivanje zapremine u širinu, što je vjerojatno rezultat promjene koeficijenta kontaktnog trenja, budući su pri tome svi ostali uticajni parametri stepena širenja ostali ne-promijenjeni.

Pomoću jednakosti (16) i eksperimentalno dobijenih rezultata tečenje metala u širinu i dužinu grafički je prikazano na sl.15.

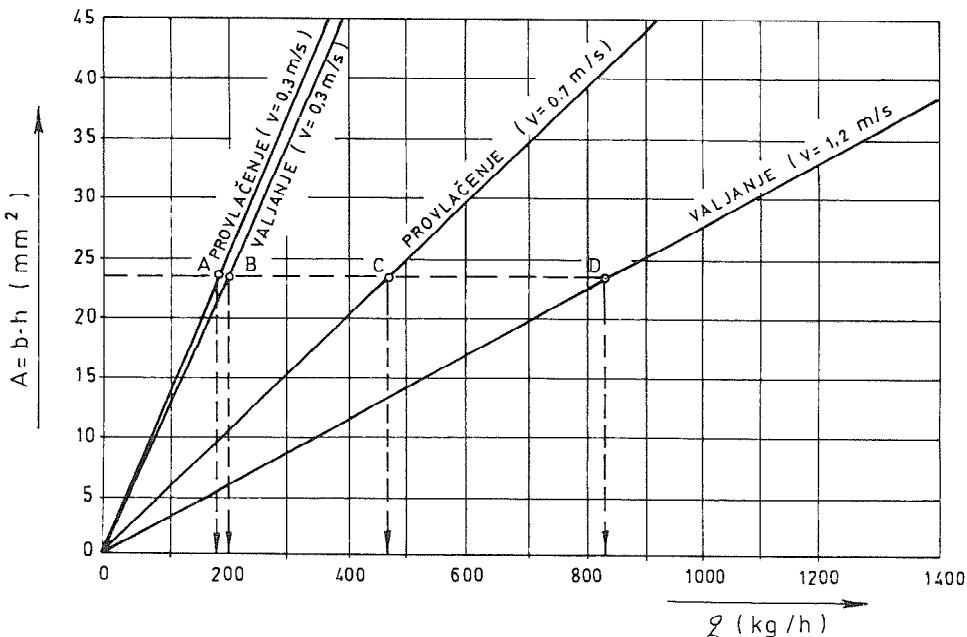


Sl.14. Stepen širenja β



Sl.15. Koeficijenti K_s i K_d za čelik č 1740,5

Razmatrani stepen širenja sem teoretske i eksperimentalne spoznaje ima i aplikativni značaj, jer ostvaren veći stepen širenja kod valjanja je ukazao na mogućnost da se za iste konačne širine profila ili trake kod postupka valjanja može ići sa manjim prečnikom poprečnog presjeka polaznog materijala nego li kod provlačenja. To je i eksperimentalno datim podacima u tabeli 2 dokazano jer za konačnu dimenziju trake $1,5 \times 7,33$ mm kod provlačenja je bio potreban polazni prečnik materijala $\varnothing 7,0$ mm, a kod valjanja $\varnothing 5,5$ mm. Manji polazni prečnik uslovljava i manji broj prolaza, tako je kod provlačenja bilo potrebno $n_p = 9$ provlaka, a kod valjanja $n_v = 4$ prolaza, što nesumnjivo mnogo utiče i na ostvarenu proizvodnost. Kada se imaju u vidu i maksimalno ostvarene brzine kod datih postupaka ($v_v = 1,2$ m/s, $v_p = 0,7$ m/s) tada se uočava uticaj naponskog stanja ne samo na stepen širenja, već i na proizvodnost (sl. 16), što istorodno troosno naponsko stanje čini optimalnim, a postupak valjanja u odnosu na provlačenje daleko prihvatljivijim u tehnico-ekonomskom smislu.



Sl.16. Komparacija proizvodnosti postupka provlačenja i valjanja za isti broj prolaza $n_v = n_p = \text{const.}$

8. Zaključak

Da bi se ispitao uticaj naponskog stanja na stepen širenja metala u procesu deformisanja bilo je neophodno:

- definisati postupke deformisanja koji će po shemi naponskih stanja biti različiti, a po ostalim uticajnim faktorima jednaki,
- postaviti takve postupke deformisanja koji će omogućiti u fazi preoblikovanja slobodno širenje,
- ostale uticajne faktore prividno izolirati tj. tako ih podesiti da jednakoj djeluju na stepen širenja kod svih razmatranih postupaka deformisanja.

Naprijed navedene predpostavke zadovoljio je jedino postupak provlačenja metala kroz otvor samoobrtnih valjaka i postupak valjanja.

Na bazi izvršenog teoretskog i eksperimentalnog istraživanja utvrđeno je:

1. Da vid naponskog stanja utiče na stepen širenja, i to tako da je taj uticaj daleko intenzivniji kod valjanja nego li kod provlačenja.
2. Da vid naponskog stanja ne utiče samo na stepen širenja metala već i na proizvodnost tj. optimalnost datog postupka.

Ta optimalnost prije svega se ogleda u većoj brzini deformacije, manjem broju prolaza, većem stepenu deformacije što postupku valjanja i daje prednosti u odnosu na postupak provlačenja.

3. Da obavljeno istraživanje ima sem teoretskog i aplikativni značaj kako u fazi projektovanja tako i u fazi izvodjenja tehničkog procesa hladnog valjanja i provlačenja.

Literatura

- [1] Devedžić B., Osnovi teorije plastičnog deformisanja metala, Kragujevac 1975
- [2] Ševakin JU.F., Šaikević V.S., Obrabotka metallova davleniem, Moskva 1972
- [3] Kuprin M.I., Kuprina M.S., Osnovi teorii prokatki, Moskva 1978
- [4] Masterov V.A., Berkovskii V.S., Teoriya plastičeskoi deformacii i obrabotka metallova davleniem, Moskva 1976
- [5] Jurković M., Termomehanički faktori deformacije kao regulatori stepena širenja uske trake, BIAM' 78, Zagreb 1978
- [6] Čekmarev A.P. - redaktor, Teoriya prokatki, Materiali konferencii po teoretičeskim voprosam prokatki, Moskva 1962

M. Jurković

DER SPANNUNGSEINFLUSS DES ZUSTANDES IN DER EXPANSIONSTUFFE
DES METALLS IM DEFORMATIONSPROCESS

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dieser Arbeit wurde es der Spannungseinfluss an der Expansionstufe des Metalls beim Verfahren des Kaltziehens und Walzen analysiert. Mit dieser Forschung wurde es beweisen, dass die Form des Spannungseinfluss beeinflusst an der Expansionstufe so, dass dieser Einfluss ist viel mehr intensiv bei den Walzen mit der freien Expansion als beim Durchstecken.

Ebenso wurde es mit der Wahl der optimale Stufe und der Deformationsgeschwindigkeit durch den Durchgang beweisen, dass die Form des Spannungseinfluss beeinflusst auch an der Produktivität den Prozess.

Mit diese Forschung wird es die Priorität dem Walzvorgang in der Beziehung am Durchstecken gegeben.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

V. Mitković *

ODREDJIVANJE DEFORMACIJA U NESTACIONARNIM PROCESIMA ZAPREMINSKOG OBLIKOVANJA **

Procesi obrade deformacijom mogu se proučavati čisto teoretskim metodama pri čemu u velikom broju slučajeva teoretska analiza zbog složenosti matematičkog aparata i uprošćenja koja se pri tom uvode ne daje zadovoljavajuće rezultate.

Kao osnov za teoretsko izučavanje plastične deformacije a takođe i kao kriterijum za provjeru pravilnosti i tačnosti teoretskih rješenja služe nam eksperimentalni podaci.

U nizu mogućih eksperimentalnih podataka koji se mogu dobiti, važno mjesto pri proučavanju kinematike procesa obrade deformacijom zauzimaju pomjeranja čestica tijela ili iz njih dobijene deformacije.

Na osnovu polja deformacija ili njihovih brzina i reoloških karakteristika ispitivanog materijala moguće je iz diferencijalnih jednačina ravnoteže, veze između napona i deformacija po teoriji tečenja i uslova plastičnosti dobiti napone unutar deformabilnog tijela i na kontaktnoj površini [7] [2].

Na osnovu rečenog, nameće se važnost izučavanja kinematike procesa i s tim u vezi određivanja polja deformacija.

Mala deformacija kao tensorska veličina definiše se uz pomoć komponenti deformacije koje se dobijaju kao parcijalni izvodi odgovarajućeg pomjeranja prema koordinatama.

* Mr. Vladimir Mitković, dipl.inž. docent Mašinskog fakulteta u Sarajevu,
Omladinsko šetalište b.b.

** Rad radjen u Zavodu za alatne mašine, alate i mjernu tehniku u Sarajevu.

IX - 2

Za ravninsko - deformacioni proces oblikovanja komponente male deformacije su:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}$$

Ako su nam poznate funkcionalne vrijednosti pomjeranja, diferenciranjem istih mogu se dobiti i funkcionalne vrijednosti deformacija.

Kao primjer za rješavanje problema na ovaj način navodimo metodu pomoću koordinatne mrežice gdje su funkcije pomjeranja odredjene aproksimacijom pomjeranja pomoću metoda najmanjih kvadrata [3].

Navedeni obrasci za deformacije pretpostavljaju da su i deformacije i pomjeranja dovoljno mali tako da se kvadrati izvoda pomjeranja u poprečnom pravcu mogu zanemariti.

S druge strane dobijene deformacije se odnose ili na početne koordinate ili na trenutne koordinate što znači da deformacije možemo unijeti na nedeformisan ili deformisan element.

Ako su parcijalni izvodi pomjeranja u poprečnim pravcima relativno veliki i ako kvadrate parcijalnih izvoda pomjeranja po koordinati ne možemo zanemariti tada se komponente deformacija moraju izraziti na drugi način [1]. U ovom slučaju nije bez značaja vrijednost tekuće koordinate te moramo razlikovati tzv. Lagrange-ovu ili Euler-ovu deformaciju [1] gdje se tekuće koordinate odnose na početno stanje deformacije ili trenutno stanje deformacije.

S obzirom da se u ovom radu tretiraju deformacije dobijene metodom Moire one su po svojoj suštini Euler-ovog tipa [1] i izrazi za deformacije su za ravninsko - deformacioni slučaj oblikovanja [1] :

Na osnovu gornjih obrazaca vidimo da ako poznajemo numeričke ili funkcionalne vrijednosti priraštaja pomjeranja možemo u svakoj tački fizičke ravni dobiti deformacije.

IX - 3

$$\varepsilon_x^E = 1 - \sqrt{1 - 2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2}$$

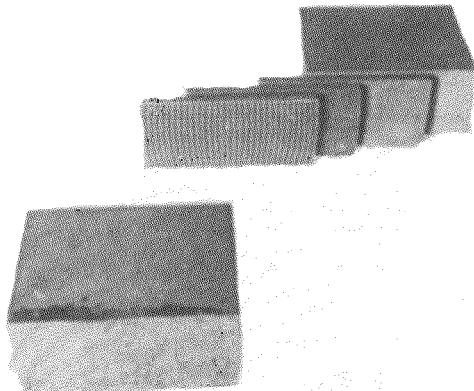
$$\varepsilon_y^E = 1 - \sqrt{1 - 2\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right) + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2}$$

$$\gamma_{xy}^E = \operatorname{arc} \sin \left\{ \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right) + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) - \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right) - \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)}{(1 - \varepsilon_x^E)(1 - \varepsilon_y^E)} \right\}$$

Kao što je već napomenuto jedan od poznatih načina za dobijanje numeričkih ili funkcionalnih vrijednosti pomjeranja je metod pomoću koordinatne mrežice. Relativno noviji metod koji se primjenjuje za određivanje deformacija [4], [5], [8], [6] je Moire metod koji ćemo koristiti u ovom radu.

U eksperimentu koji je izведен, ravninsko deformacioni proces sabijanja izvršen je na prizmatičnom elementu u specijalnom alatu gdje je deformacija u trećem glavnom pravcu bila onemogućena.

Prizmatični štap je bio izradjen iz više dijelova (sl. 1) pri čemu je na tri pločice



Sl. 1

nanesena posebno koordinatna mrežica $1 \times 1 \text{ mm}$ i rasteri gustine 10 mm^{-1} sa pravcima linija paralelnim sa pravcem djelovanja sile sabijanja i normalnim na nju.

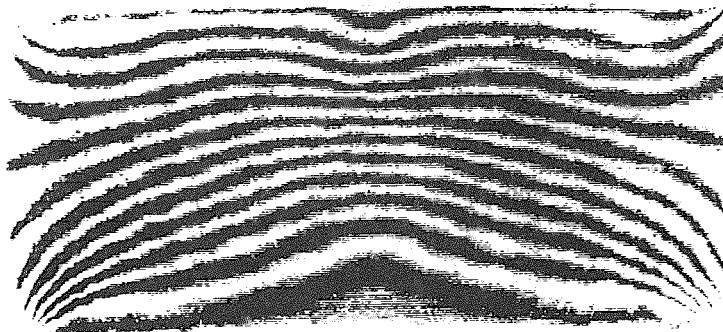
Poslije izvršenja male etapne deformacije sabijanja u kompaktnom stanju, prizmatični element se vadi iz alata i rastavlja na dijelove da bi se izvršilo snimanje linija Moire. Linije Moire koje pripadaju dvjema familijama pomjeranja: u pravcu normalnom na pravac sile sabijanja i paralelnom pravcu iste sile dobijaju se ako se na deformisani raster prisloni nedeformisani etalon raster.

Dobijene linije Moire predstavljaju linije jednakog nivoa pomjeranja u dva normalna pravca sa nivoom koji odgovara gustini rastera etalon mrežice. U našem slučaju gustina rastera etalon mrežice je iznosila $lo \text{ mm}^{-1}$ pa se nivo pomjeranja na svakoj liniji Moire razlikuje od prethodne linije za 0.1 mm .

Na slikama br. 2 i 3 vidimo linije Moire snimljene na kontrolnim pločicama pri



Sl. 2



Sl. 3

čemu sl. 2 predstavlja linije vertikalnih pomjeranja a sl. 3 linije horizontalnih pomjeranja.

Kao što vidimo iz slika, sabijanje nije izvedeno simetrično zbog nejednakosti kontaktnih uslova na dodirnim površinama. Ovo međutim za naš prikaz nije bitno jer nam je cilj da damo principe i mogućnosti ovoga metoda.

Geometrijski gledano linije Moire mogu se shvatiti kao linije koje se dobijaju presekom ravni sa površinom pomjeranja u (x,y) ili $v(x,y)$ [1] na osnovu čega je lako dobiti u grafičkom obliku funkcije pomjeranja u odredjenim presjecima fizičke ravni.

Da bismo dobili pomjeranja i njihovu grafičku predstavu prvo kroz sredine Moire linija povlačimo krive koje vidimo na polovini fizičke ravni na slikama 4 i 5.

Moire linije označene su od nultog pomjeranja arapskim brojevima na slici 4 od 1 do 14 a na slici 5 od 1 do 11.

Svaka linija u odnosu na prethodnu ima nivo pomjeranja koji se od prethodne linije razlikuje za 0.1 mm.

Nulta linija pomjeranja u familiji Moire linija $u(x,y)$ nalazi se na osi simetrije fizičke ravni dok u familiji $v(x,y)$ nulta linija se nalazi na kontaktnoj površini.

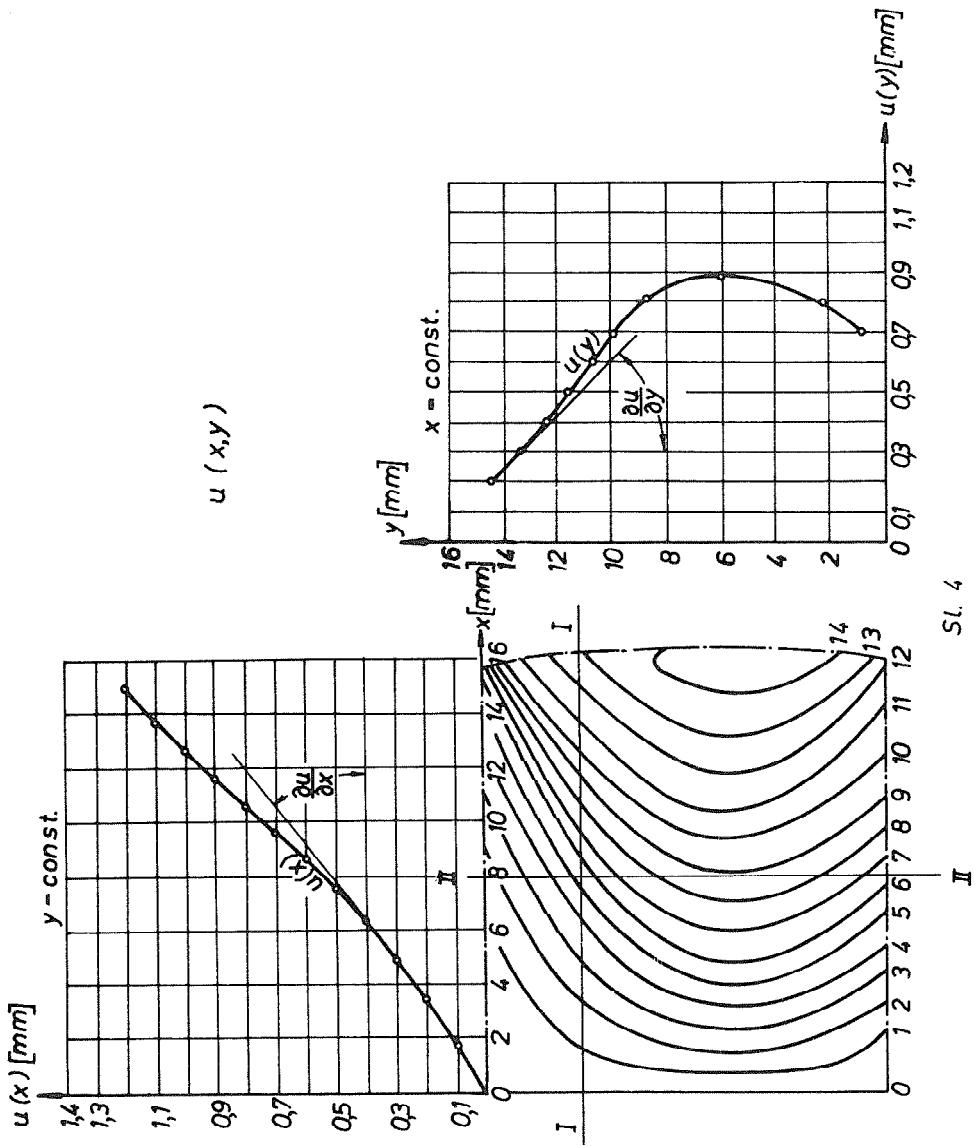
Primjera radi odredili smo pomjeranja u presjecima I-I i II-II. Ovi preseci predstavljaju ravni sa kojima siječemo površinu pomjeranja $u(x,y)$ ili $v(x,y)$ pri čemu određujemo dijagrame pomjeranja.

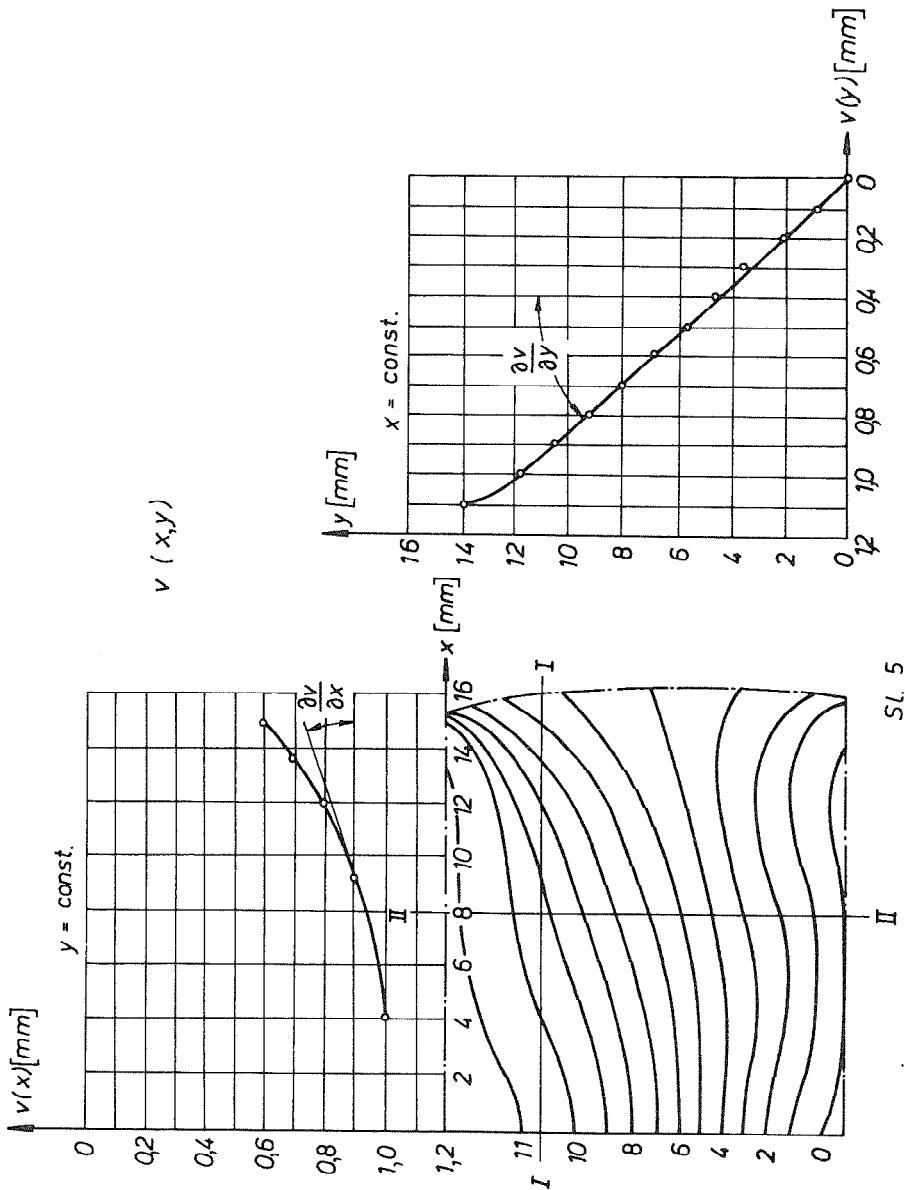
U sl. 4 gdje su nam data pomjeranja $u(x,y)$ presjekom sa ravni I-I koja je predstavljena sa jednačinom $y=\text{const.}$ dobijamo u traženom presjekom pomjeranje dijagram pomjeranja $u(x)$ dok presjekom sa ravni II-II pri $X=\text{const.}$ dobijamo u tom presjeku dijagram pomjeranja $u(y)$. Na sl. 5 sa pomjeranjima $v(x,y)$ u presjeku I-I ($y=\text{const.}$) dobijamo dijagram pomjeranja x $v(x)$ dok u presjeku II-II pri $x=\text{const.}$ dobijamo pomjeranja $v(y)$.

Traženi parcijalni izvodi pomjeranja u jednačinama za velike ili male deformacije dobijaju se kao koeficijenti pravaca tangenti u odredjenim tačkama krive pomjeranja.

Da bismo dobili polje deformacija u fizičkoj ravni probnog uzorka analognim putem čitavu fizičku ravan možemo prekriti mrežom presjeka I-I ili II-II pri čemu dobijamo

IX - 6





jamo familije pomjeranja u fizičkoj ravni odakle možemo u proizvoljnim tačkama odrediti tražene vrijednosti parcijalnih izvoda odnosno deformacija.

Prema toku krivih pomjeranja $u(x)$, $u(y)$, $v(x)$ i $v(y)$ možemo vidjeti da se na izvesnim dijelovima krive pomjeranja parcijalni izvodi mogu dobiti približno preko tetive krive. To znači da je traženi gradijent izmedju dvije susjedne tačke jednak odnosu izmedju porasta pomjeranja kroz rastojanje izmedju dvije susjedne tačke.

Dobijeni izrazi u ovom slučaju odgovaraju koraku etalon mrežice kroz rastojanje dvije susjedne Moire linije [1] pa imamo napr. za familiju pomjeranja $u(x,y)$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{p}{\delta_x} \quad , \quad \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{p}{\delta_y}$$

gdje su:

- p korak etalon mrežice ili nivo pomjeranja izmedju dvije susjedne Moire linije
- a δ_x i δ_y rastojanje izmedju dvije Moire linije u fizičkoj ravni u pravcima x i y ose.

Navedeno uprošćenje nam omogućava da u tačkama fizičke ravni u kojima se priraštaj pomjeranja po tangentu može uz malu grešku zamijeniti priraštajem pomjeranja po tetivi, da izmedju dvije susjedne tačke odredimo prosječnu deformaciju bez crtanja dijagrama pomjeranja. U tom cilju na osnovu linija Moire u presjeku sa ravni I-I ili II-II određujemo rastojanje izmedju dviju susjednih linija a zatim diobom koraka etalon rastera sa rastojanjima u fizičkoj ravni dobijamo odgovarajuće vrijednosti parcijalnih izvoda i deformacija.

R e f e r e n c e

- 1 Djureli A., Parks V. Analiz deformacij s ispolzovanjem muara.
"Mir" - Moskva 1974
- 2 Mitković V. Prilog određivanju napona u ravninsko - deformacionom procesu oblikovanja i idealno plastičnog tijela. Zbornik radova br. 1 Katedre za proizvodnu tehniku i Zavoda za alatne mašine, Sarajevo 1973. g.

- 3 Mitković V. Prilog odredjivanju deformacija aproksimacijom pomjeranja metodom najmanjih kvadrata. Zbornik radova br. 1 Katedre za proizvodnu tehniku i Zavoda za alatne mašine. Sarajevo 1974. g.
- 4 Poluhin P.I., Voroncov V.K., Kudrin A.B., Čičenec N.A. Deformacii i napraženija pri obrabotke metallova davljeniem. "Metalurgija" - Moskva 1974.
- 5 Segal V.M., Makušok E.M., Reznikov V.I. Isledovanie plastičeskogo formoizmenenija metallova metodom muara. "Metalurgija" - Moskva 1974.
- 6 Severdenko V.P., Makušok E.M., Segal V.M., Čitaev J.H. Isledovanie plastičeskikh tečenij metodom muarovogo efekta. "Plastičnost i obrabotka metallova davljeniem". Minsk 1968.
- 7 Tomsen E., Jang Č., Kobajaši Š. Mehanika plastičeskikh deformacii pri obrabotke metallova. "Mašinostroenie" - Moskva 1969.
- 8 Šnajderović R.M., Levin O.A. Izmerenie polje plastičeskikh deformacii metodom muara. "Mašinostroenie" - Moskva 1972.

Zusammenfassung

V. Mitković

Deformationsbestimmung bei nicht stationären Prozessen der Rauminhaltsgestaltung.

In der beigelegten Arbeit ist eine Möglichkeit für die Deformationsbestimmung bei nicht stationären Prozessen angegeben.

Es wurde beispielweise eine experimentale Prüfung eines Stampfprozesses durchgeführt, und anhand derselben die Möglichkeit der Deformationsbestimmung nach Moiree-Methode gezeigt.



XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Lj.Janković, D.Vukićević ^{x)}

PRILOG RASMATRANJU PROBLEMA TISKAČA U PROCESU OBRADE MATERIJALA UTISKIVANJEM ^{xx)}

1. Uvod

Metod obrade materijala utiskivanjem se koristi u savremenoj industrijskoj praksi za izradu kalupa alata za preradu plastičnih masa, gume, livenje pod pritiskom i kovanje. Takodje se primenjuje utiskivanje za dobijanje željenih udubljenja u nekom elementu, kada je to lakše postići izradom tiskača i njegovim utiskivanjem u prip-remak.

Izrada kalupa utiskivanjem je vrlo racionalan način obrade, i to iz sledećih razloga:

- Umesto složene obrade unutrašnjih površina-udubljenja kalupa (gravura)- vrši se obrada spoljašnjih površina tiskača.
- Kvalitet izradjenih delova u velikoj meri zavisi od kvali- teta radne površine kalupa, koja neposredno oblikuje deo. Pri obradi utiskivanjem kvalitet radne površine kalupa se preslikava od površine tiskača, a kvalitet površine tiskača je mnogo lakše postići nego u slučaju unutrašnjih povr- šina.

x) Ljubomir M.Janković, dipl.inž., predavač Mašinskog fakulteta Uni- verziteta u Nišu, ul.Beogradska br. 14.

Mr.Dušanka Vukićević, dipl.inž., asistent Mašinskog fakulteta Un- iverziteta u Nišu, ul.Beogradska br. 14.

xx) Ovaj rad predstavlja deo naučno-istraživačkog projekta: ISTRAŽ- IVANJA I RAZVOJ METODA PROJEKTOVANJA I PRORACUNA SAVREMENIH SREDST- AVA I METODA OBRADE MATERIJALA DEFORMISANJEM SA ISPITIVANJEM OBRAD- LJIVOSTI DOMAĆIH MATERIJALA ZAKLJUČNO DO VERIFIKACIJE U EKSPLOATAC- IJI, u čijem finansiranju učestvuju Republička zajednica nauke Srb- ije, MİN-Niš, EI-Niš, ZCZ-Kragujevac, i dr.

- Jednim tiskačem se može izraditi veći broj udubljenja kalupa, ili veći broj kalupa. Ovo je vrlo važno u alata sa većim brojem pozicija, a isto tako i za slučaj kada se moraju raditi duplikati alata.
- Brzina utiskivanja se obično kreće u granicama 0,06-12 mm/min., što predstavlja jednu od najbržih načina obrade složenih unutrašnjih površina.
- Kalupi izradjeni utiskivanjem imaju veći vek od alata izradjenih obradom rezanjem, jer ne dolazi do presecanja vlačana materijala, a postiže se i očvršćavanje površinskog sloja.
- Troškovi izrade, naročito u slučajevima većeg broja pozicija, su niži nego pri drugim metodama obrade.

Postoje, nažalost, faktori ograničenja u primeni ove vrste obrade, a od kojih su najznačajniji:

- čvrstoća tiskača;
- obradljivost materijala obratka, i
- raspoloživa sila prese.

U procesu utiskivanja javljaju se znatne deformacione sile. I pored preduzimanja opsežnih mera da se one smanje, njihova vrednost može biti kritična za čvrstoću tiskača ili za izbor prese.

Za obradu utiskivanjem su razvijene specijalne hidraulične prese sa malom brzinom pritiskivača i sa velikom raspoloživom silom. Do nedavno je maksimalna sila iznosila 32 MN, a sada je proširena oblast sile presa i kreće se od 1,6 do 200 MN. U našoj zemlji se za utiskivanje koriste uglavnom prese od 1,6; 6,3 i 12,5 MN.

Prese nazivne sile od 25 MN su uglavnom dovoljne za izradu kalupa za preradu plastičnih masa, dok su za izradu velikih kovačkih gravura potrebne i veće prese.

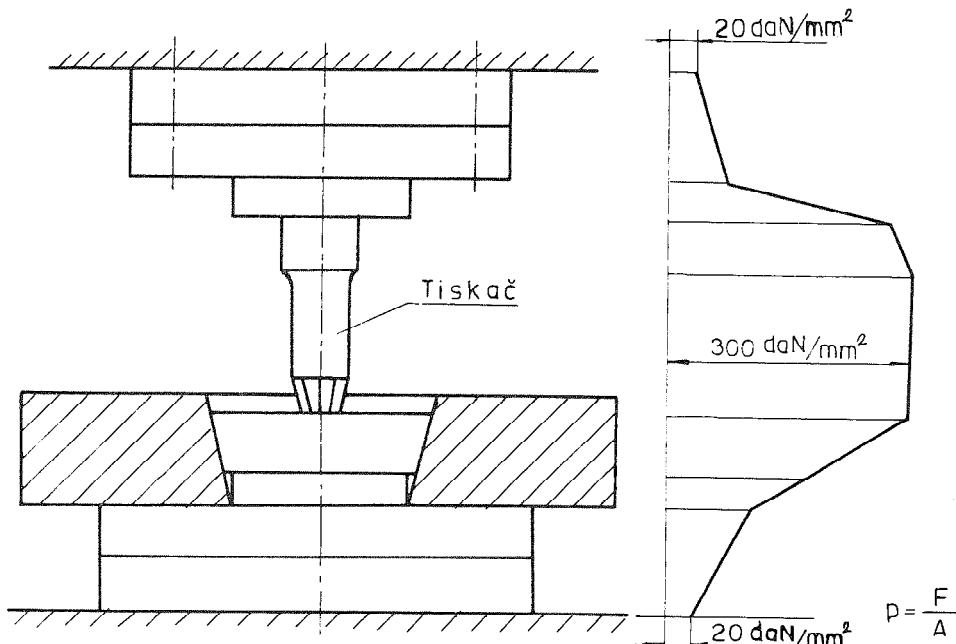
U tehničkom pogledu postoje mogućnosti da se obezbedi dovoljno potrebna sila za utiskivanje.

Obradljivost materijala obratka metodom utiskivanja određena je prodiranjem tiskača do pojave prve pukotine u materijalu. Na obradljivost se može uticati pogodnim izborom vrste i stanja materijala, naponsko-deformacionim odnosima pri utiskivanju, brzinom def-

ormisanja i sl.

Preostali, veoma važan faktor ograničenja, je čvrstoća tiskača. U uobičajenih materijala pritisna čvrstoća ne prelazi 300 daN/mm^2 , a deformaciona sila utiskivanja raste sa povećavanjem dubine prodiranja tiskača, pa se može doći do prekoračenja ove vrednosti.

Na Sl.1. je predstavljen proces utiskivanja sa grafičkim prikazom zakona promene specifičnog pritiska u pojedinim elementima pribora i alata koji učestvuju u procesu. Iz grafičkog prikaza se vidi da je tiskač elemenat koji je izložen najvećem specifičnom pritisku, pa se stoga mora обратити posebna pažnja na njegovo oblikovanje, izbor materijala i termičku obradu.



Sl.1. - Elementi u procesu utiskivanja i promena specifičnog pritiska

Često puta uspeh primene metode utiskivanja i njena ekonomičnost zavise prvenstveno od čvrstoće tiskača.

2. Oblik tiskača

Na tiskaču, u opštem slučaju, razlikujemo tri dela, i to:
- radni deo,

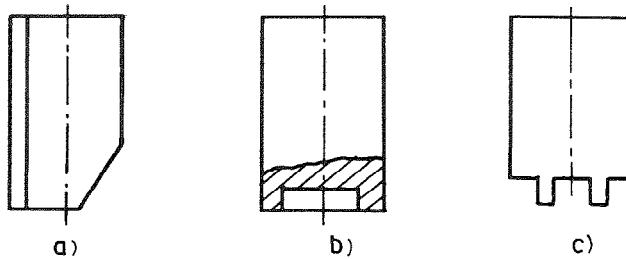
- telo, i
- podnožje.

Sva tri dela tiskača nisu uvek izražena svojim oblikom, jer u izvensnih rešenja ne dolazi do promene dimenzija i oblika preseka, ali funkcija pojedinih delova ostaje neizmenjena.

2.1. Radni deo.

Radni deo tiskača je onaj njegov deo koji u toku procesa utiskivanja dolazi u neposredan dodir sa materijalom obratka. U sled pojava ulegnuća na gornjoj površini obratka nesigurno je, u većini slučajeva, tačno određivanje radnog dela, pa se željeni oblik udubljenja izvodi na nešto većoj dužini tiskača od dužine koja stvarno dolazi u kontakt sa materijalom obratka.

Oblik radnog dela tiskača mora da odgovara obliku željenog udubljenja koji se izradjuje utiskivanjem. Pri projektovanju tehnologije izrade kalupa mora se voditi računa o mogućnosti uspešnog dobijanja oblika koga treba izraditi. Izvesni oblici nisu pogodni za utiskivanje, jer se pored otpora u aksijalnom pravcu javljaju i bočne sile koje mogu dovesti do zakošenja tiskača (Sl.2a) ili do loma izvensih delova tiskača (Sl.2b ;2c).



Sl.2. -Nepovoljni oblici radnog dela tiskača.

Bočne površine kalupa se obično izvode pod izvesnim nagibom koji omogućuje lakše oblikovanje predmeta rada, a isto tako olakšava njegovo vadjenje iz kalupa.

Uglovi nagiba su različiti u zavisnosti od namene kalupa. U alata za kovanje spoljašnji nagibi iznose $5\text{--}7^\circ$, a unutrašnji $7\text{--}10^\circ$.

Kalupi alata za preradu plastičnih masa imaju ugao nagiba u zavisnosti od dužine stranice i taj nagib se kreće od 1 do 2° . Alati

za izradu predmeta od duroplasta takodje moraju imati ugao koji će olakšati vadjenje ispresovanog komada i on iznosi najmanje $0,5^{\circ}$. Znači stranice radnog dela tiskača moraju se izvesti pod nagibom od najmanje $0,5^{\circ}$. Sa povećanjem ugla nagiba tiskača povećava se i deformaciona sila utiskivanja pa se mora voditi računa i o ovoj pojavi.

Posle vadjenja tiskača iz obratka nastaje izvesno malo deformisanje izradjenog udubljenja. Veličina odstupanja dimenzija udubljenja u odnosu na dimenzije tiskača zavise u velikoj meri od vrste materijala kalupa kao i od naponsko-deformacionih odnosa pri utiskivanju. Ova odstupanja su neravnomerna po dubini udubljenja i teško se mogu unapred predvideti, pa je povoljno što su ta odstupanja toliko mala da se obično nalaze u granicama dozvoljenih tolerancija.

Drugi uzrok odstupanja dimenzija tiskača i udubljenja može nastati usled deformisanja tiskača u procesu utiskivanja, pa stoga sva izradjena udubljenja nisu identičnih dimenzija. Ovaj nedostatak se odstranjuje time što se pre utiskivanja u prave pripremke izvrši nekoliko puta utiskivanje do maksimalne sile koja se očekuje pri utiskivanju i to u materijal koji se docnije ne koristi.

Poželjno je da sve ivice tiskača budu zaobljene, sa najmanjim radijusom zaobljenja od 1 mm. Zaobljenja povećavaju vek tiskača a takodje doprinose povećanju obradljivosti materijala obratka smanjujući koncentraciju napona.

Radni deo tiskača mora biti što finije obradjen pa se često polira do visokog sjaja. Važno je da prilikom poliranja poslednja obrada ide uzduž pravca tečenja materijala pri utiskivanju.

2.2. Telo tiskača.

Pod telom tiskača se podrazumeva deo tiskača koji se nalazi izmedju radnog dela i podnožja. Telo tiskača obično ima poprečni presek nešto prostijeg oblika od radnog dela tiskača, ali u izvesnim slučajevima može imati i isti poprečni presek. Telo tiskača treba da je što manje dužine radi eliminisanja mogućnosti izvijanja ili loma. Telo tiskača isto tako treba da je fino obradjeno, ali poliranje nije potrebno.

2.3. Podnožje tiskača.

Podnožje tiskača je njegov deo koji se nalazi na suprotnoj strani od radnog dela i njegova podnožna površina se, preko nekoliko medjuploča, oslanja na nepokretni sto prese.

U većini slučajeva površina poprečnog preseka podnožja je veća od površine preseka tela tiskača. Ovo se radi da bi se smanjio specifični pritisak na medjuploču koja je prva u dodiru sa podnožnom površinom tiskača. Ovaj specifični pritisak ne bi trebao da prelazi 250 daN/mm^2 . U tiskača velikog preseka i izloženih manjim deformacionim silama nije potrebno povećavati površinu preseka podnožja, pa je podnožje istog preseka kao i telo tiskača.

Podnožja tankih tiskača se mogu tako izvoditi da se umesto povećanja preseka tiskača pridoda stezni prsten koji je presovanim sklopom naponski vezan sa tiskačem. Ovim načinom se smanjuje koncentracija napona na mestu oslanjanja tiskača.

Povećanje dimenzija podnožja nesme biti suviše veliko jer može doći do neravnomernog naleganja, a usled neujednačenog toka sile i do krivljenja podnožne površine pa i do loma tiskača.

Odnos povećanja veličine podnožja prema telu tiskača treba birati tako da se ostvari povoljan faktor koncentracije napona usled promene preseka.

Prelaz izmedju tela i podnožja izvodi se sa radijusom i to takvim da je on veći od polovine razlike dimenzija podnožja i tela, jer takav radijus omogućuje lakše vadjenje tiskača iz obratka po završenom utiskivanju.

Radi lakšeg vadjenja ponekad se u podnožju radi otvor sa navojem. Otvori, zabušenja, otisci od merenja tvrdoće, a naročito navoj predstavljaju mesta potencijalnog stvaranja pukotina u tiskaču pri termičkoj obradi ili radu tiskača.

Isto tako treba izbegavati obeležavanja utiskivanjem na podnožnoj površini, već za to treba koristiti omotač podnožja.

Neobično je važno da podnožna površina bude upravna na osu tela tiskača, jer u protivnom može doći do zakošenja i loma tiskača.

3. Materijal i termička obrada.

Tiskači moraju zadovoljiti oštре zahteve koji se postavljaju u pogledu pritisne čvrstoće, otpornosti prema habanju i žilavosti.

Tiskači se izradjuju od čelika sa velikom pritisnom čvrstoćom da bi mogli da prime velike deformacione sile, a da se pri tome ne izobličiju i ne menjaju svoje dimenzije.

Velika žilavost se naročito zahteva od tiskača složenog oblika (sa tankim rebrima) da bi se smanjila opasnost od loma pri utiskivanju.

Od tačnog izbora vrste materijala tiskača i njegove optimalne termičke obrade, pored pravilnog oblikovanja, u velikoj meri zavisi uspeh utiskivanja.

U praksi je isprobana veliki broj različitih vrsti čelika, pa se na osnovi istraživanja i ponašanja u radu, najčešće upotrebljavani čelici mogu svrstati u nekoliko grupa.

3.1. Legirani alatni čelici.

Za dobijanje velike tvrdoće alatnih čelika neophodno je kaljenjem obezbediti martenzitnu strukturu, a kako čelici sa malim sadržajem ugljenika imaju slabu prokaljivost po preseku to se dodaju elementi Cr, Mn, Ni i Mo čime se smanjuje kritična brzina hladjenja za dobijanje martenzita. Dodatak legirajućih elemenata Cr, Mo, W i V u čelik pored karbida Fe dobijaju se i karbidi legirajućih elemenata visoke tvrdoće. Zastupljenosću odgovarajućih legirajućih elemenata i dobrim rasporedom njihovih karbida obezbedjuje se otpornost na habanje alata. Žilavost zavisi od osnovne mase materijala pa prema tome od vrste i rasporeda karbida u osnovnoj masi. Kako je žilavost martenzita slaba to se termičkom obradom otpuštanja usitnjavaju karbidi, što dovodi do povećanja žilavosti ovih čelika. Pri izboru materijala mora se voditi računa prvenstveno o vrsti alata tj. o nameni alata, pa prema tome birati onu grupaciju čelika koja će najboljom kombinacijom dodatih legirajućih elemenata i odgovarajućom termičkom obradom dati najpogodnija tražena svojstva za tu vrstu alata. Jedan od najvažnijih problema čelika za alate za rad u hladnom stanju je postizanje kompromisa izmedju dva najtraženija zahteva, odnosa tvrdoće i žilavosti. Obzirom na zahteve koji se traže od alata za rad u hladnom stanju najčešće je korišćena grupacija legiranih čelika.

3.1.1. Čelici sa 12% Cr.

Čelici iz ove grupe se najčešće primenjuju u savremenoj industrijskoj praksi. Odlikuju se velikom tvrdoćom posle kaljenja (60-64 HRC), velikom postojanošću na habanje uz zadovoljavajuću žilavost.

Prema procentu ugljenika ova grupa se deli na dve podgrupe i to:

- čelici sa sadržajem 2% C.
 - a) Č.4650 -OCR 12 sp (W.Nr. 1.2436)
 - b) (W.Nr. 1.2090)
- čelici sa sadržajem 1,6% C.
 - a) Č.4750 -OCR 12 ex (W.Nr. 1.2601)
 - b) Č.4850 -OCR 12 VM (W.Nr. 1.2379)
 - c) (W.Nr. 1.2880)

Čelici sa sadržajem ugljenika od 1,6% su nešto žilaviji od čelika sa 2% C, pa se upotrebljavaju za složenije tiskače. Od ove grupe najviše je u upotrebi Č.4750, kao visokokvalitetan alatni čelik sa visokim sadržajem hroma uz dodatak Mo i V. Odlikuje se velikom žilavošću zbog malog sadržaja ugljenika i dodatka Mo.

3.1.2. Čelici sa povećanom žilavošću.

Tiskači složenog oblika zahtevaju veću žilavost pa se za njihovu izradu primenjuju čelici sa manjim sadržajem ugljenika. Pored hroma dodje se kao leg. element nikal.

(W.Nr. 1.2721) sa 0,5% C; 1,4% Cr; 3,3% Ni.

3.2. Brzorezni čelici.

Po svojim svojstvima razlikuju se od svih drugih alatnih čelika. Dodaci Cr, W, Mo, V i Co u tačno određenim međusobnim odnosima, uz odgovarajući odnos C, definišu osnovna svojstva brzoreznih čelika. Poseban način termičke obrade alata omogućava da se postignu specijalna svojstva među kojima je najvažnija postojanost protiv popuštanja na osnovu jako izraženog efekta sekundarne tvrdoće. To uslovljava postojanost svojstava pri radu na povišenim temperaturama, tako da obezbeđuje rad pri velikim brzinama. Svi legirajući elementi izuzev Co grade karbide. Dodatak Mo grupi ovih čelika obezbeđuje veliku žilavost.

Ma da se brzorezni čelici koriste najčešće pri radu na visokim temperaturama, pokazalo se da pri utiskivanju na sobnoj temperaturi brzorezni čelici pružaju dobru žilavost uz visoku pritisnu čvrstoću ($300-320 \text{ daN/mm}^2$).

Brzorezni čelik domaće proizvodnje, dobijen klasičnim postupkom prerade, koji se primenjuje za izradu tiskača je:

Č.7680 - BRM 2 (W.Nr. 1.3343)

Sastav legiranja i dobra termička obrada obezbeđuju maksimalnu kombinaciju velike tvrdoće i dobre žilavosti, za ovaj Mo brzorezni čelik, koja se uopšte može postići u brzoreznih čelika.

3.3. Brzorezni čelici dobijeni metodom metalurgije praha.

U novije vreme koriste se brzorezni čelici dobijeni metodama metalurgije praha (sinterovanjem) kao alatni materijal. Ova grupa brzoreznih čelika ima prednosti u odnosu na iste dobijene klasičnim postupkom, jer se sinterovanjem ostvaruje sitnozrna struktura kao i ravnomernija raspodela karbida u osnovnoj masi čelika. Sve ovo obezbeđuje bolju žilavost i smanjenje grešaka termičke obrade (deformacije i naprsline) tako da se dobija ravnometerna tvrdoća. Od ove vrste materijala probno su radjeni i tiskači i pokazali su dobra rezultate.

3.4. Tvrdi metali.

Za izradu alata od tvrdih metala karakteristična je kombinacija osnovnih komponenata tvrdih metala usled čega i variraju i osobine pojedinih grupacija. Najčešće se koriste:

a) konvencionalni tvrdi metali, koji su u novije vreme poboljšani tako da imaju bolju tvrdoću (sitnija struktura), otpornost na habanje, dobru čvrstoću i žilavost koja se postiže dodatkom Co.

b) Novi tvrdi metali na bazi TiC sa dodatkom Ni-Mo kao vezivo, što obezbeđuje veliku tvrdoću i zadovoljavajuću žilavost.

Za izradu tiskača korišćeni su sledeći tvrdi metali 2 :

a) 94% (WC+ W_2C); 6%Co sa prit.čvrstoćom od 580 daN/mm^2 .

b) 89% (WC+ W_2C); 11%Co sa prit.čvrstoćom od 465 daN/mm^2 .

c) 85% (WC+ W_2C); 15%Co sa prit.čvrstoćom od 415 daN/mm^2 .

Na osnovi iskustva stečenih sa domaćim materijalima preporučuje se:

- Termičku obradu i popuštanje vršiti prema podacima proizvodjača čelika i pri tome težiti da minimalna tvrdoća iznosi 61 HRC.

Poželjno je da materijal tiskača bude proizveden po EPŽ postupku, jer se time dobija čistiju i homogeniji materijal.

4. Zaključak

Na osnovi izloženog u ovom radu, mogu se izvući sledeći zaključci, i to:

1. Tiskač je u procesu utiskivanja izložen najvećem specifičnom pritisku koji je često puta kritičan za njegovu čvrstoću, pa je potrebno обратити posebnu pažnju na njegovo oblikovanje i izbor materijala.
2. Postoji izvestan broj domaćih čelika koji se sa uspehom mogu primeniti za izradu tiskača, ali razvoj čelika još nije završen pa treba tražiti puteve njihovog bržeg osvajanja.
3. Posebna pažnja se mora posvetiti termičkoj obradi, da bi se mehaničke osobine tiskača podesile zahtevima obrade.
4. Proširenje oblasti primene utiskivanja pretpostavlja primenu materijala sa vrlo velikim pritisnim čvrstoćama, pa je uvodjenje i razvoj tvrdih i sinterovanih materijala od velikog značaja.

Reference

1. Haufe W. Über die Eigenschaften der Werkstoffe beim Kalteinsenken von Werkzeugen, Werkstatttechnik und Maschinenbau, (1956) H. 4.
2. Hoischen J. Belastbarkeit und Abformgenauigkeit der Stempel beim Kalteinsenken, Westdeutscher Verlag, Köln, 1966.
3. Rodič J., Pšeničnik J., Razvoj tehnologije in novih vrst jekel na področju hladnega vtiskovanja. XXI sav. 1976. Portorož, (publ. žel. Ravne).
4. Jovičić M. Osnovne tendencije razvoja alatnih materijala i neki domaći napor u toj oblasti, XII posvetovanje proizvodnega strojništva, Maribor, 1978.

Lj.Janković, D.Vukićević

BEITRAG ZUR BETRACHTUNG DES PROBLEMS DER STEMPEL BEIM KALTEINSENKEN

Das Kalteinsenken von Gravuren hat in den letzten Jahren wachsende Bedeutung erlangt. Die Belastbarkeit der Einsenkstempel ist für die Durchführung einer Einsenkung entscheidend. In Beitrag werden die Einflüsse auf die Druckbelastbarkeit näher untersucht.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

M. Plančak *)

JEDNO REŠENJE ALATA ZA LABORATORIJSKO ISTRAŽIVANJE PROCESA OBRADE SUPROTNO-SMERNIM ISTISKIVANJEM

1. Uvod

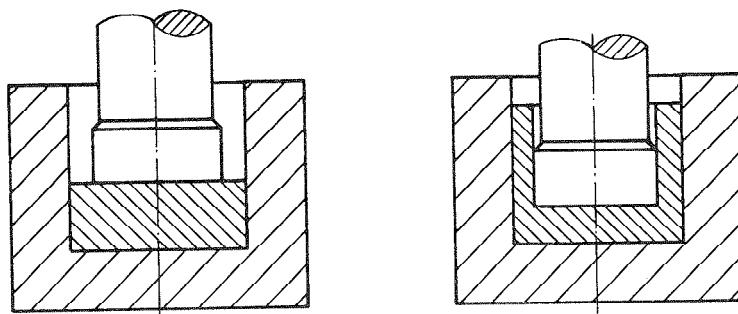
Hladna obrada čelika istiskivanjem u sve većoj meri nalazi mesto u industrijskoj proizvodnji metalnih delova, zamenjujući istovremeno druge tehnologije, pre svega tehnologiju obrade skidanjem strugotina. Ovakav trend razvoja uslovljen je čitavim nizom prednosti koje tehnologija hladnog istiskivanja ima u odnosu na druge tehnologije obrade. Glavne prednosti su:

- ušteda materijala, često i 50 %,
- ušteda u vremenu izrade,
- poboljšanje tehnoloških osobina obratka uslovljeno ojačanjem materijala za vreme obrade i povoljnim tokom vlakana.

Jedan od najčešće primenjivanih vidova hladnog istiskivanja je suprotno-smerno istiskivanje. Ovom vrstom obrade dobijaju se šuplji obradci, kružnog, kvadratnog kao i drugih složenijih poprečnih preseka.

Glavni delovi alata koji se koristi za suprotno-smerno istiskivanje su matrica i žig. Pripremak u obliku valjka ili nekog drugog poprečnog preseka postavi se na dno matrice da bi se na njega delovalo žigom (Sl. 1.). Između žiga i matrice postoji zazor koji je jednak debljinu zida obradka. Pod dejstvom pritiska žiga metal ističe u smeru suprotnom od smera kretanja žiga i na taj način se formira obradak.

*) Mirk E. Plančak, asistent, dipl.inž. Institut proizvodnog mašinstva Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Akademska 3



Sl. 1.

U procesu suprotno-smernog istiskivanja u pravcu ose alata pojavljuju se sledeće sile:

- sila žiga F_z ,
- sila na dnu matrice F_d ,
- sila trenja izmedju materijala i zida matrice.

Pored navedenih sila u jednom radnom ciklusu alternativno deluju i:

- sila izbacivača obradka iz matrice,

ili

- sila skidača obradka sa žigu,

već prema tome da li obradak posle izvršene operacije ostaje u matrići ili na žigu.

Dosadašnja istraživanja suprotno-smernog istiskivanja uglavnom su se ograničavala na određivanje veličine ukupne deformacione sile (sila žiga F_z), kao i utvrđivanje faktora koji utiču na veličinu te sile. Ovakav prilaz istraživanju suprotno-smernog istiskivanja razumljiv je ako se problem posmatra sa aspekta izbora mašine potrebne za izvršenje operacije. U tom slučaju dovoljno je poznavanje ukupne deformacione sile da bi se za dati slučaj odredila potrebna mašina. Međutim, u cilju kompleksnije analize i potpunog sagledavanja mehanizma odvijanja procesa, potrebno je pored ukupne deformacione sile poznavati i ostale komponentalne sile koje se u procesu pojavljuju. Poznavanjem komponentalnih sila i utvrđivanjem zavisnosti njihove

promene od pojedinih uticajnih faktora omogućuje se svestranije sagledavanje procesa u celini. Na taj način moguće je doći do efikasnijih načina za smanjenje veličine kako pojedinih komponentalnih sila tako i ukupne deformacione sile. Pored toga, za konstrukciju pojedinih elemenata alata, takodje je od velike važnosti poznavanje komponentalnih sila.

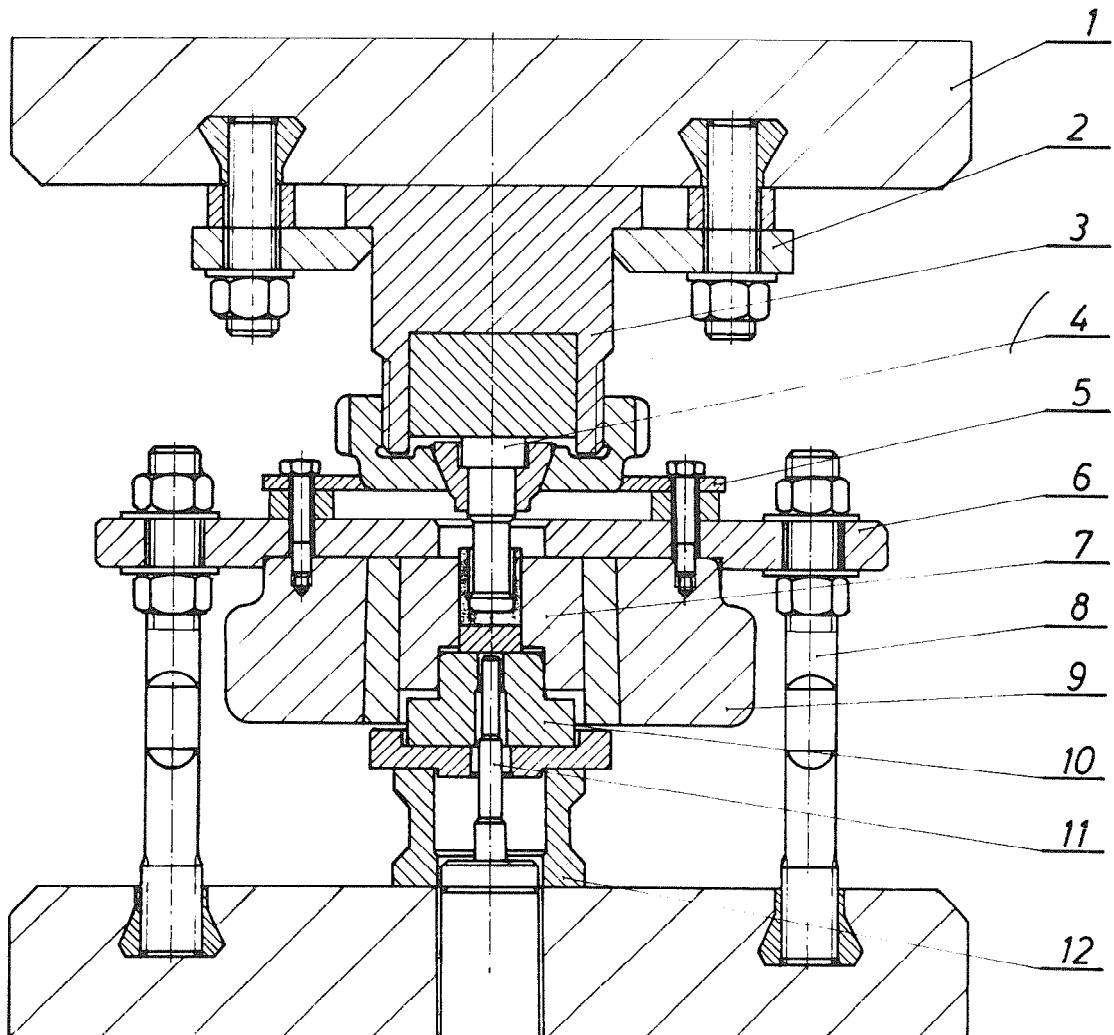
Na Institutu proizvodnog mašinstva Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, u okviru istraživanja procesa suprotno-smernog istiskivanja koncipiran je, konstruisan i izведен alat pomoću koga je moguće u toku izvodjenja procesa meriti силу trenja izmedju materijala i zida matrice, силу na dnu matrice kao i силу izbacivača obradka iz matrice. U daljem tekstu biće dat detaljan prikaz tog alata kao i rezultati merenja pomenutih komponentalnih sila u toku procesa.

2. Prikaz konstrukcije alata

Na sl. 2. prikazan je alat u trenutku završetka procesa deformisanja. Žig (4) je preko zatezne navrtke i posebnih steznih elemenata (2 i 3) pričvršćen za gornji sto mašine (1). Matrica (7) koja se nalazi u ojačavajućim prstenovima (9) je preko gornje ploče (6) i mernih vijaka (8) vezana za donji sto mašine. Dno matrice je potpuno nezavisno od zida matrice i sastoji se iz pločice koja se oslanja na čauru (10), zatim podložne ploče i mernog cilindra (12). Merni cilindar i čaura su tako konstruisani da omogućavaju neometan prolaz izbacivaču (11) prema pločici. Na slici 3. prikazani su elementi alata u demontiranom stanju.

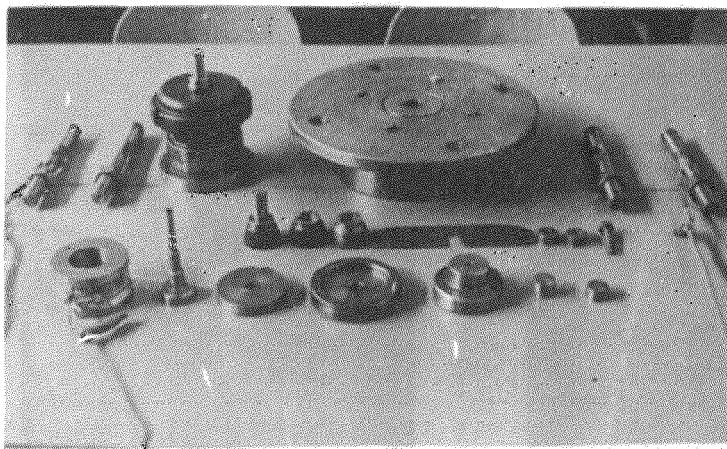
Za vreme izvodjenja procesa, sila koja deluje na dno matrice prenosi se preko čaure i podložne ploče na merni cilindar gde se registruje. Sila trenja na zidu matrice javlja se kao rezultat relativnog kretanja materijala i zida matrice. Ova sila teži da pomeri matricu u smeru suprotnom od smera kretanja žiga. Obzirom na to da je matrica sa pojačavajućim prstenovima preko mernih vijaka čvrsto vezana za sto mašine, pomeranje matrice je onemogućeno. Sila trenja se pojavljuje kao zatezna sila u mernim vijcima gde se istovremeno registruje.

Posle završetka procesa deformisanja potrebno je obradak izbaciti iz matrice. U tu svrhu se aktivira izbacivač koji svojim kretanjem na gore podiže pločicu a samim tim i izbacuje obradak iz matrice. Sila izbacivača potrebna je da bi se savladala sila trenja izme-



Sl. 2.

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Gornji sto mašine | 7. Matrica |
| 2. Stezni element | 8. Merni višak |
| 3. Nosač žiga | 9. Ojačavajući prsten |
| 4. Žig | 10. Čaura |
| 5. Skidač | 11. Izbacivač |
| 6. Gornja ploča | 12. Merni cilindar |



S1. 3.

dju obradka i zida matrice. Izmedju te dve sile u toku procesa izbacivanja vrada ravnoteža zbog čega se merenje sile izbacivanja takodje vrši na mernim vijcima.

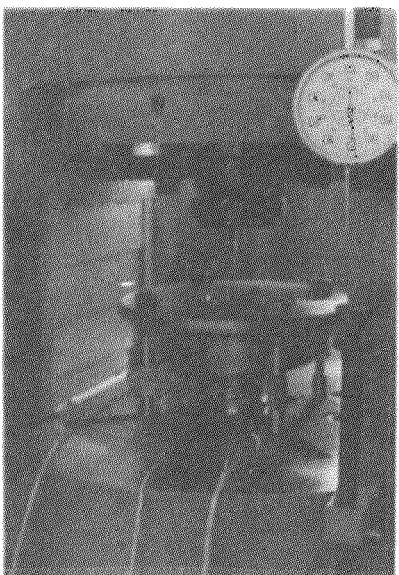
Konstrukcija alata prilagodjena je mašini na kojoj je alat kasnije bio montiran i na kojoj su vršeni eksperimenti. To je hidraulična presa trostrukog dejstva Sack u. Kieselbach od 630 Mp.

Aktivni delovi alata izradjeni su u fabriči "Morava" Požarevac.

Na slikama 4. i 5. prikazan je opisan alat ugradjen u mašinu i to snimljen iz dva različita ugla.

3. Tehnika merenja sila u toku procesa

Merenje sile na dnu matrice, sile trenja na zidu matrice kao i sile izbacivanja vrši se pomoću mernih traka koje su nalepljene na merne vijke i merni cilindar. Princip merenja sile preko mernih traka sastoji se u tome da se elastična deformacija mernog elementa a time i elastična deformacija merne trake koja se nalazi nalepljena na njemu pretvara u električni signal. Ovaj signal se posle pojačavanja registruje na pisaču ili na neki drugi način. Prethodnim baždarenjem dolazi se do odnosa izmedju veličine sile i vrednosti električnog signala sa merne trake. Ovaj odnos služi za određivanje raz-



S1. 4.



S1. 5.

mere izmedju ordinate na pisaču ucrtanog dijagrama i vrednosti stvarne sile kojom je opterećeno merno telo.

Poprečni preseci mernih těla (nosača mernih traka) treba da budu toliki da su njihove deformacije usled sila kojim su oni opterećeni nailaze u granici elastičnosti. Najoptimalnije je ako se te deformacije kreću u granici $\varepsilon = 0,07 \% - 0,15 \%$. Koristeći se tim podatkom i pretpostavljajući силу na dnu matrice od 60 MP , izvršen je proračun mernog cilindra na način kako je to u daljem tekstu prikazano.

Površina poprečnog preseka šupljeg cilindra iznosi:

$$A = \frac{\pi}{4} / D_s^2 - D_u^2 /$$

D_s - spoljašnji prečnik mernog cilindra

D_u - unutrašnji prečnik mernog cilindra

Usvaja se $D_u = 44 \text{ mm}$.

Iz jednakosti: $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$

uz usvojeno: $\varepsilon = 0,1 \%$; $E = 0,001$

sledi:

$$0,001 = \frac{F}{A}$$

$$21000$$

$$A = \frac{F}{21} = \frac{\pi}{4} / D_s^2 - 44^2 / \quad [mm^2]$$

Iz gornje jednakosti dobija se veličina spoljašnjeg prečnika mernog cilindra u zavisnosti od sile:

$$D_s = \sqrt{\frac{F}{21} + 1520}$$

$$0,785 \quad [mm]$$

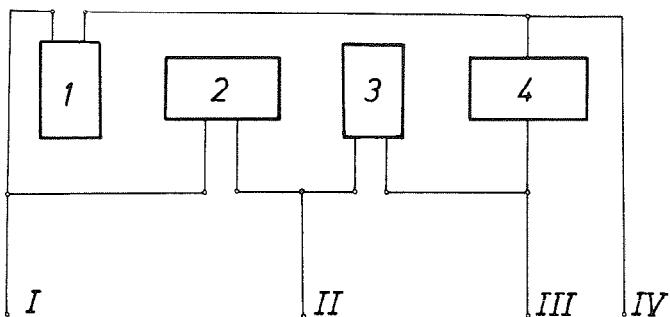
Obzirom na pretpostavku da sila iznosi 60 Mp, spoljni prečnik iznosi:

$$D_s = 74,6 \text{ mm.}$$

usvojeno $D_s = 75 \text{ mm.}$

Visina mernog dela cilindra treba da je dovoljna da bi se neometano mogle nalepiti trake a sa druge strane ne treba biti previše velika jer se na taj način smanjuje stabilnost celog alata.

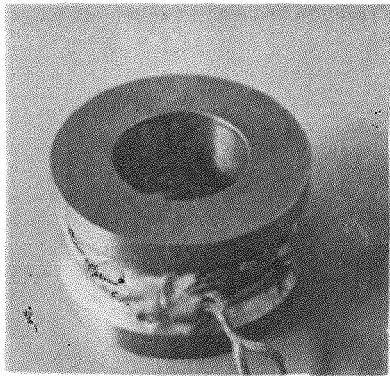
Po obimu mernog cilindra zlepiljene su četiri merne trake koje su vezane u Wheatston-ov most i to prema šemii prikazanoj na slici 6.



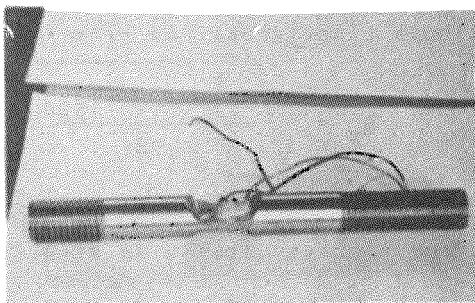
S1. 6.

Trake 1. i 3. zapepljene su u pravcu izvodnice cilindra i to su aktivne trake. Pomoću njih se mere elastične deformacije mernog tela. Trake 2. i 4. postavljene su normalno na izvodnicu cilindra i pomoću njih se kompenzuje topotna dilatacija kao i eventualno savijanje mernog cilindra.

Na slici 7. prikazan je merni cilindar sa nalepljenim mernim trakama na njegovoj spoljnoj površini.



S1. 7.



S1. 8.

Na potpuno analogni način izvršno je dimenzioniranje mernih vijaka, prikazanih na slici 8.

Signali sa mernih traka pojačavani su u pojačavaču, a zatim registrovani na pisaču. Primjenjene mernе trake su tipa:

H u. B Typ 6/120 LY 21; K = 2,06 \pm 1

Pojačalo korišćeno u eksperimentima je tipa:

H u. B KWS6A - 5,

a pisač:

AF 8 UV - G

Za registrovanje signala na pisaču korišćen je papir:

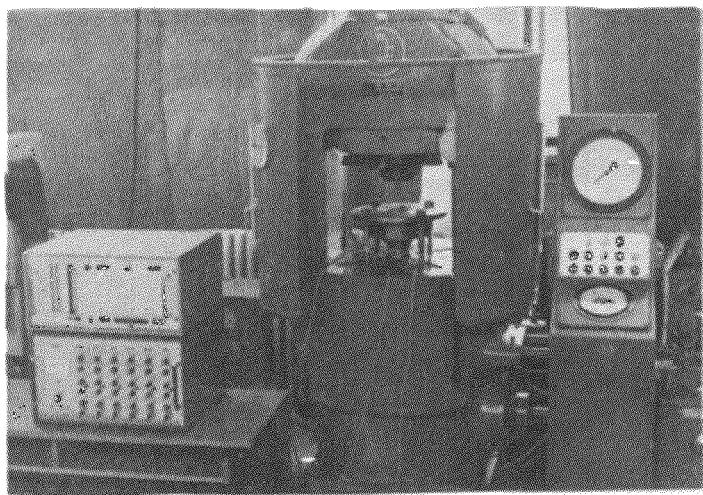
Kodak - "Linograph - direct print paper, tip 1895 standard!"

Na slici 9. prikazana je mašina sa ugradjenim alatom i mernim instrumentarijom.

4. Proces rada i verifikacija funkcionalnosti alata

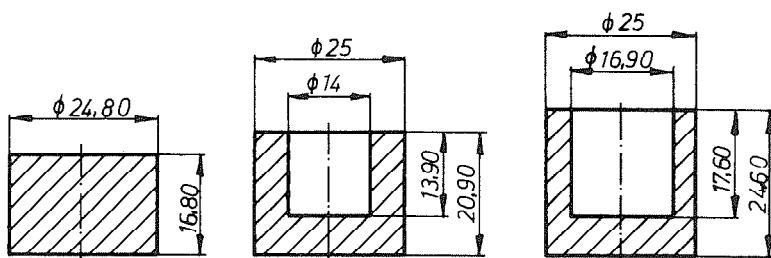
Na prikazanom alatu vršena su merenja komponentalnih sile u procesu suprotno-smernog istiskivanja i to za dva različita slučaja

XI - 9

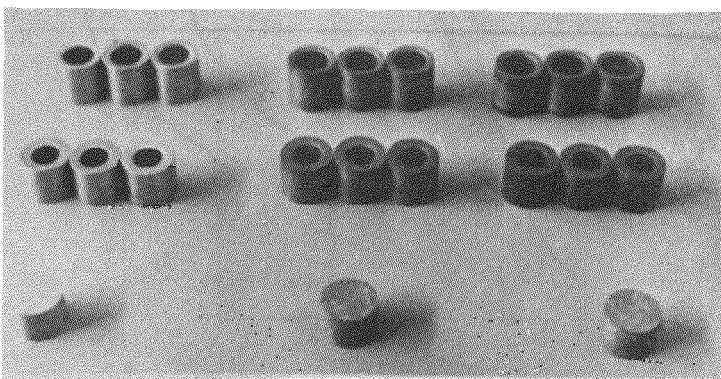


S1. 9.

veličine deformacije. Pripremak je u oba slučaja bio isti (sl. 10.), a veličina i logaritamske deformacije je u prvom slučaju iznosila $\varphi = 38\%$ a u drugom $\varphi = 61\%$. Takođe je vršeno variranje uslova trenja čime se htelo ispitati uticaj vrste podmazivanja na veličinu sile trenja na zidu matrice. Pripremci i obradci za tri različita uslova trenja prikazani su na slici 11.

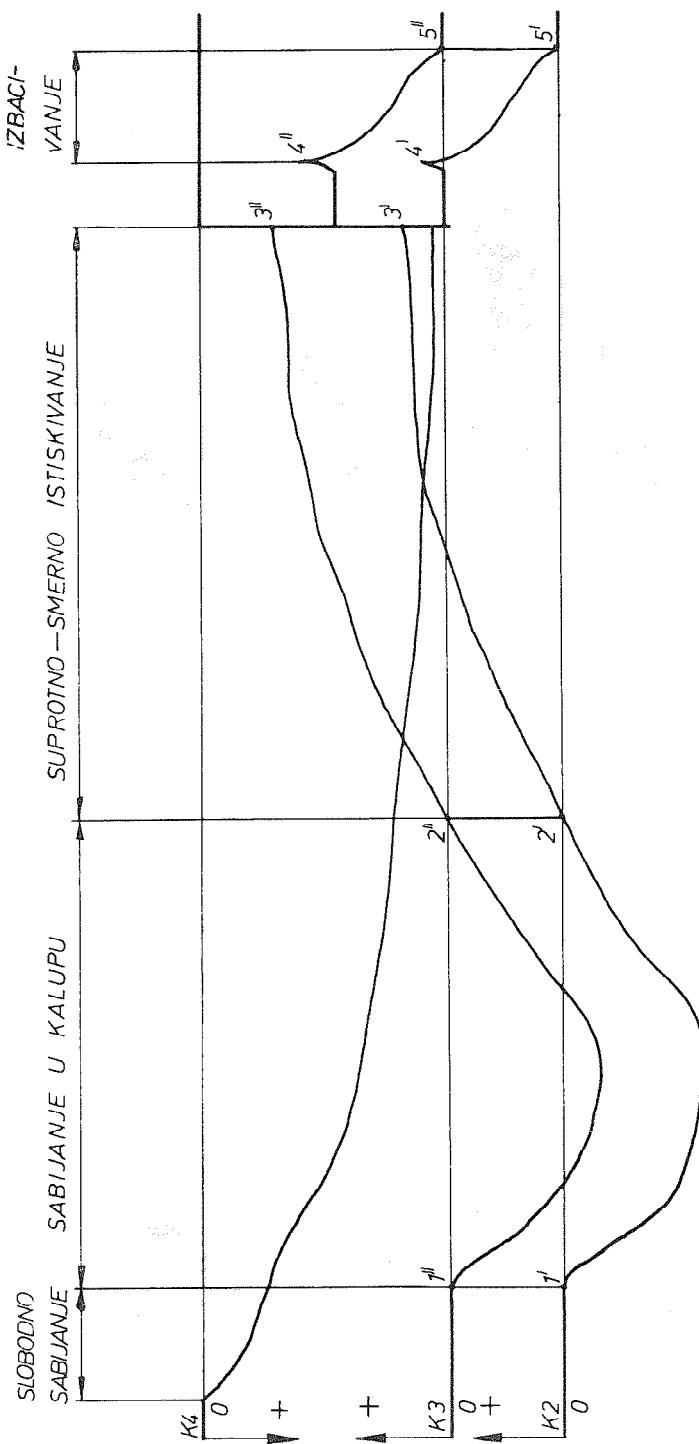


S1. 10.



S1. 11.

XI - 10



S1. 12.

Na slici 12. prikazan je dijagram toka sila za vreme odvijanja procesa. Na kanalu 4. registrovana je sila na dnu matrice, a na kanalima 2. i 3. sila u mernim vijcima, tj. sila trenja na zidu matrice. Za merenje sile trenja korišćena su dva merna vijka. Dijagrami na kanalu 4. i kanalima 3. i 2. prikazani su u različitim razmerama, a takođe su im i pozitivni znaci ordinate (sile) usmereni u različitom smeru.

Analizom snimljenih dijagrama može se zaključiti da se proces suprotno-smernog istiskivanja obavlja u četiri faze koje kontinualno slede jedna za drugom.

U prvoj fazi dolazi do slobodnog sabijanja pripremka u matrici, jer je njegov prečnik manji od prečnika matrice. Obzirom na to da u toj fazi pripremak još nije u direktnom kontaktu sa zidom matrice, to se na zidu ne pojavljuje još nikakva sila. Ovo se slikovito vidi na dijagramu toka sila gde na kanalu 2. i 3., gde se registruju sile u mernim vijcima, ne postoji nikakav signal. Jedina sila koja se u toj fazi registruje je sila na dnu matrice (kanal 4) i njen tok je identičan sa tokom sile u procesu slobodnog sabijanja.

U trenutku kada je pripremak došao u kontakt sa zidom matrice počinje druga faza procesa. To još uvek nije suprotno-smerno istiskivanje nego se ovde radi o sabijanju u kalupu. Pripremak se sabija, a sve veći broj tačaka njegovog omotača dolazi u direktni kontakt sa zidom matrice. Obzirom da se materijal i dalje kreće u smeru kretanja žiga, to su merni vijci u ovoj fazi opterećeni na pritisak (odsečci 1"-2" i 1" - 2").

Kada je žig dovoljno duboko prodro u materijal, delovi materijala izmedju žiga i zida matrice počinju da teku u smeru suprotnom od smera kretanja žiga. Ovim kretanjem nastaje i sila trenja na zidu matrice koja opterećuje vijke na zatezanje. Ovo je treća faza procesa. Tek u ovoj fazi materijal teče suprotno od smera kretanja žiga obrazujući na taj način zid obradka (odsečci 2"-3" i 2" - 3").

Posle određenog puta žiga, sila na dnu matrice i sila trenja na zidu matrice postaju konstantne, tj. proces je ušao u stacionarnu fazu.

Četvrta faza predstavlja izbacivanje obradka iz matrice (odsekak 4"-5" i 4" - 5"), a sila izbacivanja ima svoj maksimum na početku procesa izbacivanja, da bi približno linearno opadala u toku izbaciva-

nja. Ovo se objašnjava činjenicom da je sila izbacivanja proporcionalna površini kontakta materijala i zida matrice, a taj kontakt se pri konstantnoj brzini izbacivača linearno smanjuje.

5. Zaključak

U radu je prikazan alat za laboratorijsko ispitivanje procesa suprotno-smernog istiskivanja koji je koncipiran, konstruisan i izveden na Institutu proizvodnog mašinstva u Novom Sadu. Prikazani alat omogućuje merenje komponentalnih sila za razne uslove koji vladaju za vreme izvodjenja procesa, a na taj način omogućuje se analiza uticajnih faktora na energetske parametre procesa, na kvalitet obradka, kao i na opterećenje pojedinih elemenata alata. Posebno, alat pruža mogućnost analize uticaja kontaktnog trenja na gore pomenute parametre. Merni sistem je integralni deo alata a izradjen je na bazi tehnike mernih traka.

Za potrebe daljih istraživanja predviđa se dalje usavršavanje alata. Sledеći korak u tom pravcu je taj da se na alatu omogući merenje ne samo komponentalnih sила u pravcu ose alata (aksijalnom pravcu), nego i merenje radijalnih sила i napona koji se javljaju za vreme izvodjenja procesa. Takođe se predviđa automatska elektronska obrada dobijenih rezultata. U tu svrhu bi elektronski signali sa alata bili uvodjeni u računar koji bi, već prema postavljenom programu vršio njihovu obradu. To bi bio dalji korak u cilju ostvarenja potpuno automatskog upravljanja procesom suprotno-smernog istiskivanja.

Reference

1. K.Lange: Umformtechnik, Band 2 Massivumformung, Springer Verlag Berlin - Heidelberg - New York 1974.
2. G.Schmitt: Untersuchungen über das Rückwärts-Napffliespressen von Stahl bei Raumtemperatur, Girardet, Essen 1968.
3. K.Kuzman, A.Razinger: Posebnosti domaćih jekel za hladno masivno preoblikovanje, ŽEZB 11 1977.
4. Messtechnische Briefe HBM Heft 2, 1975, Heft 1 1977.

5. VDI-Richtlinie 3138 Bl. 1: Kaltfliesspressen von Stählen und NE-Metallen, Grundlagen. Ausgabe Okt. 1970.
6. Kast, D.: Modellgesetzmässigkeiten beim Rückwärtsfliesspressen geometrisch ähnlicher Näpfe. Ber. aus dem Inst. Umformtechn., Univ. Stuttgart, Nr. 13. Essen: Girardet 1969.
7. Steck, E.: Numerische Behandlung von Verfahren der Umformtechnik, Ber. aus dem Inst. Umformtechn., Univ. Stuttgart, Nr. 22. Essen: Girardet 1971.

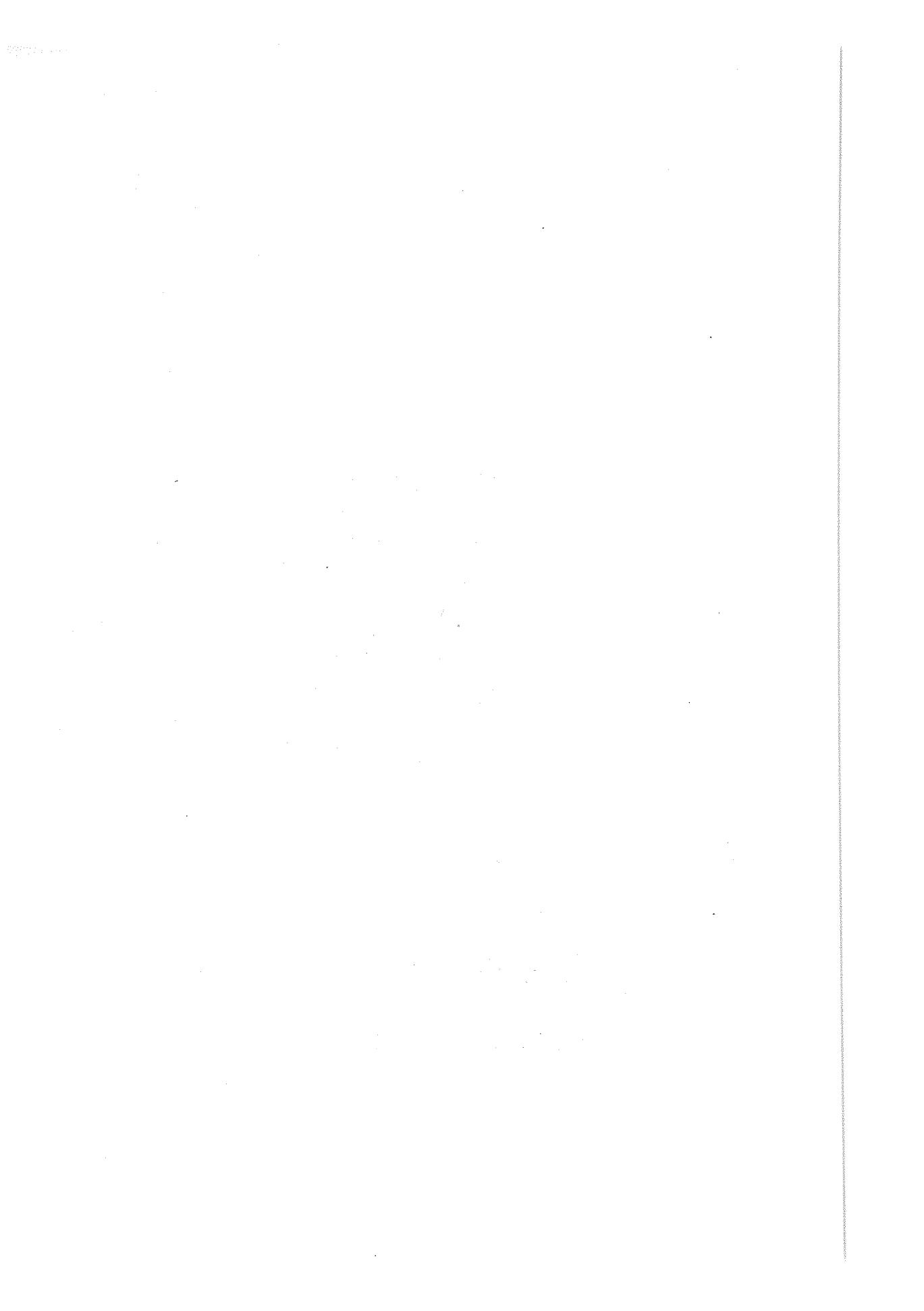
EIN WERKZEUG FÜR DIE LABOR-UNTERSUCHUNG VON RÜCKWÄRTSNAPFFLIES-PRESSEN

- Zusammenfassung -

In diesem Bericht ist ein Werkzeug für Labor - Untersuchungen von Rückwärts-Napffliesspressen dargestellt. Das Werkzeug wurde am Institut für Maschinenbau und Fertigungstechnik der FTN in Novi Sad, konstruiert und ausgeführt.

Das im Bericht dargestellte Werkzeug ermöglicht getrennte Identifikation von Komponentalkräften die in einem Rückwärts-Napffliesspressen Prozess entstehen. Besonders ist das Werkzeug für die Analyse von Reibkräften an der Matrizenwand geeignet.

Die Messung der oben erwähnten Kräften, erfolgt mit Hilfe von Dehnungsmessstreifen.



XIIth SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

O. Miletić*)

VALJANJE NEPROLAZNOG METRIČKOG NAVOJA S TROUGLASTIM ISO PROFILOM

1. Uvod

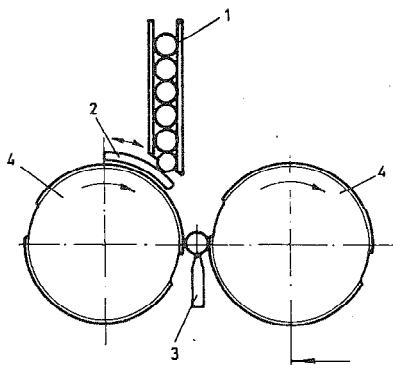
Valjanje navoja se može izvoditi na prolaznim i neprolaznim navojima. Pri valjanju neprolaznog navoja, nema kretanja radnog predmeta u aksijalnom pravcu. Dakle, valjanje se izvodi plastičnom deformacijom hladnim postupkom pri čemu radni predmet dobija oblikovane navoje na vanjskoj površini istiskivanjem - gnječenjem medju alatima. Potrebni promjer navojnog dijela dobija se valjanjem pripremljenog radnog predmeta čiji se promjer kreće u granicama vrijednosti srednjeg teorijskog promjera /4/

Izrada navoja valjanjem ostvaruje se prema metodama prikazanim na slikama od 1 do 5.

Alat za utiskivanje navoja na radnom predmetu, vršeći plastičnu deformaciju ostavlja navoj suprotnog uspona svome usponu. Vlakna materijala se ne prekidaju, već mijenjaju položaj rasporedujući se tako da ka vanjskoj površini vlakna postaju gušća, čime se povećava dinamička otpornost ovako obradjenih elemenata. Ovim se, takodje, postiže površinska tvrdoća (utvrđena po Billigmamn-u /1/) i kvalitet obradjene površine koji se iskazuje hrapavošću bokova profila navoja (sl. 6 i tabela 1).

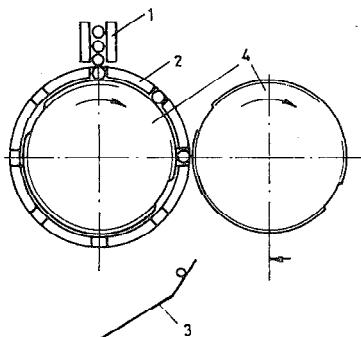
*) Ostoja S. Miletić, dipl.inž., asistent Mašinskog fakulteta u Banjaluci.

**) Radjeno u RMK Zenica kao dio teme "Poboljšanje tehnologije u proizvodnji neumirenih čelika"



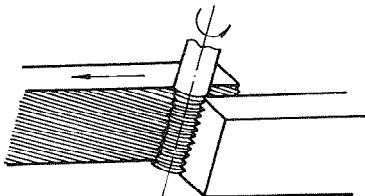
Sl. 1. - Automatsko valjanje valjicima sa dva segmenta uz upotrebu pljosnatog potpornog lenjira:

- 1 - kanal za doziranje
- 2 - dozator
- 3 - potporni lenjir
- 4 - segmentni valici



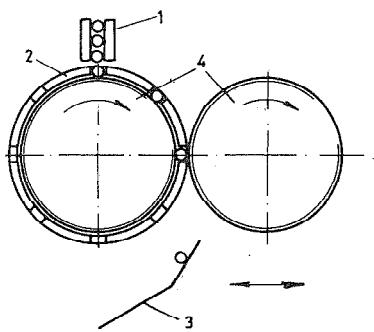
Sl. 2. - Automatsko valjanje valjicima sa dva segmenta uz upotrebu kružnog potpornog lenjira koji ima ulogu i dozatora:

- 1 - kanal za doziranje
- 2 - dozator - lenjir
- 3 - odvodni transporter
- 4 - segmentni valjci



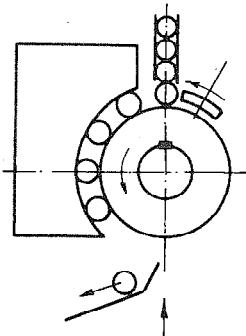
Sl. 3. - Automatsko valjanje pločama za valjanje

XII - 3

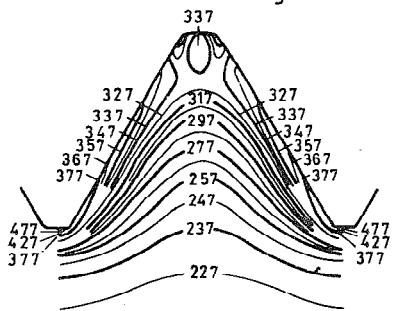


Sl. 4. - Automatsko valjanje cilindričnim valjcima uz upotrebu kružnog potpornog lenjira:

- 1 - kanal za doziranje
- 2 - dozator - lenjir
- 3 - odvodni transporter
- 4 - cilindrični valjci



Sl. 5. - Automatsko valjanje s nepokretnim segmentom i cilindričnim valjkom



Sl. 6. - Tvrdoća (HB) po presjeku profila navoja vijka od materijala Č 4732 (po Billigmann-u /1/)

TABELA 1. KVALITET POVRŠINE BOKOVA PROFILA NAVOJA

Način izrade navoja	H r a p a v o s t u μm							
	25	24,6	12,8	6,4	3,2	1,6	0,8	0,4
Struganjem		■■■■■	■■■■■					
Glodanjem			■■■■■	■■■■■				
Brušenjem					■■■■■			
Valjanjem					■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■

2. Koeficijent gnetljivosti materijala pri valjanju navoja

Koeficijent gnetljivosti materijala je

$$C = \frac{F \cdot n_a \cdot N \cdot t}{b \cdot p}, \text{ gdje su:}$$

F - sila pritiska na alatu za valjanje,

n_a - broj obrtaja alata,

N - broj početaka navoja na alatu,

t - vrijeme valjanja,

P - korak navoja radnog predmeta,

b - dužina navojnog dijela.

Eksperimentalno-račumno utvrđivanje vrijednosti koeficijenta gnetljivosti materijala namijenjenih za izradu vijaka proizvodnje Željezara Zenica vršeno je u odnosu na slijedeće reperne elemente:

- valjci FRA - čačak kataloški broj 451,
- F = 700 (kp),
- N = 24 početka,
- $n_a = 20 (\text{min}^{-1})$,
- b = 10 (mm),
- P = 1 (mm),
- prečnik radnog predmeta d = 6 mm

Prema navedenim uslovima za materijal Č.4732 zatezne čvrstoće $\sigma_m = 100 (\text{kp/mm}^2)$ i za t = 3 (sec) dobija se vrijednost koeficijenta

$$C = 1,0 \cdot 10^5$$

U odnosu na materijal Č.4732 dobijeni su slijedeći podaci za ostale materijale:

- za materijal MV2, $C = (0,7 - 0,85)10^5$
- za materijal MV3, $C = (0,6 - 1,3)10^5$
- za materijal Č.1430, $C = (0,8 - 1,8)10^5$
- za materijal Č.1530, $C = (0,7 - 0,85)10^5$

3. Sila pritiska pri valjanju i broj obrtaja alata i radnog predmeta

3.1. Sila pritiska na valjcima

Sila pritiska definiše se u zavisnosti od vrste materijala, dužine navojnog dijela i koraka navoja

$$F = \frac{C \cdot P \cdot b}{n_a \cdot N \cdot t}, \text{ gdje su:}$$

C - koeficijent gnetljivosti materijala,

P - korak navoja,

b - dužina navoja,

n_a - broj obrtaja alata,

N - broj početaka navoja na alatu,

t - vrijeme valjanja

Uzimajući pomenute reperne elemente utvrđene su vrijednosti sile pritiska na valjcima u zavisnosti od materijala i koraka prikazanim po područjima na slici 7.

3.2. Broj obrtaja radnog predmeta

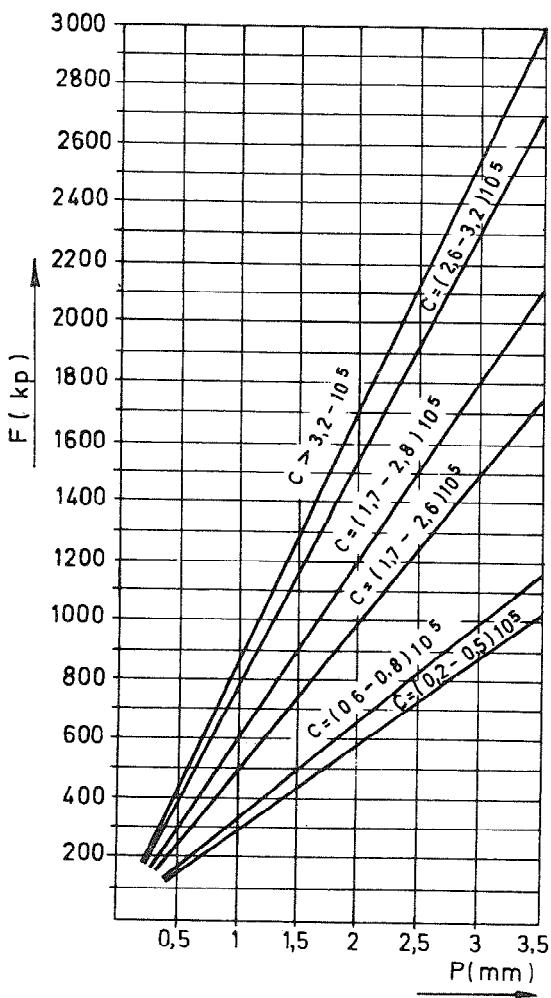
Broj obrtaja radnog predmeta pri valjanju

$$n_p = \frac{N \cdot t \cdot n_a}{60}, \text{ odnosno}$$

$$n_p = \frac{b \cdot P}{6F} \cdot C$$

Broj obrtaja radnog predmeta u zavisnosti od vrste materijala kreće se u granicama od 250 do 550 (min^{-1}), a u zavisnosti od alata dat je izrazom $n_p = 3d N / 2$.

Zavisnosti broja obrtaja radnog predmeta od vrste materijala prikazana je na slici 8.

Sl. 7. - $F = f(C, P)$

3.3. Broj obrtaja alata

Broj obrtaja alata u funkciji od vrste materijala i prečnika radnog predmeta prikazan je grafički na slici 9.

4. Posmak alata i njegov vijek trajanja

Posmak alata u odnosu na jedan puni obrtaj radnog predmeta dat je izrazom

XII - 7

$$s = \frac{2H_1 - d + d'_2}{t \cdot n_a \cdot N} \cdot 60, \text{ gdje su:}$$

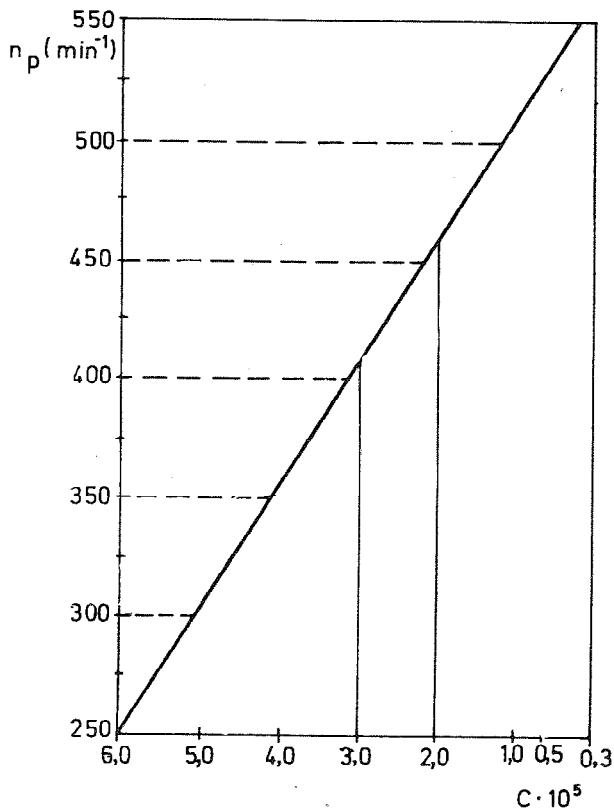
H_1 - dubina nošenja navoja

d - nazivni prečnik radnog predmeta

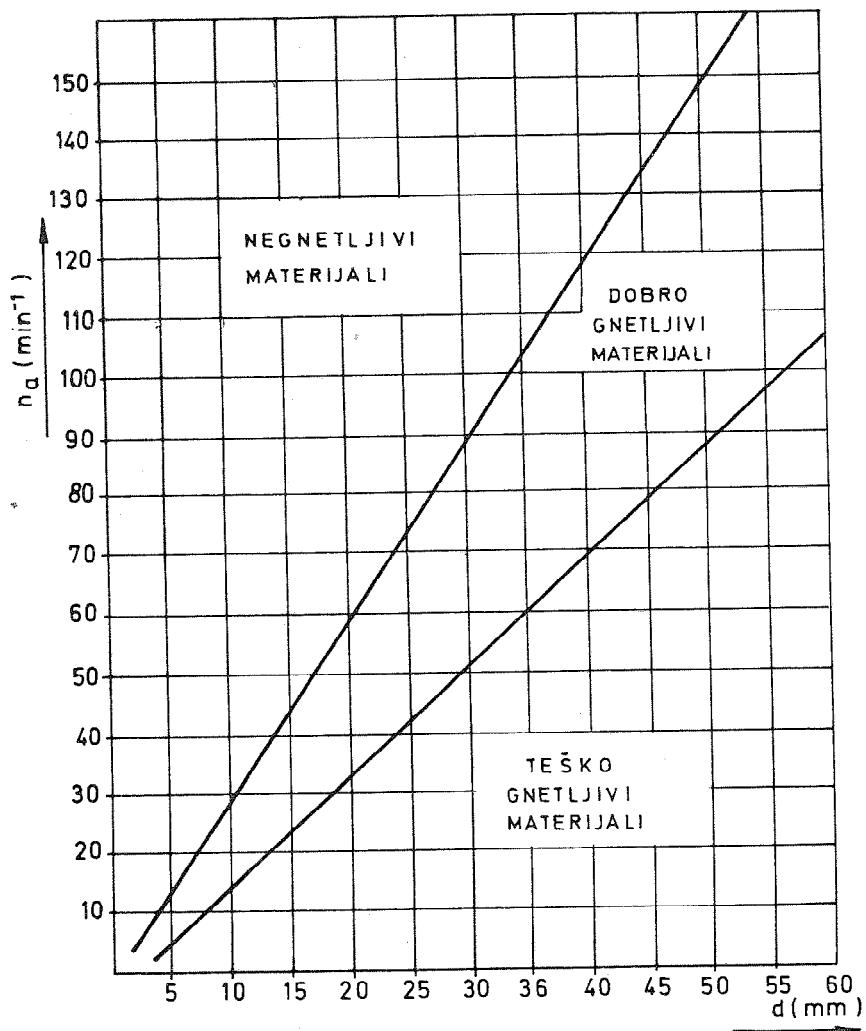
d'_2 - prečnik pripremka /5/

Vijek trajanja alata iskazan brojem izvaljanih radnih predmeta do prve reparacije alata

$$T_c = \frac{N}{C} \cdot 10^9$$



$$\text{Sl. 8.} - n_p = f(C)$$



Sl.9. - Grafički prikaz zavisnosti broja obrtaja alata od vrste materijala i prečnika radnog predmeta, odnosno područja gnetljivosti tretiranih materijala za izradu višaka

5. Zaključak

U radu su odredjena područja u kojima se nalaze parametri koji karakterišu čelik sa stanovišta njegove sposobnosti za valjanje navoja. Deformacija pri valjanju navoja hladnim postupkom odvija se pod uslovima smanjene plastičnosti uz porast čvrstoće i granice razvlačenja. U kojoj će se mjeri ovi parametri mijenjati zavisi od početnih - ulaznih osobina materijala i stepena deformacije pri valjanju navoja.

Prije valjanja navoja na radnom predmetu vrši se priprema, kovanje glave i redukcija dijela stabla vijka za navoj tako da i u ovom dijelu obrade materijal trpi velike deformacije. Pri ovakvom stepenu prerade pojedine zone na uzdužnom ili poprečnom dijelu vijka imaju veoma različite vrijednosti čvrstoće i tvrdoće. Kod formiranja navoja valjanjem, deformacija je u izvjesnim zonama presjeka skoro do dva puta veća u odnosu na druge zone.

Literatura

- /1/ J. Biliemann, Stanchen und Pressen, München, 1953
- /2/ A. Stewscvvits, Gewinde mit metrischen profil grenzmage, Berlin, 1975
- /3/ Z. Rašeta, Pregled i problematika čelika za masovnu proizvodnju vijaka, navrtki i sličnih elemenata, Beograd, 1968
- /4/ O. Miletić, čelici za vijke i navrtke, Zenica, 1976 (neobjavljeno)
- /5/ O. Miletić, Kovanje vijaka na višestepenim presama hladnim postupkom, Zbornik radova 1, Banjaluka, 1978
- /6/ O. Miletić, "TEKS-Samobušeći vijci", Zenica, 1976
- /7/ x x x , Kataloški materijali mašina za valjanje navoja po sistemu Pee - Wee
- /8/ P. Stanić, O. Miletić, Ispitivanje i analiza materijala MV2 u odnosu na standardne materijale za vijke, Zenica, 1976
- /9/ x x x , JUS M.B1.023: Tehnički propisi za izradu i isporuku vijaka i navrtki višeg kvaliteta, 1964
- /10/ x x x , DIN 267: Schrauben, Muttern und ähnliche Gewinde und Formteile, 1962
- /11/ x x x , ASTM A 370: Mechanical, Testing of Steel Products - Supplement III-Steel

- /12/ x x x , P-1: Tehnički propisi za kvalitet niskougljeničnih čelika za izradu vijaka, navrtki i sličnih elemenata, 1968
/13/ Binko Musafia, Obrada metala plastičnom deformacijom, Sarajevo, 1972
/14/ P. Stanković, Obrada metala bez rezanja, Beograd 1966

O. Miletic

VALJANJE NEPROLAZNOG METRIČKOG NAVOJA S TROUGLASTIM
ISO PROFILOM

R e z i m e

U radu su data područja u kojima se nalaze parametri koji diriguju fizikometalurške osobine čelika za hladnu preradu deformacijom. Ako čelik nije dovoljno homogen po presjeku, pri valjanju navoja dolazi do uzdužnih pucanja. Takodjer, je ustanovljen odnos izbora - konstrukcije alata u funkciji uticajnih parametara, posebno sa stanovišta gnetljivosti materijala pri deformaciji hladnim postupkom.

O. Miletic

DAS WALZEN DES UNDURCHGÄNGIGE METRISCHE GEWINDE
MIT DEM DREIECKIGE ISO PROFIL

Z U S A M M E N F A S S U N G

In der Arbeit wurden die Bereichen gegeben, in den Parametern befinden sich, die physikometallurgische Eigenschaften des Stahls um die Kaltverarbeitung die Deformation dirigieren. Wenn der Stahl von Querschnitt ist nicht genug homogen, während des Walzen kommt es bis Längsspalten. Es wurde auch die Beziehung der Wahl der Konstruktionsapparat in der Funktion der beeinflussten Parametern, besonders vom Standpunkt der Knetbarkeit des Materials zu der Kaltverarbeitung der Deformation festgestellt.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Ivan Kodrič *

SMERI RAZVOJA PRI IZDELAVI PASTORKOV **

Prispevek obravnava že vpeljane postopke pri velikoserijski proizvodnji pastorkov za zaganjalnike, kakor tudi novejše tendence pri razvoju na področju hladnega preoblikovanja zobnikov v ISKRI - Industriji avtoelektričnih izdelkov Nova Gorica.

Proces izdelave je namenoma prikazan na tipu pastorka, za katerega smo samostojno projektirali postopek izdelave in z njim vezana orodja, določili tehnologijo, izdelali zahtevna orodja in to iz domačih materialov, uporabili domač reprodukcijski material in ne nazadnje - do sedaj izdelali že 230.000 odgovkov tega pastorka.

1. UVOD

Zastavljen plan proizvodnje deset tisoč zaganjalnikov mesečno, namenjenih na zahtevno zahodno tržišče, postavi pred načrtovalce proizvodnje neločno naložbo: planirati delo v skladu z domačimi realnimi razmerami in možnostmi. Dilemat se tudi v projektiranju postopka izdelave pastorka za zaganjalnik ni mogoče izogniti.

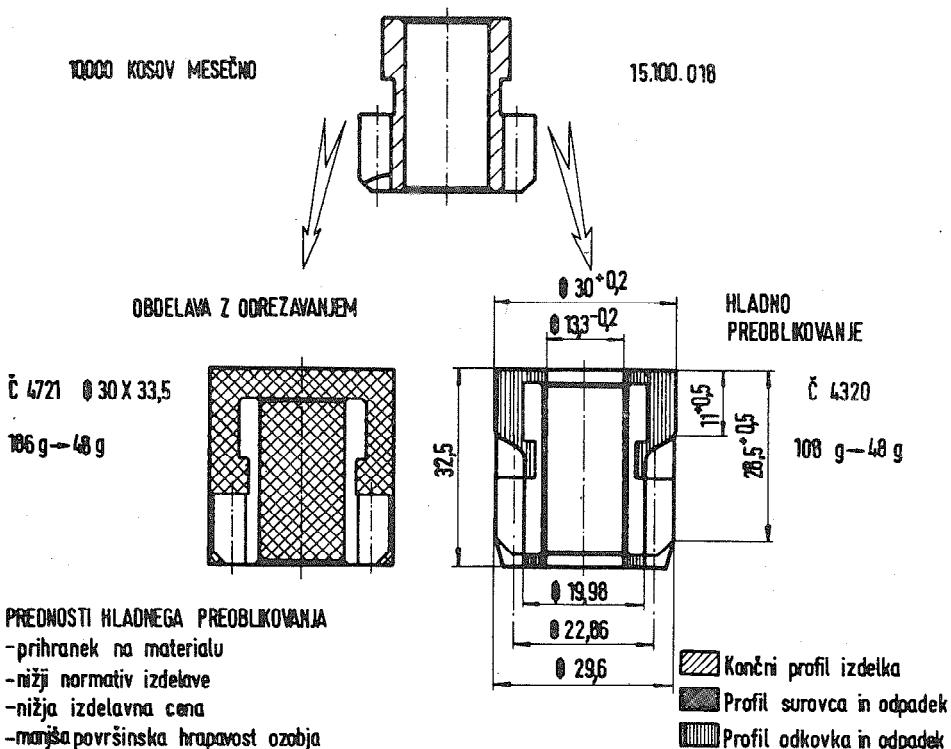
Pastorek je iz tehnično tehnološkega gledišča eden zanimivejših sestavnih delov zaganjalnika. Velike dinamične obremenitve pri sunkovitem vklopu zaganjalnika, velike obodne hitrosti pri prehitevanju zobniškega venca motorja, strogi trajnostni preizkus na eni strani in s tem vezane ostre izdelavne tolerance zobnika na drugi strani, to so zahteve, ki jim je včasih težko ugoditi, posebej če te veljajo za velikoserijsko proizvodnjo. Ostre izdelavne tolerance zobnika, predpisana mera preko dveh zob je znašala z odstopki $W = 12,263 - 0,088$ mm, namreč neposredno vplivajo na pričakovano življensko dobo orodja in s tem na rentabilnost proizvodnje.

*) Ivan Kodrič ing. strojništva, projektant - vodja skupine za hladno preoblikovanje v ISKRI - Industriji avtoelektričnih izdelkov TOZD DES - Nova Gorica.

**) Izdelano v Projektivnem biroju TOZD DES kot del inovacijske naloge pri razvoju preoblikovanja pastorkov za male zaganjalnike.

2. PROJEKTIRANJE POSTOPKA IZDELAVE

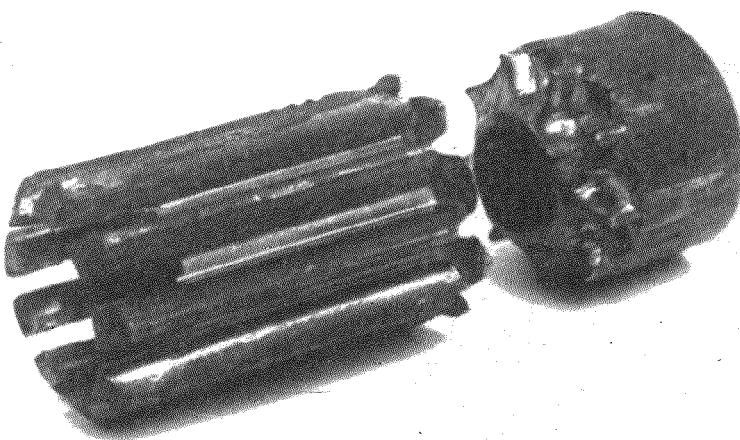
Ekonomski zakonitosti so te, ki nas silijo v uvajanje sodobne tehnologije v proizvodnjo, kar v polni meri velja tudi pri izbiri primernega načina izdelave pastorka. Osnovo pri odločitvi predstavlja ekonomski izračun, ki je ilustriran na spodnji sliki.



Sl. 1. Primerjava med dvema postopkoma izdelave pastorka.

Odločitev samo pa nam v marsičem olajšajo tudi izkušnje v proizvodnji sorodnih pastorkov na klasičen način z odrezavanjem, ki nam je že dobro poznana, kakor tudi izkušnje, ki smo si jih pridobili pri uvajanjtu tehnologije hladnega preoblikovanja sestavnih delov za zaganjalnike malih moči. Izhodišča za projektiranje postopka hladnega preoblikovanja pastorka, za katerega smo se na podlagi primerjav odločili ter konstrukcije potrebnih orodij, iščemo v teoretskih spoznanjih ter izsledkih razmeroma številnih temeljnih raziskav s tega področja, vsklajenih z našimi izkušnjami v praksi.

Surevce iz paličastega jekla preoblikujemo v zehnik v štirih orodjih z vmesnim žarjenjem po tretji preoblikovani operaciji. Pri projektiranju teh orodij se poizkušamo v čimvečji meri približati nekaterim osnovnim načelom. Trdnostna kontrola kritičnih delov orodja - pestičev ter matric, ki bazira na predhodno izračunani preoblikevalni sili ter izračun potrebnega preoblikevalnega dela - te so standardni postopki, mimo katerih ne moremo. Eksaktnejših metod pri izračunu ne uporabljamo, zakaj ne, bo prikazano na primeru določitve pestiča za protismerne iztiskanje, ki bo obdelan v nadaljevanju. Zaradi serijske izdelave obrabljivih delov orodij težimo po čimvečji standardizaciji, zasnova orodja pa mora biti čim bolj prilagodljiva spremembam, ki so pogoste pri začetku preizvodnje. Sprijaznititi se je potrebno tudi z navidez neobično eksploracijo orodja (slika 2), ki je normalna v fazi priučevanja delovne sile in temu prilagoditi načrtovanje orodij.



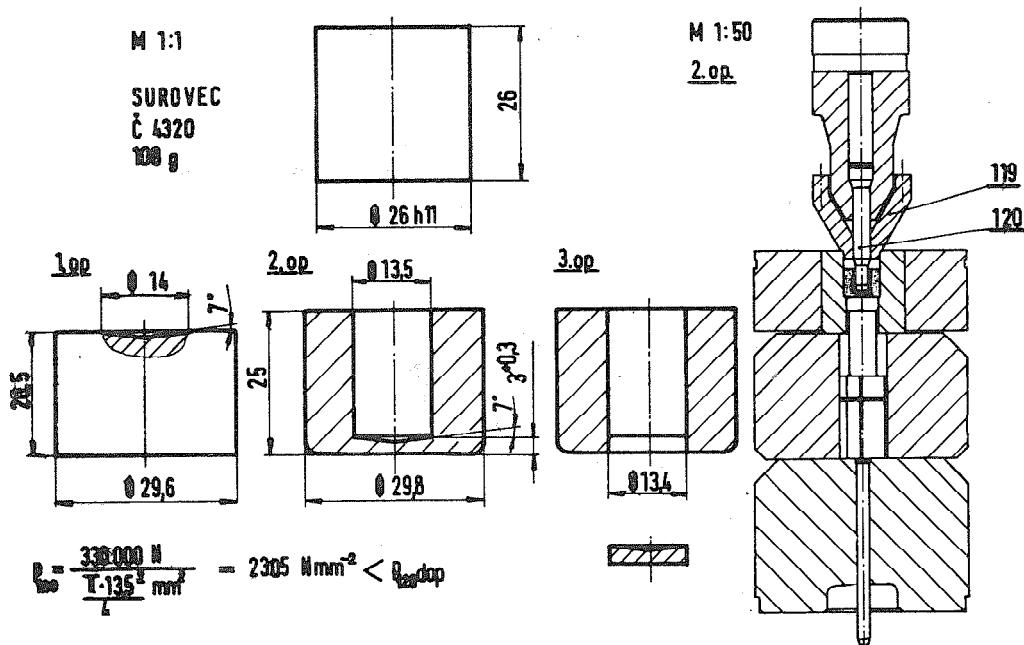
Sl. 2. Posledica npravilne eksploracije orodja

Slika je zanimiva tudi zaradi tega, ker nazerne ilustrira kvalitetno površinsko in termično predobdelavo ter dobre preoblikevalnost vhodnega materiala. Kljub takemu delu ostane vitalni del orodja, to je matrica z ozobjem nepoškodovana. Prav življenska doba tega orodja nam je v začetni fazi predstavljala največji problem, saj je bila daleč prekratka, z ustreznnimi posegi pa smo jo povečali na približno 80.000 izdelkov.

Postopek preoblikovanja je namreč zasnovan take, da poizkuša na tej zadnji preoblikevalni operaciji maksimalno izkoristiti preoblikevalnost vhodnega materiala [1].

Pestič za protismerno iztiskanje poz. 120 je nedvomno najbolj obremenjeni del prvega stavka uredij, potrebnih za izdelavo pastorka – Sl. 3, v kar se lahko prepričame, ko izračunamo potrebno silo za protismerno iztiskanje surovca, ki je na predhodni operaciji ravnan in središčen ter je za naš primer 330 kN.

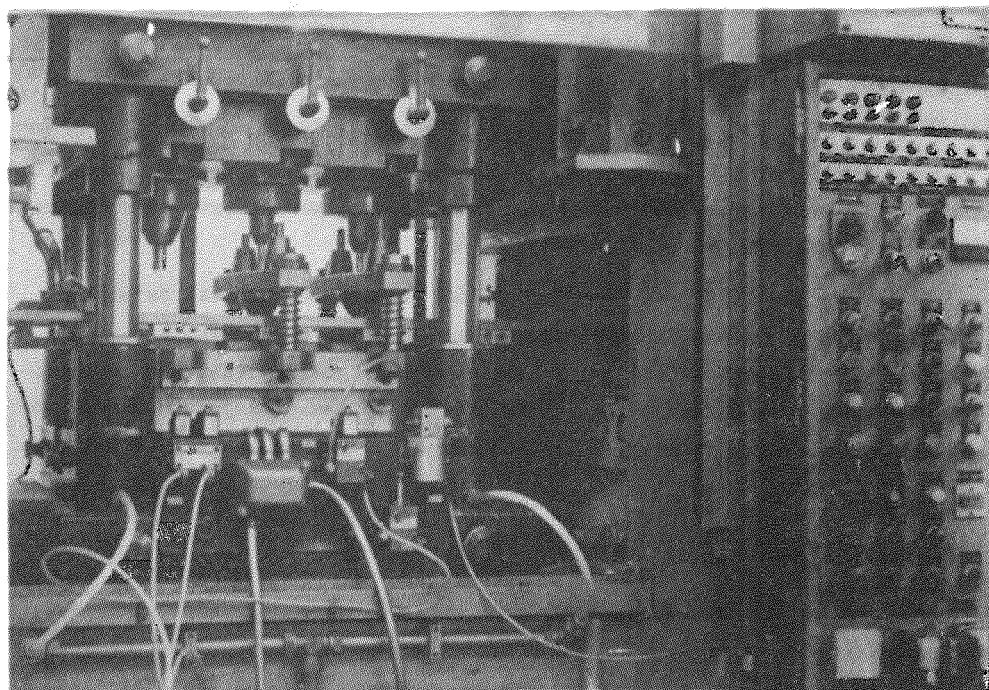
Depustna obremenitev pestiča je, glede na material in termično obdelavo, omejena na maksimalno 2500 N mm^{-2} . Vendar pa natančnejših izračunov pri kontroli pestiča ne uporabljamo in to predvsem iz dveh praktičnih razlogov.



Sl. 3. Prve tri preoblikovalne operacije ter uredni sklop na drugi operaciji

Prvi razlog je ta, da je realen potek obremenitve med preoblikovanjem zelo zapleten ter daleč od idealne centrične obremenitve, ki smo jo predpostavili. Znano je, da ekscentrična obremenitev in s tem dodaten upogib pestiča naraščata z globino iztiskanja lončka, neposredno je odvisna od homogenosti preoblikovalnega materiala, kvalitete mazanja ter pojave hladnih varov na izpostavljenem robu pestiča.

Četudi bi uspeli zajeti večji del teh vplivov, kar je za laboratorijske razmere temeljnih raziskav zanimivo delo, še vedno ne bi dobili odgovora, kolikšna bo življenska doba pestiča, kar je za proizvodnjo bistvenega pomena. Ker trenutno še ne moremo kontrolirati dejanski potek obremenitve pestiča, seveda ne moremo z zadovoljivo natančnostjo predpostaviti njegove življenske dobe. Dinamična trdnost pestiča je poleg vsega še neposredno povezana z elastično konstanto izbrane stiskalnice za hladno preoblikovanje.



Sl. 4. Orodni prostor transfer stiskalnice OKN-630 z vgrajenim orodjem za prve tri preoblikovalne operacije pastorka

Drugi razlog, zakaj pri kontroli pestiča ne uporabljamo zahtevnejših izračunov, je čisto praktične narave. Že iz principa postopka hladnega preoblikovanja jekla s prav tako jeklenim orodjem izhaja, da bodo lahko posamezni deli orodja obremenjeni do maksimalnih vrednosti. Tipični primer je prav obravnavani del, ki se že v idealnih razmerah eksploraciji približa svoji dopustni vrednosti obremenitve. Z drugimi besedami, še tako obsežen in natančen izračun ne more prečiti zvitja oziroma loma pestiča, če razmere pri delu le malo odstopajo od idealnih.

Logičen izhod bi bil v uporabi tršega materiala, ki bi prenesel večje tlačne obremenitve. Vendar prinaša uvajanje trnov iz karbidne trdine, ki smo jih že preizkusili, dodatne komplikacije pri centričnem vodenju krhkega trna ter zahteva boljše predpripravo surevcov. Zato težimo pri konstrukciji celotnega sklepa za protimerno iztiskanje za tem, da bi se čim bolj približali idealnim pogojem dela.

Funkcija vodilne puše poz. 119, ki je prikazana na skici sklopa (Sl. 3) je predvsem v tem, da pestiču zagotovi čim večjo centričnost. Doseganje centričnosti je pri hladnem kovanju namreč eden osrednjih problemov. Poleg te osrednje vlegi nas puša tudi reši bojazni pred uklonom razmeroma vitkega pestiča ter skrbi za smanjanje surevca po izmetavanju iz matrice.

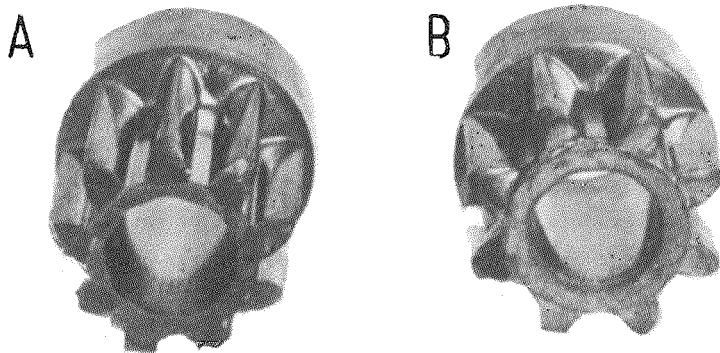
Sama izdelava orodij, ki predstavlja ključno fazo v postopku preoblikovanja, pa že nima več običaja klasičnega orodjarstva, pod katerim si običajno predstavljamo izdelavo unikatnih orodij.

Velike serije izdelkov, in s tem veliko števile obrabljivih delov, so že pri konstrukciji narekovali dosledno standardizacijo, upoštevanje tega, da je možno iz obrabljenega dela izdelati nov, uporaben sestavni del drugega orodja ter primeren pristop k neposredni izdelavi orodja. Naravno je, da smo se edlečili za numerično krmiljen postopek obdelave številnih obrabljivih delov orodij na NC stružnici.

3. TENDENCE RAZVOJA

Prav je, da ob našem naštetih prednostih izhranega postopka izdelave pastorka prikazanih na prvi sliki, kritične obdelane tudi težave pri izdelavi, napake, ki se pojavlja na odgovkih, kar vse v končni fazi povečuje ceno izdelku. Osnevnna ugotovitev je, da je delež dodatne obdelave z odrezavanjem še občutno prevelik. Pomemben končni cilj, ki ga zasledujemo pri tehnologiji hladnega preoblikovanja pa je, zmanjšati dodatno obdelavo na minimum. Operacije struženja notranjega premara, struženje v prekinjenem rezu na avtomatih ter posamično posnemanje vsakega čelnega dela zoba na pastorku deprinsejo glavni delež k preobsežni dodatni obdelavi pastorka. Za dodatne težave poskrbijo še manjše napake na odgovkih, ki so pomembnejše, kot se zdi na prvi pogled, to je: koničnost zobniškega venca na čelnem delu, koničnost izvrtine ter ekscentričnost ležajne izvrtine glede na delilni krog ozobja.

Kljub triletni nemoteni proizvodnji pastorka po postopku, ki je opisan v tem prispevku, načrtujemo nadaljnje proizvodnjo že po novem načinu izdelave, temelječem na izaledkih domačega razvojnega dela.



Sli.5. Odkovka pasterka, izdelana po dveh različnih postopkih preoblikovanja

Rezultat prve poiskusne serije tisočih izdelanih kosev, ki je na sliki 5 označen z B je namreč potrdil predvidevanja domačega razvoja: v velikosrško proizvodnjo vpeljati izdelavo pasterka z vtisnjeno posnetjem na čelni strani ozobja, vrtino v H 7 toleranci ter občutno izboljšano centričnostjo izvrtine.

Seveda se ne slepimo s tem, da je taka preorientacija možna kar preko noči, kljub velikim vlaganjem ter vsestranski podpori razvojne raziskovalnemu delu v naši delovni organizaciji. Zamenjava bo potekala postopno ob nečasnom razvojnem delu, ki nam bo omogočeno na novi produksijski stiskalnici, posebej premeljeni za razvojno raziskovalno delo na področju hladnega preoblikovanja. Z natanko identifikacijo preoblikovalnih sil v razmerah redne proizvodnje, z vrednotenjem vpliva različnih sarž vhodnega materiala ter načinov predpriprave surovcev težimo k poglavitnemu cilju našega razvojnega dela – pecemiti proizvodnje.

4. ZAKLJUČEK

Posebno na samem začetku našega razvoja smo lahko s pridom uporabili izsledke in izkušnje redkih domačih proizvajalcev in institucij, ki so orali ledino na tem področju in ne nazadnje izkušnje in tehnologijo dobavitelja opreme, s katerim tudi sedaj uspešno sodelujemo.

Vendar nam to sedaj ne zadošča več. Obsežno delo pri projektiranju in izdelavi novih orodij za potrebe proizvodnje, ki se naglo širi in uvaja nove izdelke v svoj program, nas je vodilo tudi v to, da smo v okvir razvojnih raziskav uspešno vključili sodelovanje s "Katedro za obdelovalno tehniko pri Fakulteti za strojništvo - Univerze v Ljubljani".

Eno takih razvojnih raziskav, ki obravnava uvajanje tehnologije hladneg preoblikovanja tudi v proizvodnjo zaganjalnikov za velike moči nam je odobrila in tudi podprla s kreditom "Raziskovalna skupnost Slovenije". Zaganjalniki, ki imajo že vgrajene hladno preoblikovane dele iz programa te razvojno raziskovalne naloge so prvi otipljivi dokaz domačega razvoja.

REFERENCE

1. K. Knzman, A. Razinger: Posebnosti domačih jekel za hladno masivno preoblikovanje, Železarski zbornik št. 3 - 1977.

SUMMARY

The article is dealing with the design and technological realization of big batch production of cold formed pinions for starters at "ISKRA" Industrija avtoelektričnih izdelkov Nova Gorica.

Our special intention was to show the process of manufacturing of a type of a pinion for which we have ourselves designed the process and tools related to it, determined the technology and produced all the complicated tools from Yugoslav tool steels. By now we have produced more than 230.000 forgings of this type of a pinion.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

M. Sljivić *)

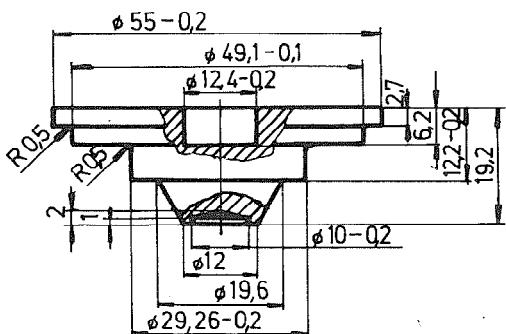
IZRADA PLOČE STARTERA POSTUPKOM HLADNOG PRESOVANJA ISTISKIVANJEM

1. Uvod

U ovom radu izresen je postupak izrade ploče startera, slika 1., iz čelika C1121 hladnim presovanjem istiskivanja na automatskoj višepozicionoj presi.

Obrada čelika postupkom hladnog presovanja istiskivanja, složenijih oblika, je postupak relativno novijeg datuma; značajnija primjena je počela unazad dvadeset godina u industrijski visoko-razvijenim zemljama. Postupak je našao široku primjenu u izradi dijelova u automobilskoj, a naročito u vojnoj industriji, gdje se bez ove tehnologije ne može ni zamisliti uspješna proizvodnja vitalnih dijelova.

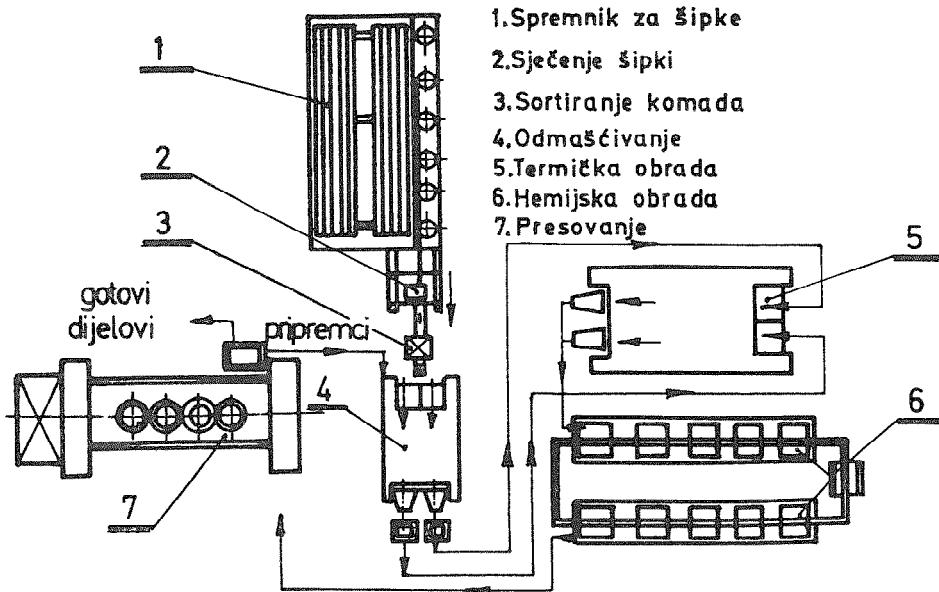
Princip obrade čelika istiskivanjem sastoji se u tome što se polazni materijal, šipkastog ili drugog oblika, iz hladnog stanja (sobna temperatura), dejstvom visokog pritiska dovodi u stanje plastičnog tečenja. Materijal se potiskuje tiskačem kroz matricu pri čemu se postiže željeni oblik. Za uspješno izvodjenje presovanja prije početka prerade dijelovi se žare i fosfatiraju, kao i između pojedinih faza rada



Sl. 1. - Izgled ploče startera

*) Milan V. Sljivić, dipl.ing. RO Elektromehanikc
"Čajavec" Banja Luka

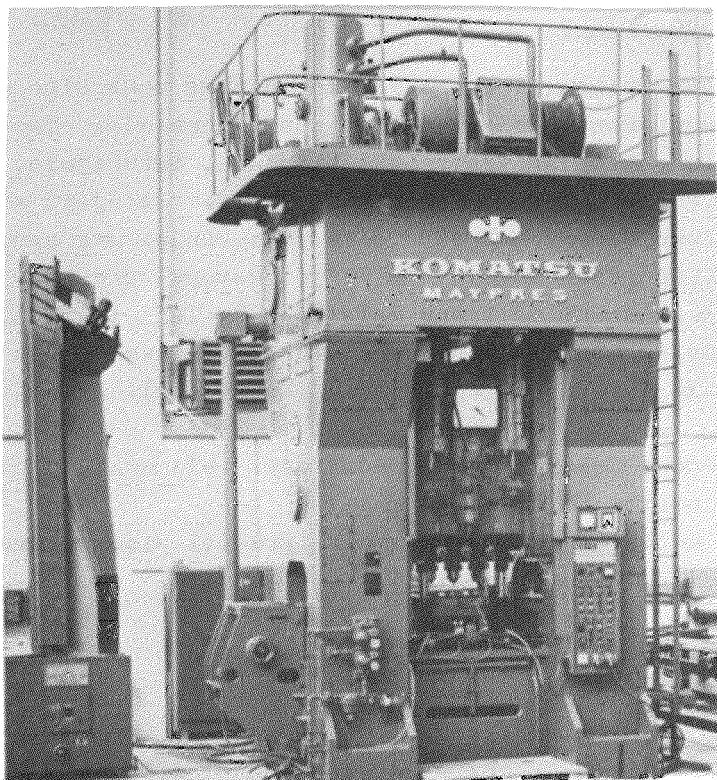
kada se iscrpe plastična svojstva čelika.



Sl. 2. - Shematski prikaz postrojenja za hladno presovanje

Na slici 2 . dat je shematski prikaz postrojenja s protokom materijala kod proizvodnje dijelova u automobilskoj industriji; dijelovi za starter: ploča, zubčanik, tijelo spojke, tijelo elektro magneta itd. Kao što se iz slike vidi materijal se siječe makazama, poz.2. Makaze za sječeњe imaju spremnik za šipke dužine do 6. metara, poz. 1., a tačnost sječeњa treba da bude u granicama $\pm 0,003$ N. Dijelovi se odmašćuju u kadama, poz.4., a zatim žare u vakumiranim pećima poz.5., hemijski obradjuju u automatskom postrojenju za fosfatiranje i namašćivanje, poz.6. Tako pripremljeni dijelovi idu na presu za hladno oblikovanje, poz.7., koja je u ovom slučaju automatska višepoziciona presa snage 6.300 KN sa četiri radna stepena i elevatorom za automatsko uvodjenje dijelova, proizvod firme "KOMATSU – MAYPRES" Srl Njemačka, slika 3.

Na slici 4. data je jedna grupa dijelova koja se rade hladnim presovanjem istiskivanja.



Sl.3 Presa za
hladno preso-
vanje KOMATSU-
MAYPRES



Sl.4.-Dijclovi radjeni presovanjem istiskivanja

2. Razrada tehnološkog plana

Razrada tehnološkog plana ploče po fazama zauzima centralno mjesto pri projektovanju tehnologije istiskivanja. Tehnološki plan direktno ili indirektno utiče na izbor mašine, alata, materijala, vodjenje pripremka, termičku i hemijsku pripremu itd. Iz njega se vidi da li je potrebna dodatna obrada posle presovanja. Sve ovo, sveobuhvatno posmatrano, daće odgovor da li je postupak presovanja ekonomičan ili je neki drugi postupak prikladniji. Tehnološki plan nije moguće egzaktno izračunati i pri njegovom utvrđivanju, pored neophodnih teoretskih osnova, moraju se posjedovati velika praktična iskustva.

Vozni dio, pripremka, dobiven je iz jednakosti volumena otpreska i pripremka i on iznosi $\varphi 28 \text{ hll} \times 30 \text{ mm}$.

Da bi se vidjelo u koliko operacija se može izraditi ploča utvrđen je stepen deformacije i on iznosi:

$$\gamma_g = \ln \frac{F_1}{F_0} = \ln \frac{d_1^2 \pi / 4}{d_0^2 \pi / 4} = \ln \frac{62^2}{28^2} = 1,6 \quad \text{tj. } \gamma_g = 160\%$$

F_0/cm^2 - površina pripremka prečnika $d_0 = 28 \text{ mm}$.

F_1/mm^2 - površina tiskača prečnika neopsjećene ploče $d_1 = 62 \text{ mm}$.

Dopuštena vrijednost stepena deformacije za materijal C1121 kod sabijanja je $\gamma_g = 140 - 165,0 / 5\%$. Dobivena vrijednost za ploču $\gamma_g = 160,0$ je na gornjoj granici te se ploča ne može presovati u jednoj operaciji nego se mora razdjeliti na deformacije u dopuštenom odnosu.

Isvojeni tehnološki plan prikazan je na sl. 6.

Prvi stepen - istosmjerno istiskivanje sa stepenom deformacije:

$$\gamma_g = \ln \frac{F_{01}}{F_0} = \ln \frac{28,5 \pi / 4}{15 \pi / 4} = 1,28 \quad \text{tj. } \gamma_g = 128\%$$

Za istosmjerno istiskivanje i materijal C1121 dopuštena vrijednost stepena deformacije je $\gamma_g = 170 - 200 / 5\%$ i dobivena vrijednost zadovoljava.

Drugi stepen - sabijanje; stepen deformacije je:

$$\gamma_g = \ln \frac{F_1}{F_0} = \ln \frac{56^2 \pi / 4}{28,5 \pi / 4} = 1,35 \quad \text{tj. } \gamma_g = 135\%$$

Ova vrijednost se takođe nalazi u dopuštenim granicama (145-165,0).

Uvom deformacijom su uveliko iscrpljena plastična svojstva čelika, pa je za uspješno daljnje oblikovanje uvedeno žarenje i fosfatiranje sa namašćivanjem. Žarenje i fosfatiranje je takođe izvršeno na pripremcima prije prve operacije presovanja. Za drugi prolaz presovanja predviđene su operacije: kalibriranje sa sabijanjem na kotu 2,7 mm i opsijecanje na vanjsku mjeru, slika 6. Uvodjenjem kalibriranja i opsijecanja postigle su se potrebne mjere sa traženim tolerancijama tako da naknadna obrada nije potrebna.

Sila presovanja:

Prvi stepen - istosmjerno istiskivanje:

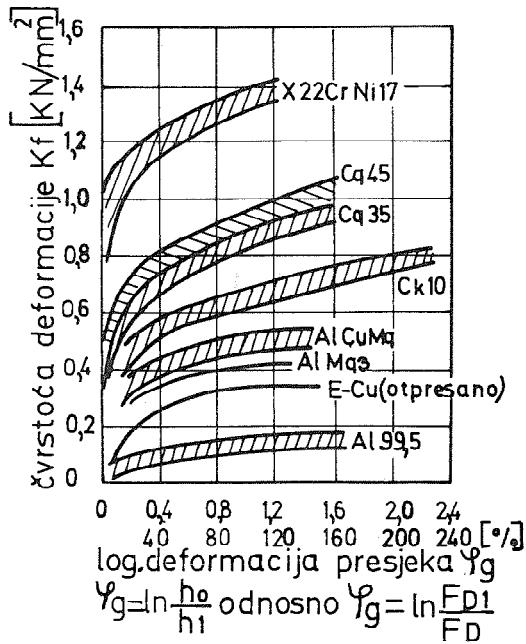
$$P = F \frac{K_{fs} \cdot \gamma_g}{\eta_f} = \frac{285 \cdot 1^2}{4} \cdot \frac{0,7}{0,55} = 1040 \text{ KN}$$

$\eta_f = 0,55$ - stepen korisnog dejstva deformacije na osnovu iskustvenih podataka /3/.

Dруги stepen - sabijanje:

$$\eta_f = \frac{1}{1 + \mu D_y / 3 h_1} = \frac{1}{1 + 0,1556 / 362} = 0,7$$

$$P = F_0, \frac{K_f}{\eta_f} = \frac{56 \cdot 1^2 \cdot 0,7}{4 \cdot 0,7} = 2463 \text{ KN}$$



slika 5. Deformaciona čvrstoća

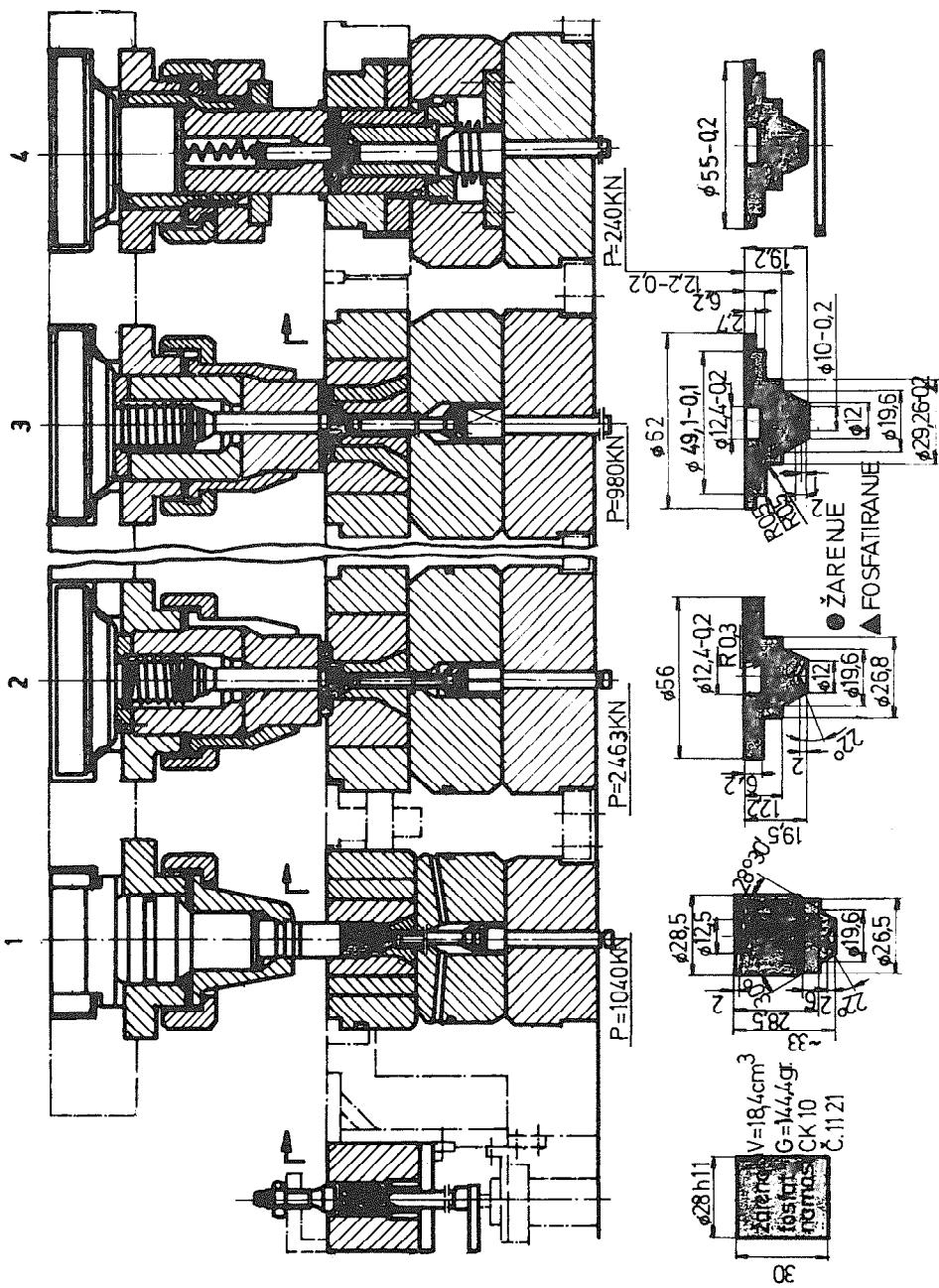
Vrijednost za deformacionu čvrstoću $K_f / \text{KN/mm}^2$, u ovisnosti od stepena deformacije dobivene su iz dijagrama na slici 5. /3/.

Za treći stepen, kalibriranje, sila presovanja je $P = 980 \text{ KN}$ a za četvrti stepen, opsijecanje je $P = 240 \text{ KN}$.

Ploča se radi na navedenoj presi, sl. 3. u dva prolaza, sa po 36 komada u minuti.

Da bi se utvrdila izdržljivost alata izračunato je specifično opterećenje tiskača. Na drugom, najopterećenijem stepenu, specifični pritisak je:

$$p = \frac{P}{F} = \frac{2463}{56 \cdot 1^2} = 10 \text{ KN/mm}^2$$



Sl. 6 Konstrukcija alata za ploču s tehnološkim planom.

Ova vrijednost je znatno manja od dopuštenе vrijednosti, $p=2,5 \text{ KN/mm}^2$, i alat zadovoljava.

Na sl.6 data je konstrukcija kompletног alata za ploču sa izgledom po fazama presovanja. Alat je u toku rada izložen visokim pritiscima, udarnim opterećenjima, površinskom habanju itd. Zbog toga se morala posebna pažnja posvetiti pravilnom proračunu konstrukcije alata kao i izboru materijala za alat. U tabeli br.1 dat je pregled upotrebljenog materijala za vitalne dijelove alata. Sa ovim materijalom postiže se vijek trajanja matrice i tiskača za preko 100.000 komada otpresaka, tako da se nije išlo na tvrdi metal.

TABELA 1. MATERIJALI ZA VITALNE DIJELOVE ALATA

VRSTE ČELIKA			POTREBNA TVRDOČ ROKWELL.C°	UPOTREBA	NAJVEĆI EKVIVALENT. PREČNIK [mm]
OZNAKA PO DIN-u	OZNAKA PO AISI -USA	ODGOVARA PRIBLIŽNO PO JUS-u			
DMo5 (1.3343) X165CrMoV12 (1.2601)	M 2	Č.7680	62 – 64	TISKAC PROTUTISKAC MATRICA (OBL. PLOČA) NOŽ ZA ODSIJ.	100
100MnCrW4 (1.2510)	O1	Č.6840	60 – 62	IZBACIVAČ	40
X40CrMoV51 (1.2344)	H13	Č.4753	46 – 52	STEZNA ČAURA	250

3. Termički postupak pripreme

Radi poboljšanja plastičnih osobina čelika i time olakšanja procesa oblikovanja prije prve operacije presovanja ploče kao i prije drugog prolaza presovanja uvedeno je žarenje. Žarenje se izvodi u vakuum pećima, tipa DEGUSSA, a sastoji se iz sledećeg:

1. zagrijavanje na 720°C cca 1 – 1,5 h,
2. držanje kod 720°C cca 1,5 – 2 h,
3. ohladjivanje na 550°C , brzina ohladjivanja $15^{\circ}/\text{h}$ cca 8 – 9 h
4. ohladjivanje na 150°C , brzo ohladjivanje cca 2 – 2,5 h

Ukupno vrijeme trajanja žarenja moguće je nešto skratiti u odnosu na prikazani program, zavisno od kvaliteta materijala i količine protoka materijala kroz peć. Poslije žarenja se kontroliše tvrdoća i veličina zrna.

4. Heminski postupak pripreme

Heminski postupak pripreme ploče vrši se poslije žarenja prije prve operacije oblikovanja ili međufazno. Postupak ima za cilj svedjenje sila trenja na što manju mjeru, čime se utiče na prođenje vijeka trajanja alata. Postupak hemijske pripreme ploče obavlja se na automatskom postrojenju tipa SCHLÖTTER, a sastoji se iz sledećeg:

1. odmašćivanje u alkalnom sredstvu kod 80-90⁰C,
2. toplo ispiranje vodom kod 95⁰C,
3. nagrizanje u 20% rastvoru sumporne kiseline kod 50⁰C,
4. hladno ispiranje vodom,
5. toplo ispiranje vodom kod 95⁰C,
6. fosfatiranje s cink - fosfatom,
7. hladno ispiranje vodom,
8. toplo ispiranje vodom kod 95⁰C i
9. namašćivanje s natrijevim sapunima.

Za dijelove kod kojih je veći stepen deformacije namašćivanje se vrši s molibden disulfidom.

5. Zaključak

Izrada ploče startera postupkom hladnog presovanja ima ekonomsko-tehničku opravdanost, koja se ogleda u značajnom smanjenju troškova izrade. Utrošak materijala u odnosu na obradu rezanjem manji je za oko 85%, a vrijeme izrade je kraće za oko 80%. Kvalitet izradjene ploče je dobar, čak bolji od klasične izrade. Zahvaljujući automatiskom radu prese moguće je raditi vrlo velike serije.

Za uspješnu izradu ploče potrebno je bilo posebnu pažnju posvetiti pravilnom projektovanju tehnologije, proračunu tehnoloških parametara, konstrukciji alata kao i postizanju kvalitetne termičke i hemijske pripreme radnog dijela.

Literatura

- /1/ American society for metals,
SOURCE BOOK ON COLD FORMING; Copyright, 1975.
/2/ Billigman/Feldmann, Stauchen und
Pressen, Carl Hanser Verlag München 1973.

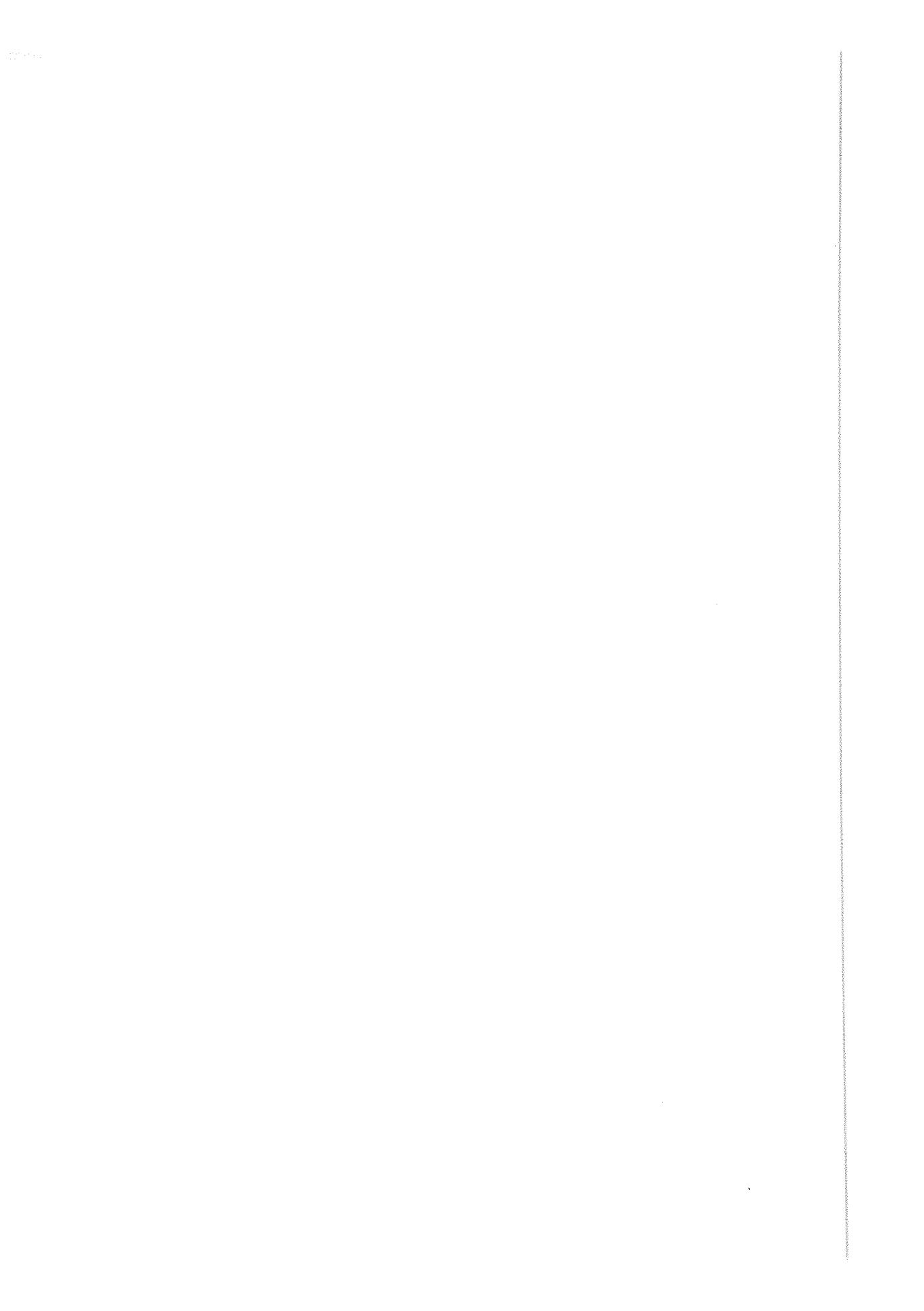
- /3./ Beisel, W., Die Grenzen der Kaltumformung und ihre Bedeutung für die Berechnung und Planung von Kaltformateilen; Teil 1 und 2, Sonderdruck aus der Zeitschrift "TZ für praktische Metallbearbeitung" 58;59, 1964.
- /4./ Beisel, W., Die Technik der Entwicklung von Stadienplänen in der Kaltumformung. Sonderdruck aus "Werkstatt und Betrieb" Heft 9, 1968.
- /5./ Musafia B., Obrada metala plastičnom deformacijom. Svjetlost, Sarajev 1972.
- /6./ Wünning J. Glühanlagen für Kaltfliesspresssteile, Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, Heft 9, 1972.

M. Sljivić

SPULENANKERHERSTELLUNG MIT VERFAHREN DES KALTFLEISSPRESSENS

In der Arbeit ist die Übersicht der Spulenankerherstellung aus Stahl Č 1121 mit dem Verfahren des Kaltfliesspressens an der Mehrpositionenpresse gegeben.

Dabei wurde die Werkzeugkonstruktion für Spulenanker mit Aussehen des Stadienplans nach Phasen als auch das thermische und chemische Verfahren der Vorbereitung gegeben.



XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

V.Volčanšek *

PRILOG ISTRAŽIVANJU OTPORA ISTICANJA METALA IZ ALATA KOD ISTOSMERNOG PRESOVANJA ALUMINISKIH LEGURA

1. Uvod

Tehnologija istosmernog presovanja metala je poznata već oko 180 godina i u osnovi je do danas ostala ista. Istosmerno presovanje je zastupljeno sa oko 80 % od svih tehnologija presovanja metala.

Presovanje metala je najprogresivnija tehnologija zapreminskog oblikovanja metala, stepen redukcije se kreće do 100 i više a kod hidrostatičnog presovanja i do 1000.

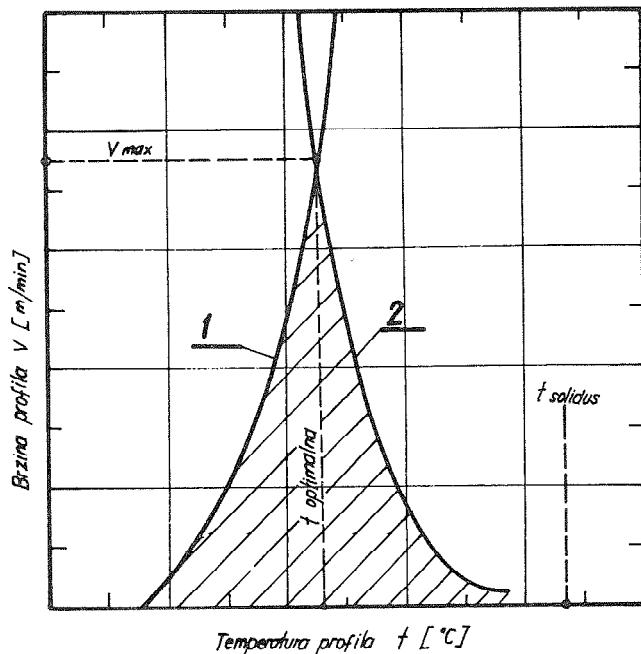
Za unapredjenje tehnologije presovanja najbitnije je povećanje brzine presovanja, radi čega je potrebno proučiti sve otpore tečenja metala. Istraživanje tečenja metala i otpora tečenja vršimo eksperimentalnim probama u labaratoriskim i proizvodnim uslovima a analitičkim metodama definišemo zakonitosti oblikovanja metala presovanjem.

2. Otpori isticanja metala iz alata

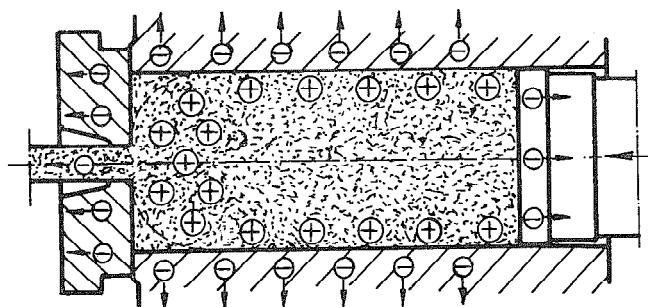
Povećanje brzine presovanja je limitirana temperaturom izlazečeg profila. Sila prese i brzina glavnog klipa najčešće ne ograničavaju brzinu presovanja. Na slici 1 dat je šematski dijagram brzine i temperature izlazečeg profila u zavisnosti od granične sile prese i granične temperaturе legure koju presujemo.

Kod presovanja rad prese se oko 90 % troši na savladjivanju otpora oblikovanja i to u zoni oblikovanja i u obodnoj zoni trupca. Ovaj rad prese se ceo pretvara u toplotu i povećava temperaturu materijala koga presujemo a time i temperaturu izlazečeg profila. Na slici 2 dat je šematski prikaz istosmernog presovanja sa toplotnim izvorima i toplotnim gubicima.

* Vinko A.Volčanšek, dipl.ing., rukovodioč tehničko tehničke pripreme Metalurškog pogona Fabrike "Djuro Salaj" Niš



S1.1. Dijagram brzine i temperaturu izlazećeg profila iz alata, gde je: 1-kriva granične sile prese, 2-kriva granične temperaturu, gde imamo pojavu svarivanja Al na površini alata



S1.2. Šematski prikaz istosmernog presovanja sa +/- izvorima topline u zoni oblikovanja i obodnoj zoni i /-/ odvodjenje topline iz ovih zon

Veličina otpora kod oblikovanja presovanjem zavisi od: tipa tečenja metala, otpora promene oblika, stepena redukcije, brzine promene oblika, temperaturu oblikovanja, geometriskog oblika alata i koeficijenta trenja metala duž površine alata.

2.1. Tip tečenja metala

Kod presovanja metala u zavisnosti od tehnoloških svojstava legure i koeficijenta trenja imamo različite tipove tečenja metala. Prema W.Dürrschnabelu imamo četiri osnovna tipa tečenja metala i to:

S,A,B i C,pored osnovnih tipova tečenja imamo kombinovane tipove i to: S/A,A/B i B/C.Kod istosmernog presovanja aluminiskih legura,bez podmazivanja imamo tip tečenja B,C i B/C.Tip tečenja B se javlja kod presovanja grupe legura: Al 99,5;AlMn i AlMgSi a tip tečenja C i B/C kod grupe legura: AlMg;AlZnMg i AlCuMg.

Na tip tečenja,za izabranu tehnologiju i parametre presovanja,ne možemo uticati,radi čega i osvajamo nove legure i postupke koje imaju povoljniji tip tečenja.

2.2. Čvrstoča promene oblika

Otpori promene oblika kod presovanja zavise od: fizičkih osobina legure,temparature presovanja,brzine promene oblika i tehnologije oblikovanja.

Kod istosmernog presovanja imamo normalne glavne napone: G_1 , G_2 i G_3 ,sa negativnim predznakom.Radijalni napon G_1 i tangencialni G_2 su jednaki i manji od aksijalnog G_3 .

$$G_1 = G_2 - G_3 \quad 1.$$

Otpor promene oblika je jednak razlici radijalnog i aksijalnog napona.

$$k_f = G_1 - G_3 \quad 2.$$

Temparatura presovanja aluminiskih legura se kreće od 350 do 530 °C a brzina izlazečeg profila od 1 do 100 m/min,zavisno od legure i oblika profila.Na dijagramu slika 3 data je čvrstoča oblikovanja na temparaturi presovanja i orjentaciona brzina izlazečeg profila.

2.3: Stepen redukcije

Stepen redukcije kod presovanja je stalan za određeni otvor recipijenta ,to jest za poprečni presek istog A_0 i za poprečni presek presovanog profila A_1 .

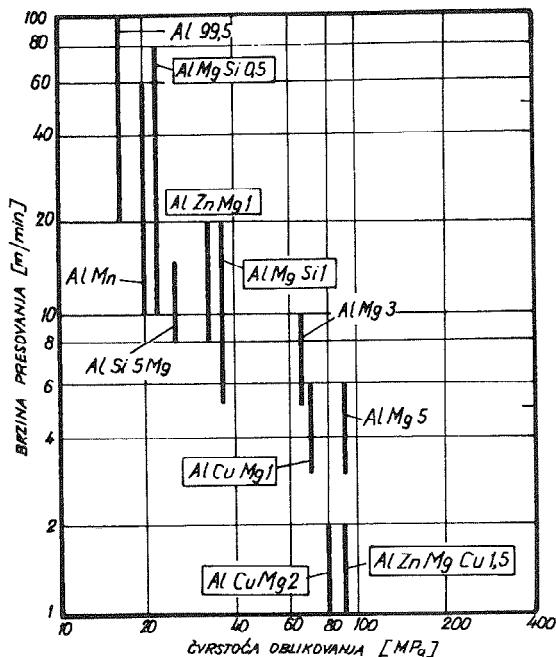
$$\lambda = \frac{A_0}{A_1} \quad 3.$$

U proračunima koristimo logaritam glavne promene oblika,koja je:

$$\varphi = \ln \lambda = \ln \frac{A_0}{A_1} \quad 4.$$

Stepen redukcije ili logaritam promene oblika ne uzima u obzir razudjenost poprečnog preseka profila a logično možemo zaključiti da

če biti veći otpori oblikovanja kod razudjenih oblika profila u odnosu na proste oblike profila.



Sl.3. Dijagram čvrstoće oblikovanja i orijentacione brzine presovanja za aluminiske legure za presovane profile

Mnogi autori su dali korelace odnose za razudjenost oblika profila i otpora oblikovanja ali do danas nemamo rešenje koje obuhvata sve uticajne faktore. Najčešće koristimo odnos opisanog obima poprečnog preseka profila "O₁" i okrugle šipke istog poprečnog preseka "O₀".

U tabeli I datu su stepeni redukcije i logaritmi promene oblika za aluminiske legure koje oblikujemo presovanjem.

TABELA I. NAJVEĆI STEPEN REDUKCIJE I LOG.PROMENE OBЛИКА

legura	stepen reduk.	log.prom. oblika
Al 99,5	150	5,01
AlMgSi 0,5	100	4,60
AlMgSi 0,8	100	4,60
AlMgSi 1	60	4,09
AlMg 2	80	4,38
AlMg 4	25	3,22
AlCuBiPb	15	2,71
AlCuSiMn	20	2,99
AlZnMgCu 1,5	10	2,30

2.4. Brzina promene oblika

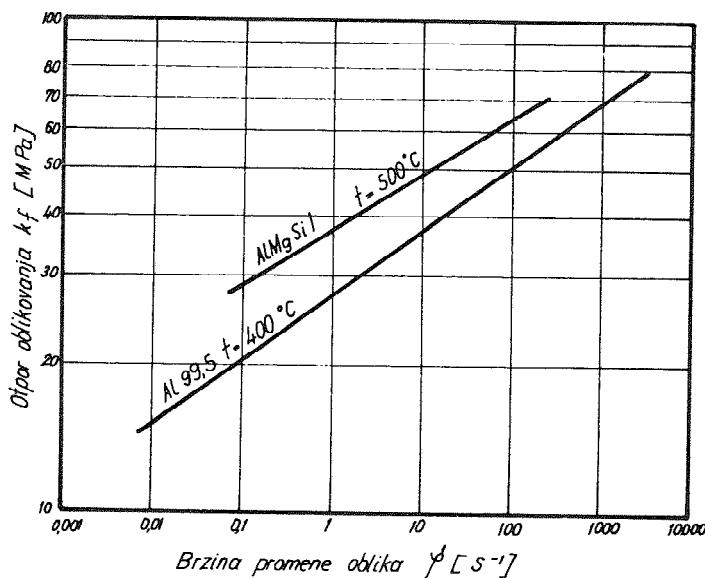
Brzina promene oblika utiče na veličinu otpora oblikovanja. Za opšti slučaj je brzina promene oblika:

$$\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt} \quad 5.$$

Kod presovanja imamo konstantnu redukciju pa je brzina promene oblika:

$$\dot{\varphi} = \frac{\varphi}{t} \quad 6.$$

U toku ciklusa presovanja se brzina menja tako da za praktične potrebe računamo sa srednjom brzinom promene oblika. Na slici 4 dat je dijagram zavisnosti otpora oblikovanja i srednje brzine promene oblika za legure AlMgSi 1 i Al 99,5.

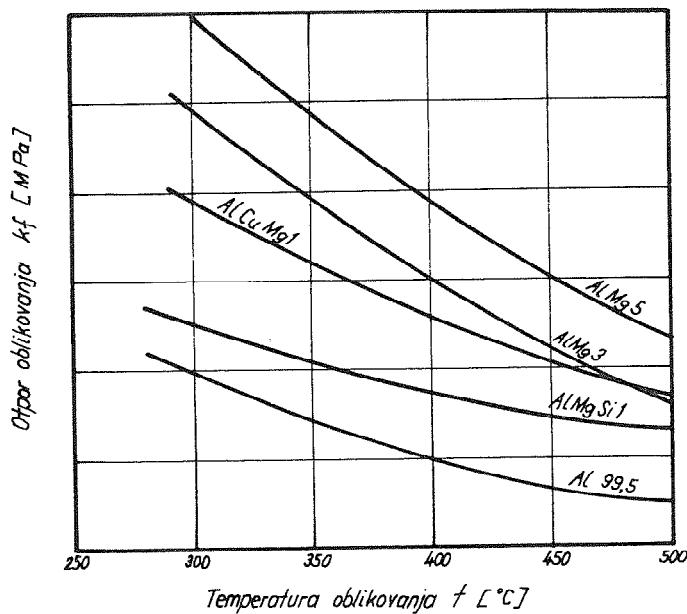


S1.4. Dijagram zavisnosti otpora oblikovanja i brzine promene oblika za Al 99,5 i AlMgSi 1, pri toplom oblikovanju

2.5. Temperatura oblikovanja

Veličina otpora oblikovanja zavisi od temperaturе presovanja. Temperaturu presovanja možemo menjati sa promenom temperaturе trupa i sa promenom brzine presovanja. Radi ujednačenosti fizičkih i dimenziskih karakteristika presovanog profila težimo da temperatura izlazećeg profila bude konstantna za ceo ciklus presovanja.

Na dijagramu slika 5 dati su podaci o zavisnosti čvrstoće oblikovanja od temperaturе materijala za brzine presovanja $\dot{\varphi} = 10-100/s^{1/2}$ za neke aluminiske legure.



Sl.5.Dijagram otpora oblikovanja u zavisnosti od temperature za neke aluminiske legure pri brzini promene oblikovača 10-100 /s/

2.6.Alat za oblikovanje

Na otpor oblikovanja kod alata utiču sledeći faktori: geometrijski oblik ulaza kod alata, položaj kanala za oblikovanje u odnosu na osu presovanja, razlika debljine zidova presovanog profila, nagib i visina radne dužine i kvalitet površine alata.

2.7.Koeficijenat trenja

Tečenjem materijala duž površine alata javljaju se otpori trenja a koji zavise od: svojstva legure koju presujemo, od materijala alata, kvaliteta površine alata, hemijsko termičke obrade površine alata i od sredstva za podmazivanje.

3. Metodologija ispitivanja otpora isticanja

Ispitivanje otpora isticanja metala iz alata, radi velikog broja uticajnih faktora i međuzavisnosti istih, zahteva veliki broj ispitivanja. Imamo više mogućnosti ispitivanja otpora tešenja i to: analogno proučavanje fizički poznatog i matematički definisanog modeliranog procesa, labaratoriski eksperimentalno ispitivanje fizičkog modela i eksperimentalno ispitivanje u proizvodnim uslovima. U zadnja dva slučaja dobivene rezultate podvrsavamo teoretskoj analizi i statističkim metodama određujemo korelacione odnose uticajnih faktora. Najpouzdanije podatke dobivamo kod eksperimenta u proizvodnim

uslovima.

3.1.Ispitivanje teženje materijala

Za ispitivanje teženja metala kod oblikovanja presovanjem imamo više vizuèo plastiènih metoda i to: metoda koordinatne podele po uzdužnom preseku, čelu i obimu modela, sastavljanju modela od dva razlièita metala, metoda makro i mikro ispitivanje strukturalnih promena na modelu, izrada modela od raznobojnih plastiènih masa, ispitivanje tvrdoèe modela po presecima i fotoplastičnim metodama ispitivanje napona na modelu.

3.2.Ispitivanje čvrstoèe promene oblika

Spesifièna čvrstoèa oblikovanja zavisi od fizièkih osobina le-gure, temperaturе i brzine promene oblika. Metode ispitivanja čvrstoèe oblikovanja mogu biti u labaratoriskim i proizvodnim uslovima. U labaratoriskim uslovima na modelima ispitujemo čvrstoèu na kidanje i sabijanje uz obezbedjenje merenja temperaturе i brzine promene oblika. Najpouzdanije rezultate imamo kod izpitivanja u proizvodnim uslovima pod uslovom da je obezbedjeno praèenje svih parametara probe.

3.3.Ispitivanje stepena redukcije

Stepen redukcije kod oblikovanja presovanjem je stalan i određujemo ga matematièkim metodama. Kod alata sa predkomorom ili kod mostnih alata trebamo raèunati sa dva stepena redukcije a kod vižilnih alata zbirni stepen redukcije svih žila.

3.4.Ispitivanje brzine promene oblika

Merenje brzine promene oblika u labaratoriskim uslovima je pri-ljèno otežano i rezultati su nepouzdani a vršimo optièkim plastometrima. U proizvodnim uslovima merenje brzine možemo vršiti na izlaze-èem profilu pomoèu kontaktnih tahometara ili beskontaktnim laserskim meraèima ili merenjem brzine glavnog klipa i to: merenjem protoka po-ocnog cilindra uljnim rotometrom, merenjem posmaka elektro rotacionim indukcionim uredjajem, optièkim meraèem frekvencije svetlosnih impul-sa i drugim metodama.

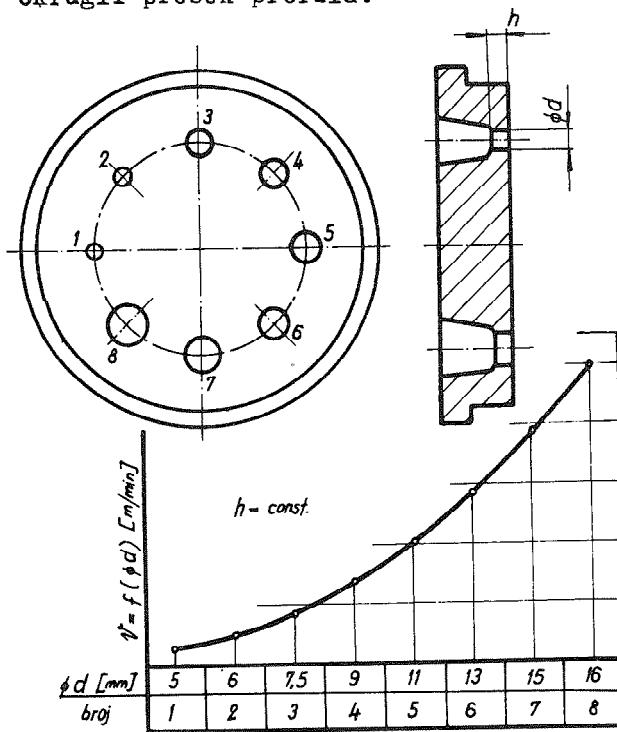
3.5.Merenje temperaturе oblikovanja

Merenje temperaturе oblikovanja je najkompleksnije merenje pa-rametra oblikovanja i do danas nemamo pouzdane metode koja bi uzela

u obzir sve promenljive parametre. Merenje u proizvodnim uslovima da je najpouzdanije rezultate i to merenjem svih temperaturnih promena na ulaznom trupcu, izlazečem profilu i delovima alata, imamo prirodni integrirani sistem.

3.6. Ispitivanje otpora kod alata za oblikovanje

Otpori isticanja metala iz alata zavise od: veličine otvora, nagiba i visine radne dužine i položaja otvora u odnosu na osu presovanja. Za određivanje veličine ovih otpora koristimo metodu merenja brzine isticanja to jest dužine istisanog profila i to najčešće za okrugli presek profila.

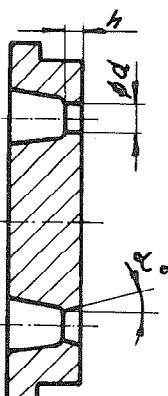
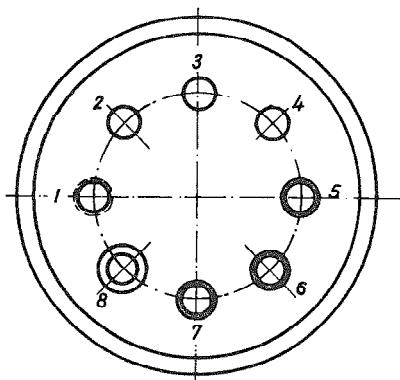


Na slici 6 dat je primer konstrukcije alata i dijagram brzine isticanja za razne veličine otvora, pri istoj visini radne dužine.

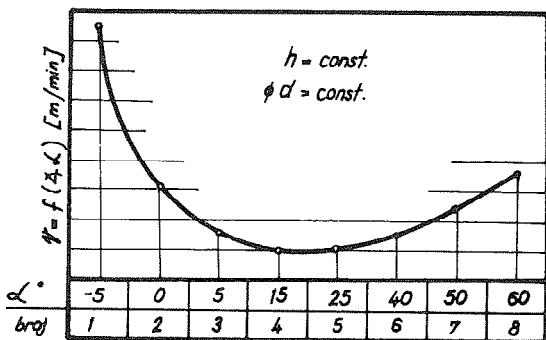
Sli.6. Metod ispitivanja otpora isticanja metala u zavisnosti od veličine otvora sa orijentacionim dijagrame otpora isticanja

Za ispitivanje otpora isticanja u odnosu na nagib radne dužine koristimo metodu merenja brzine profila istog prečnika a različitih nagiba radne dužine rasporedjenih po centričnom krugu. Na slici 7 dat je primer ispitivanja otpora u zavisnosti od nagiba radne dužine i orijentacioni dijagram otpora isticanja metala iz alata.

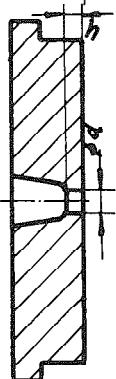
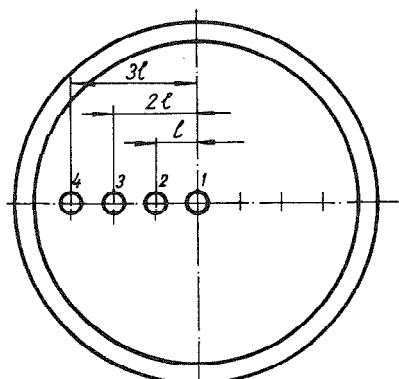
Za određivanje otpora isticanja u zavisnosti od položaja otvora u odnosu na osu presovanja takođe koristimo uporednu metodu brzine isticanja u odnosu na položaj otvora. Na slici 8 dat je primer



konstrukcije alata i
dijagram brzine isti-
canja zavisno od po-
ložaja otvora u o-
nu na osu presovanja.

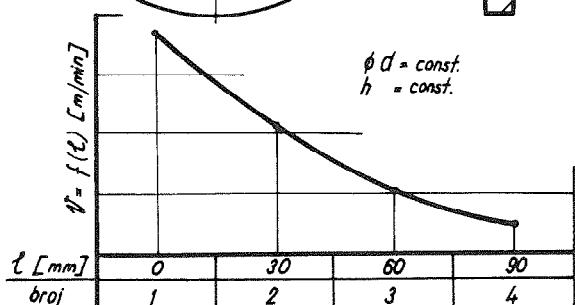


Sl.7.Metod ispitiva-
nja otpora isti-
canja metala u
zavisnosti od na-
giba radne dužine
sa orijentacionim
dijagrame otpora
isticanja



Sl.8.Metod ispitivanja otpo-
ra isticanja metala u za-
visnosti od položaja ot-
vora u odnosu na osu pr-
esovanja sa orijentacio-
nim dijagrame otpora
isticanja

Na osnovu datih metoda
i dobivenih rezultata možemo
dati matematičku zavisnost
uticaja otpora i analitički
ili grafički dati opšti mo-
del za određenu leguru i
tehnološke uslove uticaja
otpora isticanja metala za
ispitivanu zavisnost.



4. Zaključak

Zapreminske oblikovanje metala presovanjem ima vrlo veliki broj zavisno promenljivih faktora koji utiču na otpore tečenja metala tako da su istraživanja istog vrlo kompleksna a posebno radi interdisciplinarnih oblasti tehnologije eksplotacije alata, konstrukcije alata i same tehnologije presovanja. Možemo očekivati još dug period istraživanja i teoretskih dokazivanja zakonitosti procesa oblikovanja presovanjem.

Reference

1. M.Vater,H.P.Heil; Der Einfluss der Profilform auf den Kraftbedarf beim Strangpressen
"Aluminium" 3/1969 s.141-149
2. J.L.Perlin,L.H.Raitberg; Teorija presovanja metala
"Metalurgija" 1975 Moskva
3. W.Pankrin,W.Ziegler,F.J.Zilges; Konzeption und Möglichkeiten einer Versuchsstrangpressanlage am Beispiel der 800 Mp Strang und Rohr presse der TU Berlin
"Aluminium" 12/1973 s.812-822
4. K.Laue,H.Stenger; Strangpressen
"Aluminium Verlag GmbH" Düsseldorf 1976

V.Volčanšek

BEILAGE ZUR FORSCHUNG DES METALLASFLUSSWIDERSTANDES AUS DEM WERZUG BEI DER DIREKten PRESSUNG DER ALUMINIUMLEGIERUNGEN

Im Aufsatz werden die Metallfluss und Ausfliessenwiderstände aus dem Werkzeug und Einfluss von technologischen Parametern bei der direkten Pressung beschrieben.

Berichtet wird über die Untersuchungsmethodologie des Ausflusswiderstandes bei der Metallpressung in Labor und Fertigungsbedingungen zwecks der Beherrschung der neuen Presstechnologie und Auswahl der optimalen Pressparametern, für neue Pressproduktformen, für die Vergrösserung der Pressgeschwindigkeit und die Verbesserung der Güte der Pressprodukten.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

R.Kovačević, V.Domazetović ^{x)}

DEFINISANJE ZAVISNOSTI SPECIFIČNOG DEFORMACIONOG OTPORA LEGIRANIH ČELIKA OD UTICAJNIH FAKTORA METODOM TOPLOG UVIJANJA ^{xx)}

1. Uvod

Osnovna pretpostavka u toku odredjivanja deformacione sile i deformacionog rada, pri obradi plastičnom deformacijom, je poznavanje vrijednosti specifičnog deformacionog otpora metala. Pod specifičnim deformacionim otporom podrazumijeva se potreban napon da se metal u uslovima linijskog naprezanja dovede u stanje plastičnog tečenja.

Specifični deformacioni otpor, pri toploj obradi deformacijom, nije konstanta metala, već zavisi od njegovog hemijskog sastava (h), strukturnog stanja (s), veličine zrna (z), kao i od osnovnih uslova deformisanja: temperature (T), brzine deformacije ($\dot{\gamma}$) i stepena deformacije (γ). Zavisnost specifičnog deformacionog otpora od uticajnih faktora može se izraziti kao

$$k_f = k_f(h, s, z, T, \dot{\gamma}, \gamma). \quad (1)$$

Odredjivanje specifičnog deformacionog otpora u proizvodnim uslovima je vrlo otežano ili skoro neizvodljivo, pa se u tu svrhu koriste laboratorijske metode za ispitivanje mehaničkih osobina metala, kod kojih su epruvete opterećene najjednostavnijom vrstom opterećenja (zatezanjem, uvijanjem i pritiskivanjem).

Od svih laboratorijskih metoda za odredjivanje specifičnog deformacionog otpora metoda toplog uvijanja je našla najveću primjenu u svim većim naučno-istraživačkim centrima za ispitivanje metala. Ova metoda omogućava, uz vrlo niske troškove ispitivanja, snimanje krivih

x) Dr Radovan Kovačević, dipl.ing., docent Mašinskog fakulteta u Titogradu

Dr Vuko Domazetović, dipl.ing., docent Mašinskog fakulteta u Titogradu

xx) Radjeno u Institut für Verformungskunde und Walzwerkessen TU Clausthal. U finansiranju eksperimentalnog dijela ovog rada učestvovala je fondacija Alexander von Humboldt, Bonn-Bad Godesberg, BRD.

tečenja pri konstantnoj temperaturi i brzini deformacije, uz dostizanje većih stepeni deformacije [1,2,3].

Cilj ovog saopštenja je da se ukaže na mogućnost korišćenja metode toplog uvijanja za definisanje zavisnosti specifičnog deformacionog otpora legiranih čelika od temperature, brzine i stepena deformacije.

2. Odredjivanje specifičnog deformacionog otpora metodom toplog uvijanja

Odredjivanje specifičnog deformacionog otpora metodom toplog uvijanja izvedeno je za konstrukcioni vatrootporni čelik Č.4578, kao reprezentant legiranih čelika.

Ispitivanja su izvedena sa epruvetom dimenzija $\phi 6 \times 50$ mm, na plavotomjeru firme "SETERAM". U toku ispitivanja registruju se moment uvijanja, aksijalna sila, temperatura i broj uvijanja epruvete. Deformisanje je izvedeno pod sljedećim uslovima: temperatura je varirana u intervalu $800 - 1250^{\circ}\text{C}$, pri brzini deformacije od $1,26; 5,03$ i $7,55\text{s}^{-1}$.

Nizom izvedenih ispitivanja [1,2,3,4] konstatovano je da se zavisnost momenta uvijanja od brzine deformacije može izraziti eksponentijalnom funkcijom oblika

$$M = M_0 \cdot g^m, \quad (2)$$

odnosno zavisnost momenta uvijanja od stepena deformacije funkcijom oblika

$$M = 10(a_0 + 2a_2 \log^2 g) \cdot g^{a_1}. \quad (3)$$

Obrazac za izračunavanje napona na smicanje [1] glasi

$$\tilde{\tau}(g, g) = M(3 + m + p)/2\tilde{\nu}R^3, \quad (4)$$

gdje je:

m – koeficijent uticaja brzine deformacije,

$p = a_1 + 2a_2 \log g$ – koeficijent uticaja stepena deformacije.

U nizu publikacija izračunavanje napona na smicanje izvedeno je samo za maksimalne vrijednosti momenta uvijanja, uzimajući pri tom u obzir samo uticaj brzine deformacije. Ovakav način odredjivanja napona na smicanje, odnosno specifičnog deformacionog otpora, dosta je približan, naročito kad su u pitanju niže temperature i veće brzine deformacije. Imajući ovo u vidu, za izračunavanje napona na smicanje korišćeni su sljedeći obrasci:

$$\mathfrak{T}(\dot{g}) = M(3 + m)/2\bar{u}R^3, \quad (5)$$

$$\mathfrak{T}(\dot{g}, g) = M(3 + m + p)/2\bar{u}R^3. \quad (6)$$

Za izračunavanje specifičnog deformacionog otpora, odnosno uporednog napona, prema hipotezi najveće deformacione energije utrošene na promjenu oblika, korišćeni su sljedeći izrazi:

$$k_f = \sqrt{3} M(3 + m)/2\bar{u}R^3, \quad (7)$$

$$k_{f1} = \sqrt{3} M(3 + m + p)/2\bar{u}R^3. \quad (8)$$

3. Analiza zavisnosti specifičnog deformacionog otpora od uticajnih faktora

3.1. Zavisnost specifičnog deformacionog otpora od stepena deformacije

Uz pretpostavku da se hladna obrada deformacijom odvija pri konstantnoj brzini deformacije, specifični deformacioni otpor raste sa povećanjem stepena deformacije; zapravo, dolazi do očvršćavanja metala u toku deformacije (sl. 1a). Pri idealnoj plastičnoj deformaciji u toploj stanju specifični deformacioni otpor, poslije određenog stepena deformacije, više ne zavisi od njega (sl. 1b). Međutim, pri odvijanju realnog procesa toplog deformisanja tok zavisnosti specifičnog deformacionog otpora od stepena deformacije, pri konstantnoj brzini deformacije, možemo podijeliti na tri zone (sl. 1c), i to: zona plastične deformacije bez plastičnog tečenja (I), zona neustaljenog plastičnog tečenja (II) i zona ustaljenog plastičnog tečenja (III). Zona neustaljenog plastičnog tečenja sastoji se iz zone očvršćavanja (IIa) i zone omekšavanja metala (IIb). Proces očvršćavanja je posljedica plastične deformacije, a proces omekšavanja može biti izazvan dinamičkom rekristalizacijom ili dinamičkim oporavljanjem, uz istovremeno odvijanje plastične deformacije.

Za proučavanje plastične deformacije u toploj stanju od interesa je utvrditi zavisnost specifičnog deformacionog otpora od stepena deformacije u zoni neravnomernog plastičnog tečenja. Zavisnost specifičnog deformacionog otpora od logaritamskog stepena deformacije definiše tzv. krivu tečenja ili dijagram efektivnih napona.

Eksperimentom dobijene vrijednosti za specifični deformacioni otpor čelika Č. 4578 u zavisnosti od logaritamskog stepena deformacije, korelirali smo polinomom 5-og stepena, sa koeficijentom korelacije $r > 99,9\%$, tj.

$$k_f = \sum_{i=0}^5 a_i \gamma^i = a_0 + a_1 \gamma + a_2 \gamma^2 + a_3 \gamma^3 + a_4 \gamma^4 + a_5 \gamma^5, \quad (9)$$

za $\gamma=0,173 - 1,327$.

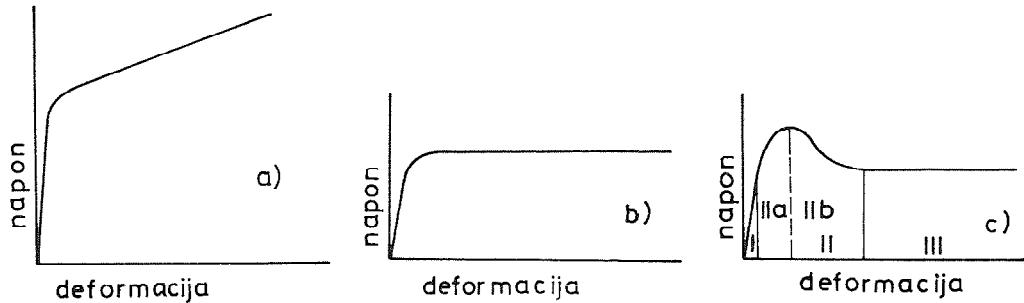
Koristeći računar za grafičko prikazivanje polinoma do 12-og stepena,firme "TEKTRONIX",odredjeni su koeficijenti iz jednačine (9) i nacrtane krive teženja za čelik Č.4578 (sl.2),pri variranju temperature i brzine deformacije.

Kao primjer,navodi se izgled jednačine (9),kojom je matematički definisana kriva teženja (na sl.2 prikazana punom linijom),pri temperaturi $T = 1000^{\circ}\text{C}$ i brzini deformacije $\dot{\gamma}=2,904\text{s}^{-1}$,koja glasi

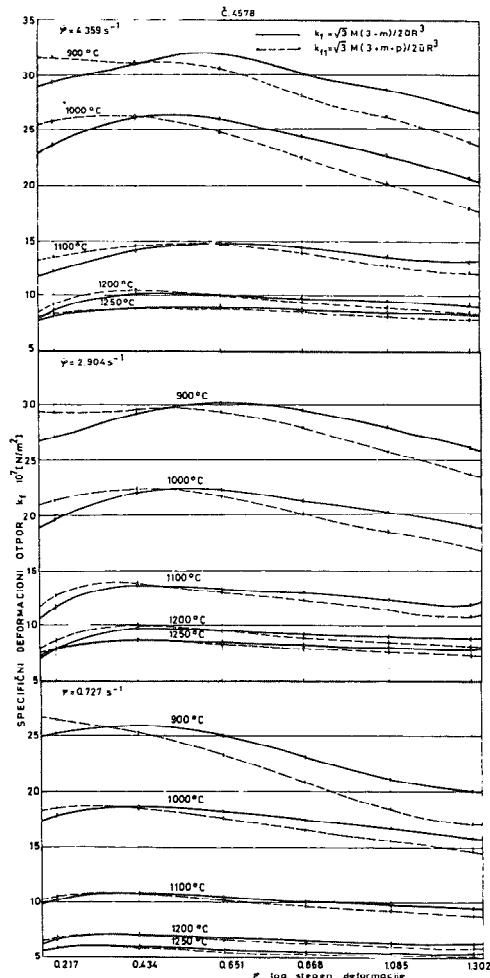
$$k_f = 16,475 + 5,741\gamma + 15,135\gamma^2 - 25,361\gamma^3 + 12,520\gamma^4 - 2,063\gamma^5.$$

Analizom krivih teženja prikazanih na sl.2 zaključuje se da su pri konstantnim uslovima ispitivanja dobijene dvije krive teženja. Naime,u jednom slučaju,određen je specifični deformacioni otpor uzimajući u obzir uticaj brzine deformacije preko korekcionog parametra m ,a u drugom,pored parametra m ,uzet je u obzir i uticaj stepena deformacije preko korekcionog parametra p (krive teženja prikazane isprekidanim linijama na sl.2).Sa sl.2 se konstatuje da su za manje stepene deformacije vrijednosti specifičnog deformacionog otpora izračunate po jednačini (6) veće od vrijednosti specifičnog deformacionog otpora izračunate po jednačini (5).Vrijednosti stepena deformacije koji odgovaraju presjeku ove dvije krive zavise od temperature i brzine deformacije.Može se konstatovati da se sa rastom temperature tačka presjeka ovih krivih pomjera ka nižim stepenima deformacije,kao i da se razlika izmedju dobijenih krivih teženja bitno smanjuje sa rastom temperature i smanjenjem brzine deformacije.

Kao što je već konstatovano,na prikazanim krivim teženja razlikuju se dvije oblasti.Prva oblast odgovara procesu ošvršavanja (IIa),a druga procesu omekšavanja (IIb).Granica izmedju ove dvije oblasti pomjera se sa rastom temperature ka nižim stepenima deformacije.Stepeni deformacije koji odgovaraju granici navedenih oblasti kreću se u intervalu $0,3 - 0,65$.Sa kinetičkog stanovišta,u fazi omekšavanja prisutna je nejednakost brzine ošvršavanja i brzine omekšavanja.Izjednačenje ove dvije brzine karakteriše zonu ravnomjernog plastičnog teženja,koja je na sl.2 evidentna pri nižim brzinama deformacije i većim temperaturama.Povećanje brzine deformacije pomjera granicu izmedju zona IIa i IIb ka većim stepenima deformacije,jer je početak procesa omeksavanja direktno zavisan od vremena.



Sl. 1. Zavisnost specifičnog deformacionog otpora (napona) od log. stepena deformacije:a) kod hladne deformacije,b) kod idealno tople deformacije,c) kod realnog procesa tople deformacije



Sl. 2. Krive tešenja za čelik Č.4578 pri $T = 800-1250^\circ\text{C}$ i $\dot{\gamma} = 0,727; 2,904$ i $4,359 \text{ s}^{-1}$, prema Mizesovom kriterijumu tešenja

3.2. Zavisnost specifičnog deformacionog otpora od brzine deformacije

Vrijednost specifičnog deformacionog otpora zavisi od procesa očvrišćavanja i omekšavanja, koji su neizbježni pratioci svakog procesa tople obrade deformacijom. S obzirom da su ovi procesi, koji se odvijaju u strukturi i rešetki metala, zavisni od vremena, u njihov uticaj na krive tečenja izražava se preko brzine deformacije.

Kod hladne obrade deformacijom uticaj brzine deformacije na specifični deformacioni otpor povezan je sa brzinom kretanja dislokacija. Pri manjim brzinama deformacije specifični deformacioni otpor skoro da ne zavisi od nje, dok sa njenim porastom dolazi do ometanja kretanja dislokacija što izaziva pojavu ošvršćavanja, odnosno dolazi do povećanja specifičnog deformacionog otpora.

Na osnovu niza publikovanih rezultata [1,2] može se konstatovati da je uticaj brzine deformacije na specifični deformacioni otpor ispod temperature rekristalizacije vrlo mali, dok je iznad temperature rekristalizacije njen uticaj znatan. Naime, sa rastom temperature prvo se odvija proces oporavljanja, a po prekoračenju određene temperature i u zavisnosti od stepena deformacije počinje proces formiranja novih zrna. Proces omešavanja, kao posljedica oporavljanja i dinamičke rekristalizacije, izvodi se u određenom vremenu, te sa rastom brzine deformacije raste specifični deformacioni otpor. U kojoj mjeri, kod tople obrade legiranih čelika plastičnom deformacijom, učestvuju procesi oporavljanja i rekristalizacije nije još dovoljno objašnjeno, mada novija ispitivanja ukazuju na mogućnost preovladjivanja procesa oporavljanja [1].

Zavisnost specifičnog deformacionog otpora želika Č.4578 od brzine deformacije moguće je, sa dovoljnom tačnošću, matematički definisati eksponencijalnom funkcijom oblika

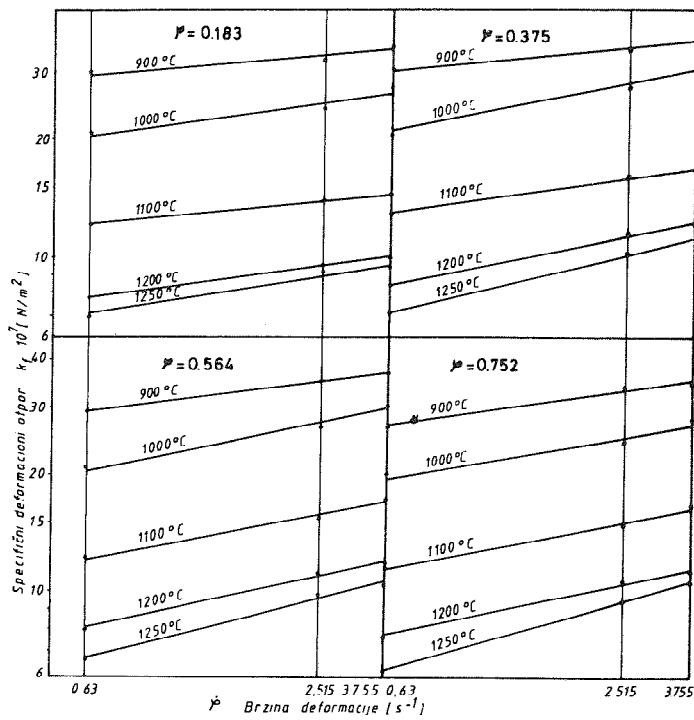
$$k_f = k_{f_0} \dot{\varphi}^{m_1}. \quad (10)$$

U dvostrukom logaritamskom sistemu $\log k_f - \log \dot{\varphi}$ jednačina (10) predstavlja jednačinu prave oblike

$$\log k_f = \log k_{f_0} + m_1 \log \dot{\varphi}, \quad (11)$$

gdje je m_1 – koeficijent uticaja brzine deformacije.

Na sl.3 prikazana je zavisnost specifičnog deformacionog otpora želika Č.4578 od brzine deformacije, varirajući temperaturu i stepen deformacije.



Sl.3.Zavisnost specifičnog deformacionog otpora čelika Č.4578 od brzine deformacije pri različitim temperaturama i stepenima deformacije

Analizom dijagrama prikazanih na sl.3 konstataju se da sa rastom brzine deformacije raste specifični deformacioni otpor čelika Č.4578. Ovakav uticaj brzine deformacije na specifični deformacioni otpor objašnjava se preko relativnog odnosa izmedju procesa očvršćavanja, oporavljanja i rekristalizacije.Ukoliko je temperatura viša a brzina deformacije manja tada postoje povoljni uslovi za odvijanja procesa oporavljanja i rekristalizacije.Pri tim uslivima specifični deformacioni otpor skoro da ne zavisi od brzine deformacije.Medutim,ukoliko je temperatura niža a brzina deformacije veća,proces oporavljanja je usporen i efikasnost mu se smanjuje,što za posljedicu imam očvršćavanje metala u toku deformacije.

Sa dijagrama prikazanih na sl.3 evidentno je da se nagib pravih, odnosno vrijednost koeficijenata brzine deformacije m_1 , povećava sa rastom temperature,što potvrđuje ranije navedenu konstataciju,da sa rastom temperature raste uticaj brzine deformacije na specifični deformacioni otpor.Pored uticaja temperature na koeficijent brzine deformacije utiče i stepen deformacije,tako da je

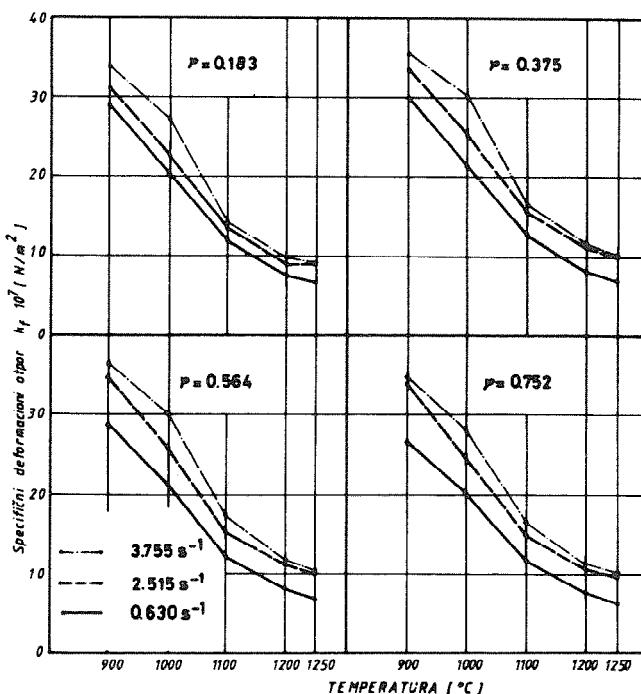
$$m_1 = f(P, T). \quad (12)$$

Unutrašnje zagrijavanje epruvete u toku deformacije relativno malo utiče na tok zavisnosti specifičnog deformacionog otpora od brzine deformacije.

3.3. Zavisnost specifičnog deformacionog otpora od temperature

Kroz analizu uticaja stepena i brzine deformacije analiziran je i uticaj temperature na specifični deformacioni otpor.

Pri analiziranju krivih tečenja konstatovano je da se sa porastom temperature smanjuje uticaj stepena deformacije na specifični deformacioni otpor, to jest smanjuje se očvršćavanje u toku deformacije. Sa sl.2 se zaključuje da je već iznad temperature od 1100°C teško pratiti zavisnost specifičnog deformacionog otpora od temperature na osnovu krivih tečenja. Imajući ovo u vidu, na sl.4 prikazana je zavisnost specifičnog deformacionog otpora čelika Č.4578 od temperature pri različitim brzinama i stepenima deformacije.



Sl.4. Zavisnost specifičnog deformacionog otpora čelika Č.4578 od temperature pri različitim brzinama i stepenima deformacije

Sa dijagrama prikazanih na sl.4 zaključuje se da specifični deformacioni otpor čelika Č.4578 neravnomjerno opada sa rastom temperature. Naime, na dijagramima su prisutna dva temperaturna intervala sa različitim trendom opadanja specifičnog deformacionog otpora pri rastu temperature; tj. sa rastom temperature od 900 do 1100°C specifični deformacioni otpor naglo opada, da bi sa daljim rastom temperature od 1100 do 1250°C taj pad bio znatno blaži. Stepen deformacije bitno ne utiče na karakter zavisnosti specifičnog deformacionog otpora od temperature.

4. Zaključak

Za ispitivanje specifičnog deformacionog otpora legiranih čelika usvojena je metoda toplog uvijanja, kao metoda sa kojom se sa doista uspjeha mogu simulirati realni procesi tople obrade deformacijom.

Na osnovu eksperimentalnih podataka, koristeći koreACIONU analizu, matematički su definisane zavisnosti specifičnog deformacionog otpora od stepena i brzine deformacije.

Analizom krivih tečenja konstatovana je opravdanost uzimanja u obzir koeficijenata očvršćavanja pri određivanju specifičnog deformacionog otpora, naročito pri nižim temperaturama i većim brzinama deformacije. Takodje, na osnovu dobijenih krivih tečenja utvrđena je oblast očvršćavanja ispitivanog čelika u zavisnosti od temperature i brzine deformacije. Na osnovu dobijenih podataka zaključuje se da se sa rastom temperature povećava uticaj brzine deformacije a smanjuje uticaj stepena deformacije na specifični deformacioni otpor.

Izvedena ispitivanja ukazuju na neophodnost sistematskog ispitivanja tople obradivosti legiranih čelika u cilju optimizacije termomehaničkog režima njihove obrade plastičnom deformacijom.

Literatura

- [1] Kovačević R., Prilog identifikaciji obradivosti čelika plastičnom deformacijom sa izborom optimalne metode za ispitivanje njihovih plastičnih svojstava, Titograd 1978. (Disertacija U.Titograd)
- [2] Kovačević R., P. Funke, Ermittlung der Formänderungsfestigkeit eines legirten Stahles im Warmverdrehversuch, International Symposium on Hot Formability of Steels, 19. - 22.9.1978. god., Ostrava, Čehoslovačka

- [3] Kovačević R., P. Funke, Ermittlung der Formänderungsfestigkeit im Warmverdrehversuch, Stahl und Eisen 98(1978), Nr.21
[4] Nolkemper M., Über den Zusammenhang zwischen der Formänderungsfestigkeit und ihren Einflussgrößen, Schmiedetechnische Mitteilungen, Nr. 3, 1966, s. 153/157

R. Kovačević, V. Domazetović

BEEINFLUSSUNG DES FORÄNDERUNGSFESTIGKEIT LEGIRTER STAHL BEI DER WARMFORMGEBUNG DURCH TEMPERATUR, FORMÄNDERUNGSGESCHWINDIGKEIT UND FORMÄNDERUNG

In die Arbeit wurde das mathematische Verfahren der Fließkurvenaufnahme aufgrund der im Warmverdrehversuch erhaltenen Angaben dargestellt. Aufgrund der erhaltenen Ergebnisse stellen wir fest, dass die Fließkurven mathematisch mit grosser Genauigkeit mit dem Polynom 5 – ten Grades in einem sehr breiten Formänderungsbereich definiert werden können.

Neben der Analyse des Einflusses der Formänderung in der Arbeit ist auch der Einfluss der Formänderungsgeschwindigkeit und der Temperatur auf die Formänderungsfestigkeit legierten Stählen analysiert.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

V. Domazetović, R. Kovačević, R. Vukasojević x)

ISTRAŽIVANJE FUNKCIJE POUZDANOSTI IZRade ELEMENATA DUBOKIM IZVLAČENJEM NA OSNOVU RASIPANJA DEBLJINE xx)

Tehnički sistemi svojim radom ostvaruju funkciju cilja, koja je unaprijed definisana tako da se izlazni parametri tokom vremena nalaze u zoni dozvoljenih odstupanja. U ispunjavanju namjene svi elementi jednako ne utiču na njeno ostvarivanje. To u prvom redu zavisi od konstrukcije i izvjeđbe kako elemenata tako i sistema u cjelini. Ša tim u vezi se ne može očekivati da se ispunjenje zahtjeva po pojedinim parametrima jednako odražava na odstupanje izlaznih vrijednosti koje se kontrolisu kao pokazatelji ispunjenja namjene. Čak i u onim slučajevima kada se u istom sistemu izvodi zamjena istorodnih elemenata moguće je kroz dalje funkcionisanje primijetiti da je došlo do odgovarajućih promjena. Elementi svojim specifičnostima utiču na rad sistema i s obzirom na njihov broj uvjek se postavlja mogućnost da se u datim uslovima ostvari zadovoljavajuće funkcionisanje. Međuzavisnost uticaja se mijenja tokom vremena u užim ili širim granicama rasipanja po svim parametrima. Ukoliko su zone odstupanja u kojima se mogu nalaziti dozvoljene radne vrijednosti parametra uže moguće je očekivati češće izlaženje van njih, nasuprot slučajevima kod kojih su šire gdje dolazi do manjeg broja poremećaja tokom rada.

Smanjenjem moguće oblasti dozvoljenih odstupanja sistem postaje osjetljiviji a ispunjavanje namjene teže ostvarljivo. Pojavljuje se veći broj prekoračenja dozvoljenih granica vrijednosti uočenih

-
- x) Dr Vuko Domazetović, dipl.ing., docent Mašinskog fakulteta u Titogradu
Dr Radovan Kovačević, dipl.ing., docent Mašinskog fakulteta u Titogradu
Mr Radomir Vukasojević, dipl.ing., predavač Mašinskog fakulteta u Titogradu
xx) rađeno u Krušiku u Valjevu i na Mašinskom fakultetu u Titogradu.
U finansiranju učestvovala i republička zajednica za naučno istraživački rad SRCG.

parametara koji se ostvaruju u istim radnim uslovima tokom procesa. Ustvari, strogo posmatrano nikada nije moguće govoriti o istim radnim uslovima pa ma koliko oni bili istovjetni, već o usvajajući da se na osnovu ponašanja može prihvati da su odstupanja sredine tokom vremena takva da se ne moraju uzeti u obzir, odnosno da se posmatra rasipanje parametara u takvim uslovima koji se tokom procesa unešte, takođe mogu i mijenjati. Ako se nastavi sa smanjenjem širine dozvoljene zone odstupanja dolazi se do graničnog slučaja kada je ona jednak nuli odnosno da se uočava samo nominalna vrijednost parametara. U takvom stanju bi sistem bio i suviše osjetljiv jer ne postoji zona odstupanja, koja je neminovna kod tehničkih sistema, te bi ga u takvom stanju bilo nemoguće održavati.

Radni parametri sistema se tokom rada mogu nalaziti u oblasti dozvoljenih odstupanja kao i van nje. Ukoliko su uočeni parametri u dozvoljenim zonama, sistem radi ispravno, odnosno ako su vrijednosti nekog od njih van usvojene zone sistem je u otkazu. U zavisnosti od stanja u kome se sistem tokom vremena nalazi moguće je u odgovarajućim uslovima i vremenu eksploatacije definisati zakonitost rasipanja vrijednosti. Kako su granice dozvoljenih odstupanja vrijednosti istovremeno i granice definisanja stanja sistema to se sa njihovim pomjeranjem mijenja i polje rasipanja a sa tim oblast u kojoj važe zakoni rasipanja. U ovom slučaju se posmatra ukupno polje rasipanja koje obuhvatnije tretira ponašanje sistema u cjelini. Dobijeni zakoni rasipanja važe u posmatranoj oblasti rasipanja bez obzira gdje se nalazile dozvoljene granice rasipanja. U takvim uslovima je moguće definisati i funkciju pouzdanog ostvarivanja vrijednosti analiziranih karakteristika koja odgovara analiziranim radnim uslovima. Kako se u ovom slučaju radi o analizi rasipanja parametara elemenata dobijenih dubokim izvlačenjem moguće je tako definisati funkciju pouzdanosti ostvarivanja nazvati funkcijom pouzdanosti izrade [1]. Obuhvatajući čitavo područje rasipanja vrijednosti moguće je u određenim uslovima govoriti o njihovoj uzajamnoj vezi i analizirati njihove međuzavisnosti uz određivanje oblika i jačine njihove stohastičke veze, koja bi važila u oblasti dozvoljenih odstupanja kao i van nje.

Rasipanje dimenzionalnih karakteristika se razmatra na elementima dobijenim dubokim izvlačenjem bez promjene debeline zida. Iz platine

od čistog elektrolitičkog bakra koji je proizведен posebnim postupcima se radi čašica levkastog oblika. Namjena proizvoda je iziskivala da je to beskiseonični bakar koji se tokom livenja, valjanja i termičke obrade morao specijalno tretirati kako bi se dobile ujednačene mehaničke osobine u svim pravcima u odnosu na pravac valjanja. Prosijecanje rondela i obaranje ivica je predvodilo pakovanju kako bi se izbjeglo oštećenje površina i stvaranje oksidnog sloja. Čašica je radena u deset operacija od kojih prve dvije na ekscentar a ostalih osam na hidrauličnoj presi. Prije početka radne serije od 10000 komada obradni sistem je brižljivo pripreman i na njemu uratena probna serija. Kada se došlo do zaključka da je obradni sistem pripremljen u rađena je jedna količina dobrih elemenata pa se nakon toga pristupilo odbrojavanju serije. U zavisnosti od mogućeg obima ispitivanja možeće je izdvajiti veći broj elemenata na dalju kontrolu. Ispitivana je grupa od dvadeset elemenata na svakih pet sto proizvedenih i sadržavan na dalju detaljniju kontrolu onaj koji je imao težinu najblizu srednjoj težini skupa. Određivanje vrijednosti dijametra, debeline i visine elementa je izvođeno u presjeku meridijalnih i cirkularnih ravnih. Čitanje veličina je izvođeno na mjernom satu tačnosti 0,01 mm. Dobijene vrijednosti su uno-

Tabela br.1 Vrijednosti z , ρ i s u presjeku meridijalnih i cirkularnih ravnih za 1000 komad iz 10 operacije

meridijalne ravni / dimenzije

Red.	1				2				3				4			
	Br.	z	ρ	s	z	ρ	s	z	ρ	s	z	ρ	z	ρ	s	
1	0,61	4,06	1,96	0,64		1,38	0,65		1,85	0,65		1,87				
2	1,37	5,00	1,81	1,43		1,31	1,48		1,83	1,46		1,84				
3	1,98	5,50	1,34	2,00		1,84	2,11		1,87	2,11		1,87				
4	2,43	5,74	1,85		5,67	1,85		5,67	1,83		5,67	1,85				
5	2,98	5,93	1,84		5,87	1,87		5,34	1,86		5,34	1,85				
6	3,43	6,06	1,93		5,96	1,91		5,91	1,90		5,90	1,89				

Šene u tabele tipa br.1, sa tim da se radilo sa osam meridijalnih poluravnih i daleko većim brojem cirkularnih ravnih. U zavisnosti od operacije koja je posmatrana broj cirkularnih ravnih u kojima je izvođeno snimanje parametara u presječnim tačkama sa meridijalnim ravnima je iznosio od četrdeset u prvoj do osamdeset u desetoj

operaciji, što se zbog ograničenosti prostora ne navodi.

U teorijskim analizama procesa izrade elemenata dubokim izvlaženjem bez promjene debljine zida se polazi od uslova da se tokom rada ona ne menja. Međutim, u realnim procesima je promjena debljine prisutna i na mjestima pojave lokalizacije deformacije može biti odlučujuća za dalje odvijanje procesa. Time je postojanje logaritamskog stepena deformacije duž konture elementa evidentno i u odgovara-jućim tačkama ili zonama je po apsolutnoj vrijednosti ravan zbiru cirkularnog i meridijalnog logaritamskog stepena deformacije. U drugim zonama se pojavljuje maksimalna vrijednost cirkularnih ili me-ridijalnih logaritamskih stepeni deformacije.

Odstupanje debljine od njene početne vrijednosti je prisutno kako u cirkularnim tako i u meridijalnim ravnima što se da primijeti u tabeli 1. Ukoliko se želi posmatrati osnosimetrično tijelo moguće je nalaženjem veličina matematičkog očekivanja vrijednosti debljine u cirkularnim ravnima formirati tabele tipa br.2. One mogu

Tabela br.2 Izvedene vrijednosti matematičkog očekivanja i ocjene srednjeg kvadratnog odstupanja

Red. br.	\bar{z}	\bar{s}	S_z	S	S_s
1	0,62	4,03	1,85	0,03	0,0
2	1,38	5,0	1,83	0,09	0,0
3	2,00	5,5	1,85	0,11	0,0
4	2,48	5,73	1,83	0,0	0,05
5	2,98	5,91	1,84	0,0	0,05
6	3,48	5,99	1,89	0,0	0,07

poslužiti određivanju zakonitosti rasipanja srednjih vrijednosti debljine u cirkularnim ravnima tokom procesa. Treba napomenuti da je moguće određivati zakonitosti rasipanja izvornih vrijednosti u cirkularnim ravnima tokom procesa [3,4]. Ovako dobijene zakonitosti rasipanja po pravilu dobro interpretiraju ponašanje u ravnini za koju su određivane, dok se odstupanje vrijednosti u blizini uočene zone može i znatnije razlikovati. Kako uočenih poprečnih presjeka može biti veoma mnogo to bi istraživanje rasipanja u svima bilo veoma otežano, te se postavlja kriterijum linearnosti rasipanja parametara u pojedinim zonama odnosno presjecima. Naime, u toku procesa dubokog izvlaženja bez promjene debljine zida se postiže kontinualna promjena debljine. Počev od mesta gdje osa simetrije prodire dno čančeta

XVII - 5

debljina se počinje smanjivati da bi na dijelu prelaza dna u cilindrični deo postigla svoju najmanju vrijednost, odakle postepeno raste do vijenca na kom se pojavljuje zadebljanje. Ukoliko se element radi u više operacija duž izvodnice je moguća pojava i smanjenja debljine. Kako je kontura neprekidna normalno je očekivati izvjesnu zavisnost parametara u odgovarajućim presjecima tokom procesa. U onim presjecima koji su međusobno bliski, vrijednosti debljina se malo razlikuju međusobom, te je njihova uzajamna veza vrlo jaka da se može smatrati funkcionalnom. Ona se može predstaviti linearnom zavis-

$$s_i = a s_{i-1} + b \quad \dots \quad /1/$$

nošću oblika 1. Ako su odstupanja mala odsječak na ordinati je bližak nuli, dok je koeficijent pravca prave blizak jedinici. Razilaženje vrijednosti na većim odstojanjima je uočljivije, te se ne može govoriti o funkcionalnoj već o stohastičkoj vezi. Određivanjem koreacione zavisnosti se preko veličine koeficijenta korelacije može ocijeniti jačina predstavljene linearne veze, odnosno kada se usvoji prihvatljiva zona odstupanja koeficijenta korelacije moguće je nalaziti poprečne presjeke u kojima bi trebalo nalaziti zakon rasipanja kako bi čitava kontura bila obuhvaćena zonama ispitivanja. Time je na analiziranom elementu dobijenom iz desete operacije usvojeno 15 poprečnih presjeka kod kojih vrijednost koeficijenta korelacije može da bude i vrlo visoka kao što se vidi iz jednakosti

$$s_{18} = 1,027 s_{12} - 0,039 \quad r = 0,99 \quad \dots \quad /2/$$

2, koja daje zavisnost rasipanja debljine u poprečnim ravnima koje su udaljene od dna 12 i 18 mm. Dobijene vrijednosti rasipanja debljine postupno po toku proizvodnje i usvojenim presjecima se mogu

Tabela br. 3 Rasturanje debljine zida elementa

Redni broj kontrolisanih elemenata

Red. br.	z	100	500	1000	1500	2000	2500	3000
1	1,0	1,744	1,815	1,846	1,817	1,789	1,769	1,346
2	3,0	1,737	1,777	1,841	1,821	1,798	1,877	1,843
3	6,0	1,757	1,780	1,792	1,824	1,741	1,854	1,772
4	12,0	1,828	1,840	1,837	1,873	1,810	1,875	1,833
5	18,00	1,837	1,843	1,842	1,876	1,812	1,879	1,838
6	24,0	2,002	1,996	2,004	2,039	1,970	2,036	2,002

unijeti u tabele tipa br.3.U prvu kolonu se unosi broj mjernih taka koje su usvojene na osnovu kriterijuma linearnosti rasipanja.U drugu kolonu su unesene visine elementa koje odgovaraju odstojanju mjerne ravni od dna čašice,dok su u ostale kolone unesene vrijednosti debljine postupno po toku proizvodnje.Tabela se nastavlja i po horizontali i po vertikali,što se ovdje ne prikazuje.Moguća je korelaciona zavisnost bilo kog poprečnog presjeka,sa tim da se sa povećanjem rastojanja može smanjivati jačina linearne stohastičke veze,što se pojavljuje pri nalaženju linearne zavisnosti između debljina u poprečnim presjecima i početne debljine rondele iz koje je čašica rađena.Zavisnost 3 daje stohastičku vezu vrijednosti debljine u cirkularnoj ravni koja je udaljena od dna 30 mm i početne vrijednosti debljine.Primjećuje se da je koeficijent korelacije r

$$s_{30} = 1,685s_0 - 1,605 \quad r = 0,42 \quad \dots /3/$$

osjetno niži nego u predhodnom slučaju,što ne isključuje mogućnost postojanja nelinearne korelace zavisnosti sa većom jačinom veze.

Analizom rasipanja vrijednosti,koje su unesene u tabele tipa br.3,moguće je naći teorijski model rasipanja odnosno funkcije podudanosti dobijanja debljine.Radi pregleđnije obrade izvedena je tabela br.4,koja se koristi da se odrede teorijske funkcije rasipanja i provjeri njihova usaglašenost sa ostvarenim eksperimentalnim rasturanjem.Na osnovu preliminarnih istraživanja došlo se do ubjedenja,da se u datim uslovima procesa,rasturanje može uspješno interpretirati Vejbulovom raspodjelom,sa tim da se provjri da li se u nekoj od uočenih zona duž konture elementa mogu pojaviti i drugi zakoni rasturanja.Daljim razmatranjem je pored Vejbulove,ispitivana normalna i logaritamska normalna raspodjela.Testovima usaglašenja je potvrđeno da je njihovo prisustvo moguće i da se predpostavka ne protivi eksperimentu,sa tim da se u osnovi rasipanje predstavlja Vejbulovom raspodjelom.

U drugu kolonu tabele br.4 su unesene oznake vrijednosti koje se postupno koriste,a u drugu i treću vrstu minimalne i maksimalne granice rasipanja debljine u cirkularnoj ravni koja je od dna udaljena 42 mm.Broj frekvencija po intervalu f_e i kumulativno svih predhodnih zajedno sa posmatranim intervalom f'_e kod eksperimentalnog rasturanja je unesen u vrste 4 i 5,a eksperimentalna funkcija

Tabela br.4 Usaglašenje eksperimentalne i teorijskih raspodjela

1	intervali	1	2	3	4	5
2	$s_{42\min}$	2,199	2,227	2,255	2,283	2,311
3	$s_{42\max}$	2,227	2,255	2,283	2,311	2,339
4	f_e	4	3	7	5	2
5	f'_e	4	7	14	19	21
6	$F_e = f'_e/N$	0,19	0,333	0,667	0,905	1,0
7	t_e	-0,878	-0,431	0,431	1,31	1,965
8	$t_e = 26,525s_{42} - 60,077$; $r = 0,99$; $\bar{\delta}_{s_{42}} = 0,038$; $\bar{s}_{42} = 2,265$					
9	t_n	-1,006	-0,263	0,479	1,222	1,965
10	F_n	0,157	0,396	0,684	0,889	0,975
11	f_n	2,46	5,02	6,04	4,31	1,81
12	$f_n = 0,666f_e + 1,129$; $r = 0,73$					
13	$\ln s_{42}$	0,801	0,813	0,825	0,838	0,850
14	$\ln \ln [1/(1-F_e)]$	-1,554	-0,903	0,094	0,855	1,678
15	$\ln \ln [1/(1-F_e)] = 66,331 \ln s_{42} - 55,128$; $r = 0,998$; $\gamma = 2,2816$					
	$\bar{\delta}_{s_{42}} = 0,035$; $\bar{s}_{42} = 2,262$; $R(s_{42}) = e^{-\frac{s_{42}}{(2,2816)} 66,33}$					
16	F_v	0,180	0,367	0,647	0,905	0,995
17	f_v	2,06	3,93	5,88	5,42	1,89
18	$f_v = 0,778f_e + 0,568$; $r = 0,81$					
19	$t_e = 60,428 \ln s_{42} - 49,398$; $r = 0,99$; $\bar{\delta}_{\ln s_{42}} = 0,016$; $\bar{\ln s}_{42} = 0,8175$					
20	t_{ln}	-0,995	-0,270	0,455	1,241	1,966
21	F_{ln}	0,160	0,394	0,675	0,893	0,975
22	f_{ln}	2,57	4,91	5,92	4,56	1,73
23	$f_{ln} = 0,676f_e + 1,097$; $r = 0,75$					

F_e u vrstu 6. Pod predpostavkom da se eksperimentalno rasipanje može tretirati zakonom normalne raspodjele iz odgovarajućih tabela [2] se dobijaju kvantili eksperimentalne raspodjele t_e koji su uneseni u vrstu 7. U koordinatnom sistemu u kojem se na apscisu nanosi slučajna promjenljiva s , a na ordinatu odgovarajuća vrijednost kvantila t_e se kroz tačke koje imaju koordinate vrijednosti vrsta 3 i 7, a pod uslovom da se radi o normalnoj raspodjeli, može povući prava.

Korištenjem metode najmanjih kvadrata dobija se zavisnost koja je unesena u vrstu 8, preko koje se, korištenjem granica intervala iz vrsta 2 i 3, dobijaju kvantili predpostavljene normalne raspodjele t_n . Upotreboom odgovarajućih tabela se uz korištenje kvantila normalne raspodjele iz vrste 9 dobijaju vrijednosti funkcije nepouzdanosti F_n i unose u vrstu 10, da bi se, potom, u ranije utvrđenim intervalima našle vrijednosti teorijskih frekvencija normalne raspodjele f_n . Ukoliko je predpostavka valjana može se očekivati linearna zavisnost sa čvрstom korelacijom vezom između frekvencija eksperimentalne i teorijske raspodjele, kako je to izraženo zavisnošću u vrsti 12. Visok koeficijent korelacijske kod ovih zavisnosti podkrepljuje predpostavku da se može očekivati i normalna raspodjela.

Provjera rasipanja debljine po Vejbuloj raspodjeli se izvodi nalaženjem linearne korelace zavisnosti između logaritamskih vrijednosti debljine na kraju intervala $\ln s$ i vrijednosti dobijene dvostrukim logaritmovanjem recipročnih vrijednosti funkcije pouzdanosti eksperimentalne raspodjele $\ln \ln [1/(1-F_e)]$, kako je to dato u vrstama 13, 14 i 15. U vrstu 16 su unesene vrijednosti Vejbulove funkcije nepouzdanosti i na osnovu njih se nalaze frekvencije f_v i unose u vrstu 17. Veza između eksperimentalnih i teorijskih vrijednosti frekvencija je data linearnom korelacijom zavisnošću u vrsti 18. Uporedjivanje koeficijenata korelacijskih koji su dobijeni pri predpostavljenju normalnoj, odnosno Vejbuloj raspodjeli, daje za pravo predpostavci da se sa više vjerovatnoće može očekivati poslednja.

Tretiranje predpostavljene logaritamske normalne raspodjele se izvodi na sličan način kao i normalne, sa tim da se umjesto vrijednosti slučajne promjenljive radi sa njenim logaritamskim veličinama. Tako se traži zavisnost logaritamskih vrijednosti gornjih granica intervala datih u horizontali 13 i kvantila eksperimentalne raspodjele datih u vrsti 7 koja je unesena u vrstu 19. Iz te linearne korelace zavisnosti se dobijaju kvantili logaritamske normalne raspodjele koji su uneseni u horizontalu 20 i na osnovu njih se, upotreboom odgovarajućih tabela nalaze vrijednosti funkcije raspodjele, koje su date u vrsti 21. Na osnovu njih se, u opsegu intervala i ukupnog broja frekvencija, nalaze frekvencije predpostavljene logaritamske normalne raspodjele f_{\ln} koje su unesene u vrstu 22.

XVII - 9

Veza između eksperimentalnih frekvencija i onih koje su izvedene na osnovu pretpostavke o mogućoj prisutnosti logaritamske normalne raspodjele je data linearном zavisnošću i unesena u vrstu 23. Vrijednosti koeficijenta korelacija, koje se javljaju kod sve tri raspodjele, daju za pravo predoostavci da se eksperimentalno rasturanje vrijednosti može najusvoješnije predstaviti Vejbulovom raspodjelom. Slične analize su izvedene za 13 presjeka duž konture, koji su usvojeni na osnovu kriterijuma linearnog rasipanja i prema zavisnosti 4 une-

$$R(s)_z = e^{-(\frac{s}{\eta})^\beta} \quad \dots \quad /4/$$

sene u tabelu br.5. U prvu vrstu su unesena odstojanja poprečnih presjeka od dna čašice z, a u drugu i treću parametar homogenosti β i centra grupisanja η . U četvrtu kolonu je unesen koeficijent korela-

Tabela br.5 Pokazatelji funkcije pouzdanosti izrade

z	3,0	6,0	12,0	18,0	24,0	36,0	42,0	48,0	54,0	60,0	66,0	72,0	78,0
η	1,39	1,79	1,35	1,36	2,02	2,27	2,28	2,28	2,22	2,22	2,36	2,39	
β	57	18	37	39	46	89	67	85	56	66	38	67	93
r	0,98	0,98	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,97
cije r koji pokazuje jačinu ostvarene linearne stohastičke veze u logaritamskom sistemu između eksperimentalne i predpostavljene teorijske raspodjele. Njegove visoke vrijednosti upućuju da se sa dovoljno sigurnosti može zaključiti da se ponašanje rasipanja deblji ne da tretirati Vejbulovom raspodjelom čiji parametri od zone do zone imaju izmijenjene vrijednosti.													

Zaključak

Istraživanje rasipanja debljine elemenata dobijenih dubokim izvlačenjem bez promjene debljine zida treba izvesti u više presjeka koji se prema ustanovljenom kriterijumu nalaze na izvjesnom rastojanju, kako bi se izvršilo ispitivanje duž čitave konture.

Pri određivanju funkcije pouzdanosti izrade ustanovljeno je da se sa najviše vjerovatnoće rasipanje debljine može tretirati Vejbulovom raspodjelom, sa tim da se od presjeka do presjeka može očekivati promjena parametara. Dobijene vrijednosti parametra homogenosti ukazuju na relativno uske ali nejednake širine zona rasipanja.

L I T E R A T U R A

- 1.DOMAČETOVIC V.:Prilog istraživanju pouzdanosti izrade elemenata dubokim izvlačenjem bez promjene debljine zida,doktorski disertacija,Beograd 1978.
- 2.MOR J.B.:Statističke metode analize i kontrole kvaliteta i pouzdanosti,Beograd 1975.
- 3.TODOROVIĆ J.,DOMAČETOVIC V.:Istraživanje pouzdanosti izrade levkastih elemenata na osnovu rasipanja debljine i visine,EFIES'78.,ovi Sad.
- 4.DOMAČETOVIC V.,KUVAČEVIĆ R.:Analiza pouzdanosti izrade elemenata dubokim izvlačenjem oez promjene debljine zida na osnovu rasipanja debljine u drugoj operaciji,gor 1978.

R e z i m e

Istražuje se rasipanje vrijednosti debljine elemenata dobijenih dubokim izvlačenjem bez promjene debljine zida.Ispitivanje se izvodi u više cirkularnih ravnih dije rastojanje se utvrđuje na osnovu postavljenoj kriteriju linearnosti rasipanja.Pokon rada se došlo do zaključka da se rasturanje debljine može uspješno tretirati Vejbullovom raspodjelom koji od presjeku do presjeka može imati i nešto izmijenjene vrijednosti parametara.

S u m m a r y

The problem of distribution of thickness of elements produced by raw dies without the change of thickness has been investigated in this study.The investigation has been carried out several circular planes,the distance of which was established on the basis of the linear distribution criterion.During the work the conclusion was arrived at,that the distribution of thickness can be successfully treated by the Weibull distribution,which can have somewhat changed values of the parameters.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

P. Vogrič *)

UPORABA KIBERNETIČNIH MODELOV ZA FLEKSIBILNO AVTOMATIZACIJO PREOBLIKOVANJA

01 SPLOŠNO

Avtomatizirani preoblikovalni stroji omogočajo proizvodnjo z nenehnim ponavljanjem enakih izdelovalnih postopkov.

Tako zaporedje sprememb oblike daje serijsko proizvodnjo relativno enakih izdelkov.

Potrebno je ločiti fiksno oziroma ozko namensko avtomatizacijo, ki se uporablja pri velikih serijah od fleksibilne avtomatizacije za male serije. Pri velikih serijah se le redko menja izdelovalni postopek, zato je amortizacija namenskih sredstev zagotovljena, če tudi je velika. Posebno vprašanje pa nastopa pri majhnih serijah in pogosten menjavanju izdelovalnega postopka. To vprašanje bo podano s sintezo uporabe kibernetičnih modelov na relaciji izdelovalni postopek, oprema, krmiljenje in sprotno merjenje.

02 DEFINICIJA PREOBLIKOVALNEGA SISTEMA

Obdelovalni sistem z uporabo preoblikovalnih postopkov je preoblikovalni sistem, ki uporablja preoblikovalno opremo s sestavo: stroj, orodje in mehanizacija. Leta mora imeti možnost krmiljenja preoblikovalnega postopka. V proces dovajamo material, ki ima fizikalne, kemijske in geometrijske lastnosti. Odvajamo izdelek s spremenjenimi, predvsem geometrijskimi lastnostmi (nova oblika).

V povratni zvezi s preoblikovalnim postopkom je oprema s podsistemi: pozicionirni (P), kinematski (K) in energetski (E), ki dovajajo v postopek potrebne parametre (gib, hitrost in sila).

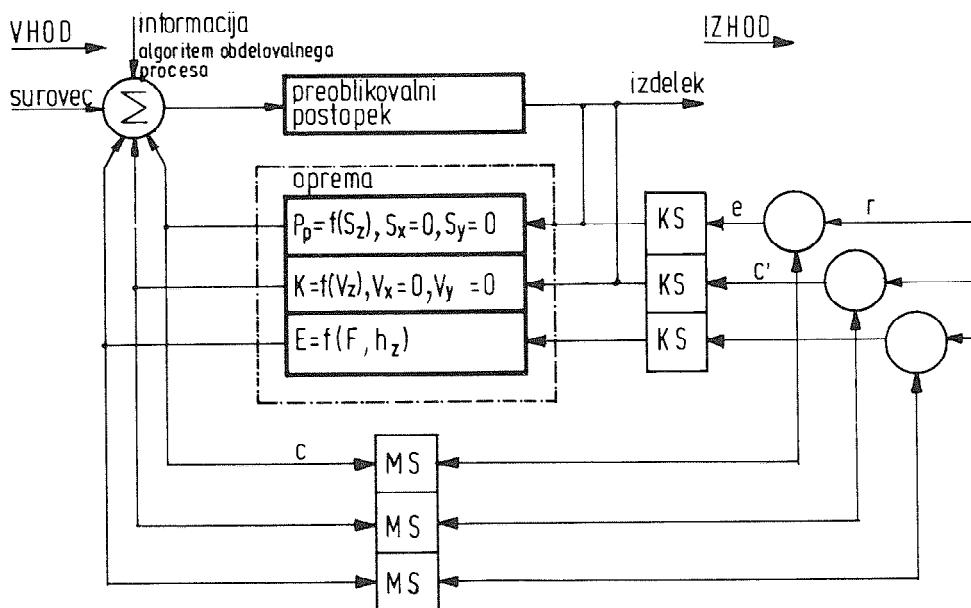
*) mag. Peter Vogrič, dipl.ing., TZ Litostroj, Ljubljana

XVIII – 2

Preoblikovalni sistemi z enim postopkom so enostavnii (prvega reda), z več postopki pa sestavljeni (integrirani postopki). Preoblikovalni stroji pretvarjajo potencialno in kinetično energijo v preoblikovalno delo. Pri linearinem relativnem gibanju orodja imajo stroji tako omejeno energijo, silo ali gib. Pri krožnem relativnem gibanju orodja nastopa vrtilni moment z možnostjo preoblikovanja v eni ali dveh smereh. Vsaka sprememba v izdelovalnem postopku, ki izvira iz spremembe surovca ali izdelka potrebuje spremenjene kinematične in energijske karakteristike. Zato je potrebno uravnavanje parametrov kot so: sile preoblikovanja, gibov in hitrosti. Spremembe zaznamo s kontrolo pri vhodu surovca v proces in na izhodu izdelka. Zato merimo karakteristične vrednosti (obliko, velikost, odstopke mer in površino).

03 ZASNOVA FLEKSIBILNE AVTOMATIZACIJE

Fleksibilnost avtomatizacije preoblikovalne opreme bo podana s kibernetičnim modelom v splošni blokovni predstavi.



Sl. 1. Model fleksibilne avtomatizacije preoblikovalnega procesa (2).

XVIII - 3

Za linearne delujejoče stroje bo:

$P = P_z$ - pozicioniranje $s_x = 0$, $s_y = 0$, $s_z = h$

$K_x = K_y = \text{kinematika}$, $v_x = 0$, $v_y = 0$, $v_z = \text{bitrekt}$, ω_{spada}

$E = E_0 = \text{energijsa preoblikovanja } E = f(E_0 - s)$

$E = E_z$ = energija prese

S - zaitevalla vřednos

U - dejanska vredni

RS - KIMMEL SYSTEM

ANSWER

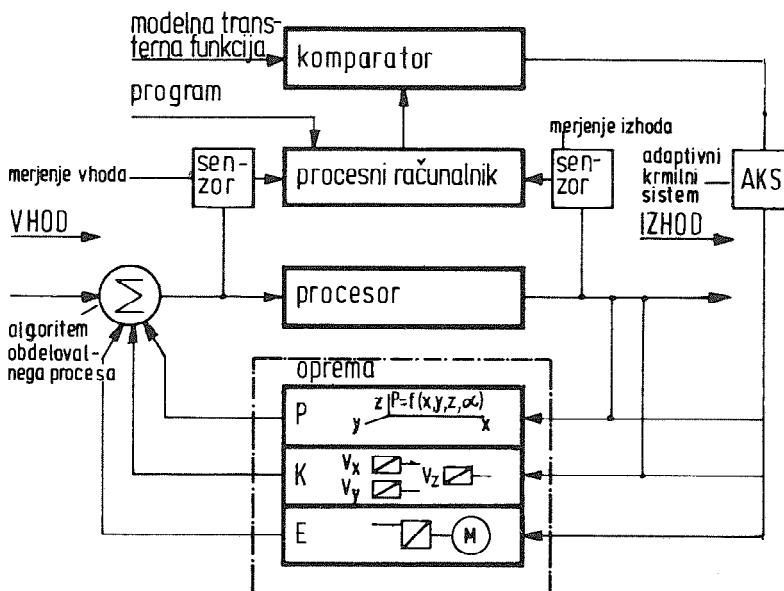
2. *Ensayo sobre la cultura*

напада, с = ± ±

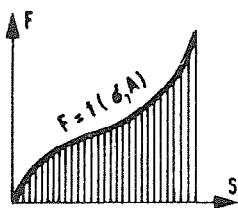
Za izdelovalni postopek je potrebna oprema, ki ima pod-sisteme pozicioniranja, kinematike in energije. Leti so v povratni zvezi postopka.

Merilni sistem je v povratni zvezi s preoblikovalno opremo in omogoča sprotno korekcijo referenčnih vstopnih podatkov za krmiljenje sistema. Reference se ustvarjajo v pripravi dela in se izdajajo v obliki kartic, luknjanega traku ali drugih načinov, ki lahko krmilijo proces.

Avtomatizacija, ki je v zvezi z optimizacijo bo podana z naslednjim modelom:



Sl. 2. Model avtomatizacije z optimizacijo procesa (?).



Za zasledovanje postopka izdelave s preoblikovanjem moramo imeti potrebne pogoje. Zasledujemo silo na poti preoblikovanja. Leta je odvisna od preoblikovalne trdnosti materiala in površine, ki se preoblikuje ter trenja, ki nastopa pri izdelovalnem postopku.

Sl. 3. Prikaz poteka sile na poti preoblikovanja.

04 UPORABA FLEKSIBILNE AVTOMATIZACIJE

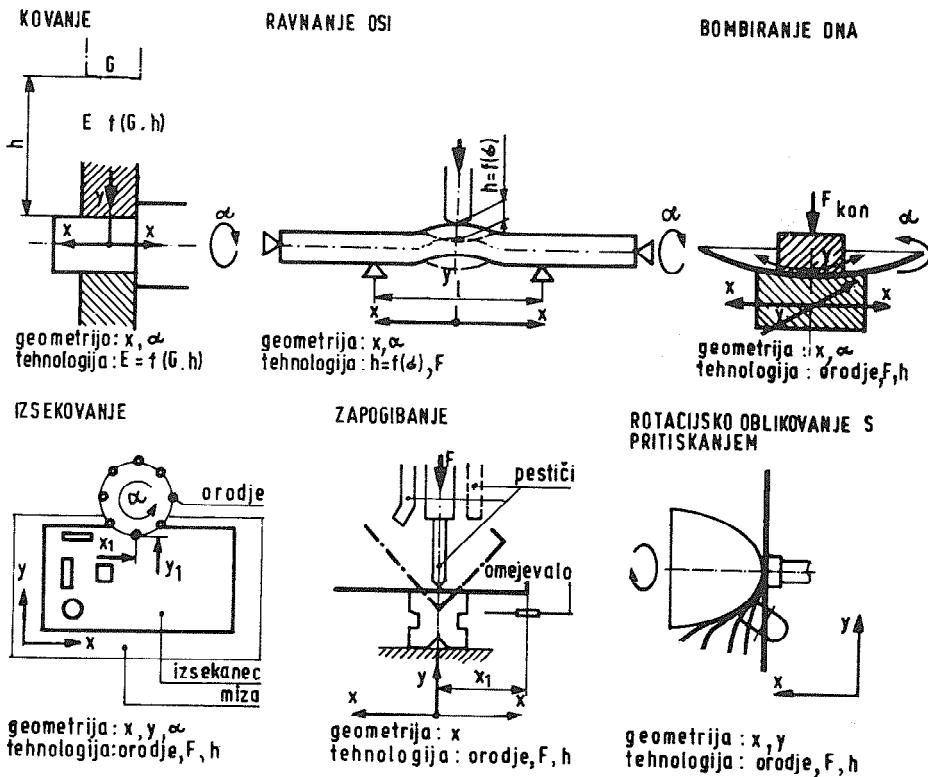
Izdelovalni procesi, ki se avtomatizirajo s fleksibilno avtomatizacijo in se lahko tudi optimirajo so:

- prosto kovanje,
- ravnanje osi,
- bombiranje dna,
- izsekavanje po koordinatah v ravnini z menjavo orodij,
- krivljenje in zapogibanje cevi in pločevine,
- rotacijsko oblikovanje s pritiskanjem (potisno oblikovanje).

Značilna za te procese so enostavna orodja, ki niso strogo namenska in omogočajo zaporedje preoblikovalnih postopkov. Fleksibilna avtomatizacija je zasnovana na NC - krmiljenju procesa. Spreminjanje oblike – geometrije preoblikovanca v nekem zaporedju enakih ali podobnih faz dela, ki so odvisne od izbranega orodja, imenujemo postopno preoblikovanje. Te procese je možno numerično krmiliti. V ta namen so potrebne datoteke izdelkov z geometrijskimi in tehološkimi informacijami.

Ponazoritev procesov izdelave s postopnim preoblikovanjem podajajo načelne skice sl. 4.

Za spremembo oblike je potrebno spremenjati lego preoblikovanca ali orodja in energijo z izbiro orodja. Spremembu lege je določena z geometrijo, spremembu energije in izbira orodja pa s tehnologijo.

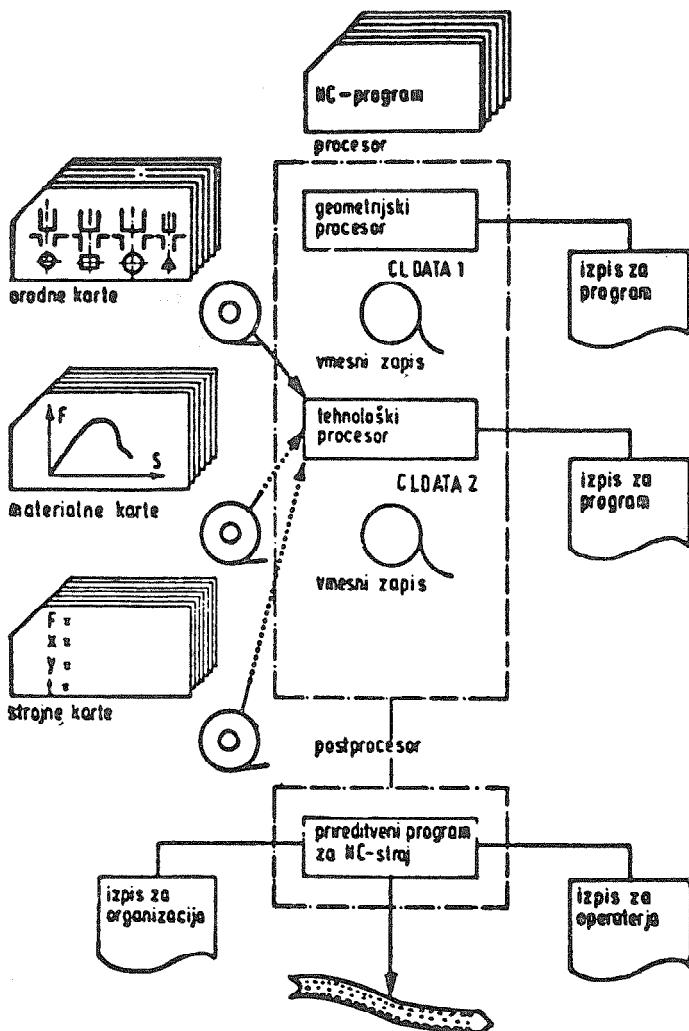


Sl. 4. Osnovni procesi postopnega preoblikovanja.

Pomembni so senzorji, ki merijo proces na vhodu in izhodu. Programiranje NC – strojev na osnovi datotek poteke ročno ali avtomatično. Program izdela procesor, ki ga sestavlja geometrijski in tehnološki del.

Postprocesor izdela prireditveni program za določeni NC – stroj in zluknja trak.

Na sl. 5 je prikazan potek programiranja z datotekami, ki so zapisane na konstrukcijskih risbah izdelka, orodnih, materialnih in strojnih kartah. Datoteke morajo dati zadostne informacije za izdelavo izbranega izdelka po prerenjem postopku.



Sl. 5. Potek avtomatične izdelave krmilnega traku (2).

Geometrijske datoteke:

Geometrijske datoteke v prvi vrsti definirajo obliko in velikost izdelka. Le-to mora biti podano v koordinatnem sistemu s koordinatami x, y, z za linearne in koti α

β , γ za krožne oblike.

Tehnološke datoteke:

1. Orodne karte vsebujejo vse potrebne podatke izsekovalnih orodij, ki se vgrajujejo v zbirno skladišče orodij. Skladišča so prirejena vrsti in številu orodij.
2. Materialne karte vsebujejo vse potrebne karakteristike materialov, ki se preoblikujejo.
3. Strojne karte vsebujejo podatke strojev, potrebnih za uporabo stroja.

Geometrične in tehnološke informacije kodiramo v EXAPT 1, 2, 3 in CLDATA. Procesno kontrola z digitalnim računalnikom pa z ASSEMBLER in COMPILER kodami.

Karakteristični izdelovalni postopek za fleksibilno avtomatizacijo je naključno izsekavanje pločevine.

Dvoosno krmiljenje izdelka, to je v smeri x in y omogoča izbiro poljubnih koordinat izseka. S tem so podane geometrične definicije izdelka v ravnini x, y osi.

V krogu razporejena izsekovalna orodja raznih oblik in velikosti podajajo tehnološke možnosti izsekavanja za določeno velikost, ki je podana s silo izsekavanja in površino striženja (debelina x obseg pestiča). Izdelava izsekov na določenih koordinatah je pri izbranem orodju z enkratnim ali večkratnim zaporednim izsekom.

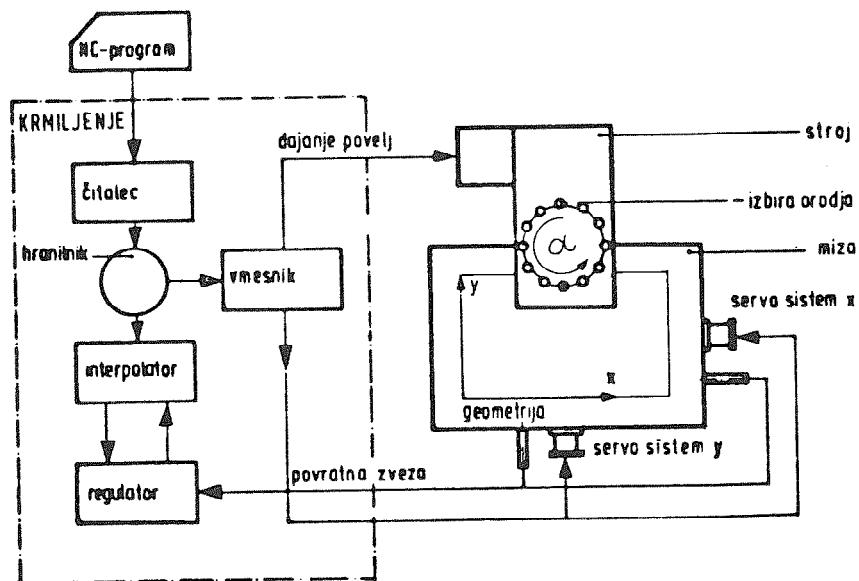
Stroje z numeričnim krmiljenjem imenujemo NC – stroje, ki so nadalje prirejeni za izdelovalne postopke in se po njih imenujejo NC – kovalniki, NC – ravnalniki, NC – izsekovalniki, NC – zapogibniki, NC – rotacijski pritiskovalniki itd.

Na sl. 6 je prikazano načelo NC – stroja za izsekovanje.

Pri strojih z numerično krmiljeno avtomatizacijo morajo delovati povratne zveze, ki preko regulatorja z interpolacijo nenehno stabilizirajo proces.

XVIII – 8

Načelo numeričnega krmiljenja (NC) avtomatizacije izsekovanja naključnih oblik.



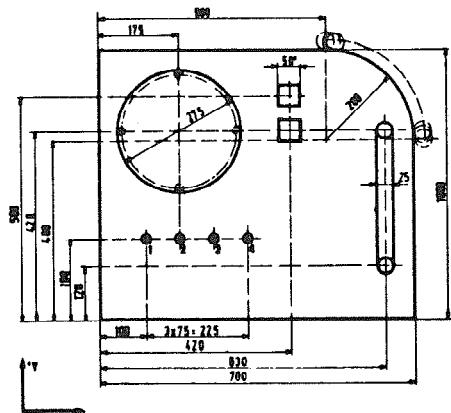
Sl. 6. Načelo NC – izsekovalnega stroja.

Karakteristika stroja:

geometrijske veličine: $x \leq 2000$ mm, $y \leq 1250$ mm,
natančnost $\pm 0,1$ mm

tehnološke veličine: $F = 630$ kN, $t =$ do 34 orodij

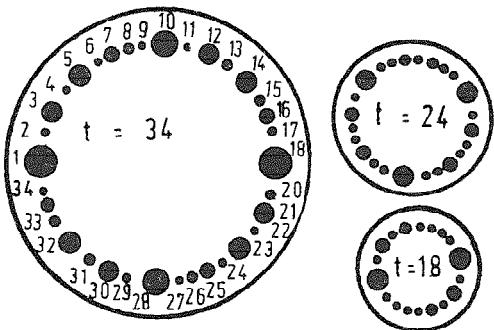
Primer programiranja za izsekavanje oblike



Luknja 1: x 0100; y 0180,
izbira orodja $t = 34/12$
Luknja 2: x 0175; y 0180,
 $t = 34/12$
natančnost $\pm 0,1$ mm.
Nadaljnji potek je analogen.

Sl. 7. Izdelek – izsekanec.

XVIII – 9

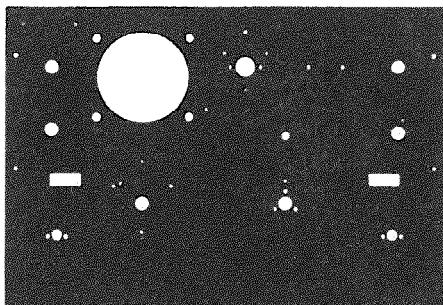


Skladišče orodja je prirejeno za razpored orodij v krogu. Izbira potrebnega orodja je z enostavnim zasukom skladišča na osi.

Sl. 8. Načelo skladišča orodja.

Na sl. 9 je podan primer izdelka – izsekanca iz pločevine, ki ima naslednje značilnosti:

44 izsekov, 6 orodij in samo 1,9 minute je potrebno za izdelavo na NC – izsekovalniku.

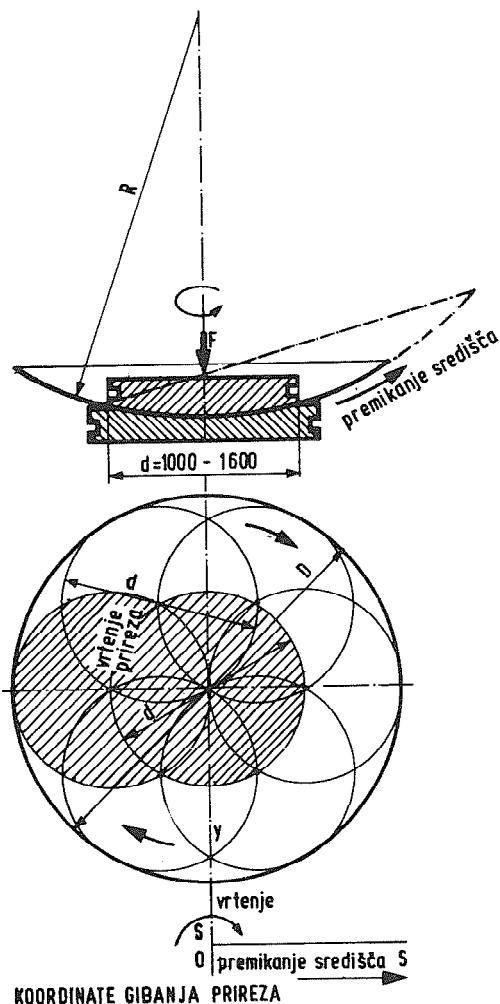


Sl. 9. Izsekanec 750 x 530 x 2.

Načelo postopnega preoblikovanja (bombiranje dna) z NC – krmiljenjem.

Zaradi velikih premerov (3 do 6 m) dna in nastopanja le-teh v najhnh količinah je izdelava vlečnih orodij za ta namen negospodarna. Uporabno je le postopno preoblikovanje kot ga kaže sl. 10. Ročno pomikanje je smotrno nadomestiti s programiranim manipulatorjem, sl. 11. Le-ta omogoča avtomatizacijo poteka izdelave dna, pri katerem je zelo pomembno medfazno premikanje preoblikovanca.

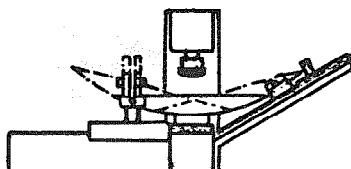
Postopek je naključen, ker je oblikovanje odvisno od sprotne deformacije materiala. Proses zadeva fleksibilno avtomatizacijo z NC – krmiljenjem in optimiranjem.



Sl. 10. Načelo bombiranja.

Manipulator po sl. 11 je mehanizirana strega v procesu preoblikovanja z veliko fleksibilnostjo. Fleksibilnost je potrebna z vidika uporabe strege za zajemanje čimvečjega assortimenta in optimizacijo procesa preoblikovanja.

Pri bombiranju dna (sl. 10) so potrebna naslednja gibanja: vrtenje dna z vmesnim izsrediscišenjem. Vsa gibanja potekajo v zaporedju, čeprav so naključna.

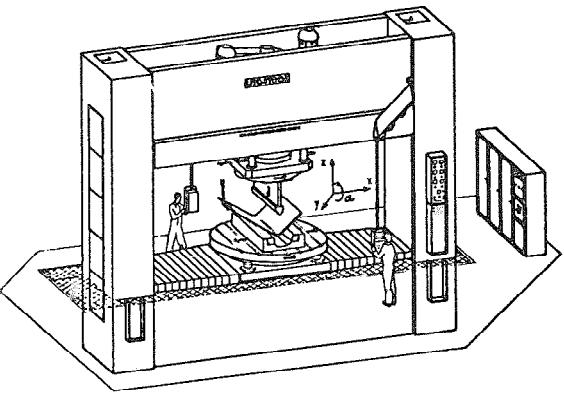


Sl. 11. Programirani NC - manipulator.

Naključno oblikovanje pločevine nastopa v ladjedelništvu, za realizacijo trdnostnih in hidrodinamičnih lastnosti trupa ladij. Take naključne oblike potrebujejo veliko število krojilnih in oblikovalnih šablon, bodisi za merjenje ali kontrolo. Z izvedbami strojev, ki imajo digitalno merjenje osi x, y, z in kota α , β že celi vrsta šablon odpadec. Z NC - krmiljenjem pa se postopek fleksibilno automatizira.

XVIII - 11

Domači dosežki na tem področju so vidni na sl. 12 in 13.

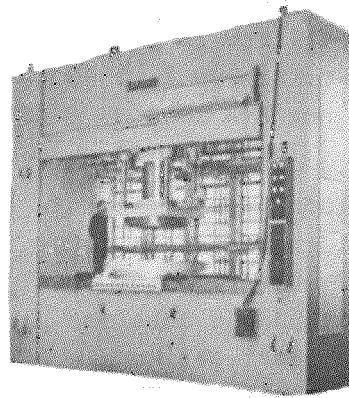


Sl. 12. Načelo hidravličnega krivilnega stroja.

Karakteristika izvedbe

HKO-1-1000-

Sila krivljenja	10000 kN
Gib pehala	$z = 1250$ mm
Odprtje - pokončno	1600 mm
Odprtje - vodoravno	6300 mm
Velikost mize	$\varnothing 2500$ mm
Velikost pehala	$\varnothing 1600$ mm
Premik pehala in mize	$x = \pm 1600$ mm
Zasuk pehala in mize	$\alpha = \pm 360^\circ$
Masa stroja	160000 kg

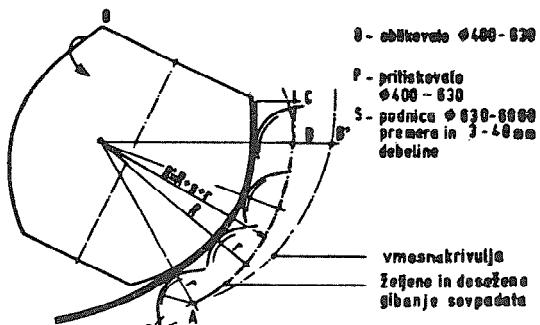
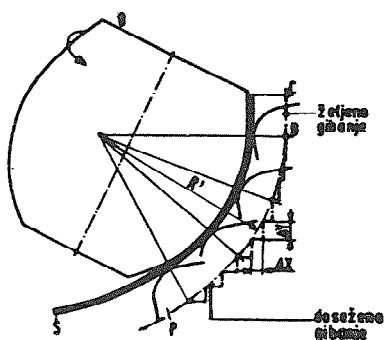


Sl. 13. Hidravlični krivilnik tip HKO-1-1000- za ladjedelnštvo, izdelan v Litostroju.

Načelo postopnega preoblikovanja s pritiskavanjem (potisnim oblikovanjem)

Ročno krmiljenje pritiskovala P ob oblikovalu O

Programirano krmiljenje pritiskovala P ob oblikovalu O



Sl. 14. Načelo robljenja dna z ročnim in NC krmiljenjem.

Robljenje v hladnem stanju:

O - oblikovala Ø 400 - 630 mm

P - pritiskovala Ø 400 - 630 mm

S - dna D = 1000 do 6300 mm premera

s = 3 - 40 mm debeline.

Postopno preoblikovanje za izdelavo dna s pritiskavanjem – robljenjem podaja načelni prikaz sl. 14.

Z NC – krmiljenjem pritiskovala dosežemo tako gibanje, ki ne stanjšuje debeline pločevine, ker pot gibanja pritiskovala sledi oblikovalu s konstantno razdaljo.

NC – krmilni sistemi z vgrajenim procesnim računalnikom za optimiranje procesa dajo preoblikovalne centre z imenom CNC – p r e o b l i k o v a l n i c e n t e r.

05 ZAKLJUČEK

Preoblikovalni procesi, ki uporabljajo fiksno avtomatizacijo (ponavljanje takta), so v načelu primerni za izdelavo velikih serij. Nenehno nastajanje novih izdelkov v enojni ali sestavljeni izvedbi povečuje uporabnost preoblikovancev, ki omogočajo izdelavo v velikih in majhnih količinah. Vsa-ka nova oblika pa potrebuje preoblikovalno orodje, ki je povezano s stroški in časom za izdelavo. To neizbežno odvisnost preoblikovanja od namenskega orodja težimo nadomestiti s postopnim preoblikovanjem, ki uporablja večnamenska orodja za parcialne faze dela. Ročno vodenje takega procesa nadomešča NC – krmiljenje, ki daje fleksibilno avtomatizacijo preoblikovalnega procesa, z vgrajevanjem računalnikov pa CNC – sistem za optimizacijo procesa. Na tej zasnovi bo preoblikovanje uporabno tudi za male serije in prototipe izdelkov.

06 LITERATURA

(1) Vogrič P.

Razvoj in optimizacija preoblikovalnih modulnih šistmov s pomočjo računalnika – Ljubljana, 1976.

(2) Peklenik J.

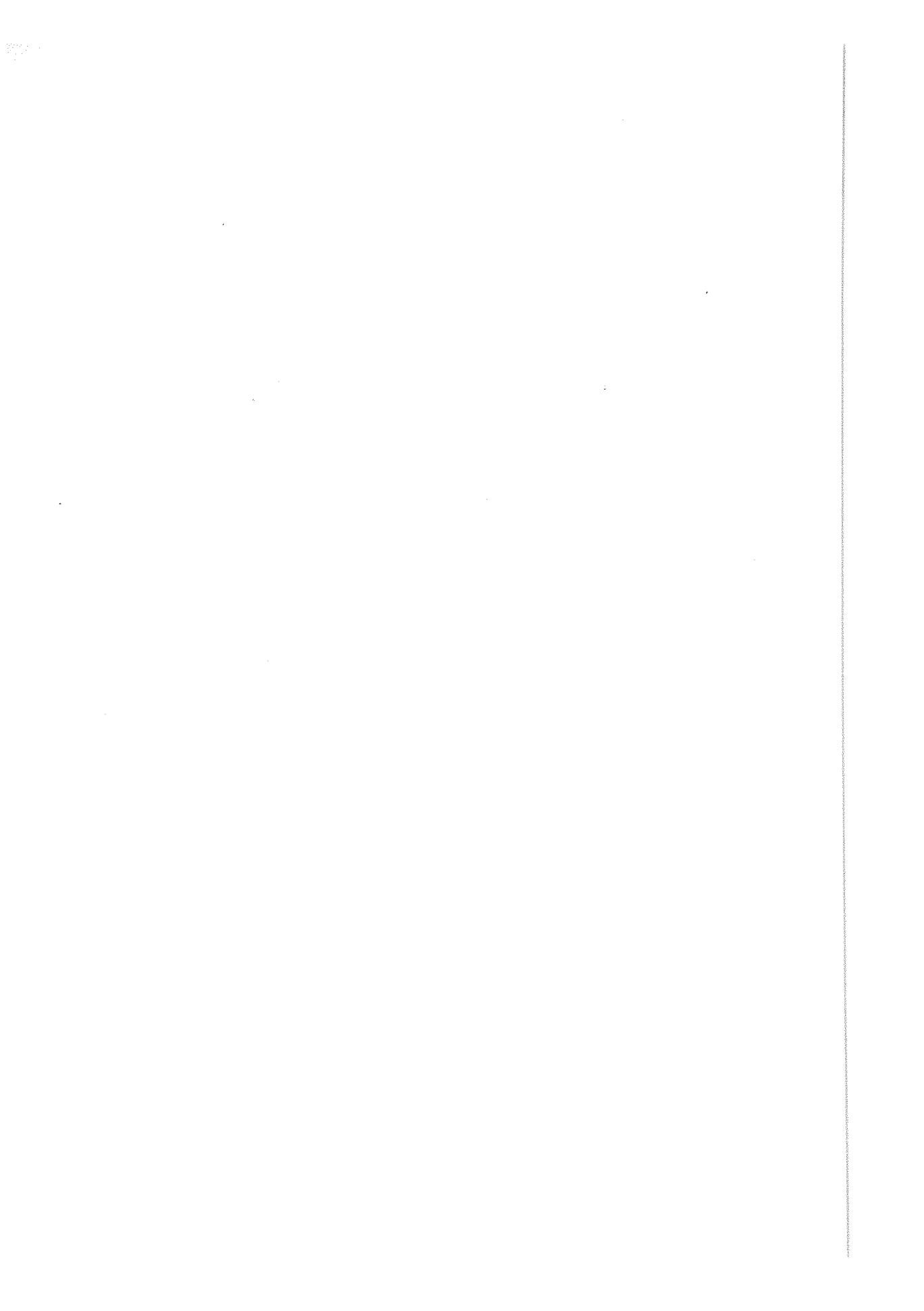
Optimizacija obdelovalnih sistemov – Seminar 1,
Ljubljana, 1969.

P. Vogrič

**VERWENDUNG DER KIBERNETISCHEN MODELE FÜR FLEXIBLE
AUTOMATISATION DES UMFORMENS**

Zusammenfassung

Die Umform-Fertigungsprozesse sind grundsezlich geeignet für die Bearbeitung von grossen Serien, die eine unveränderte Automatisation benützen (Taktwiederholung). Dauernde Entstehung von neuen Erzeugnissen in einfacher oder zusammengestellter Ausführung, vergrössert den Verbrauch von Umformteilen. Dieselben treten in grossen und kleinen Mengen auf. Jede neue Form braucht aber ein Umformwerkzeug, welches mit Kosten und Erzeugungszeit verbunden ist. Diese unausweichliche Abhängigkeit des Umformens vom Werkzeug, versucht man mit dem stufenförmigen Umformen zu ersetzen, welches Mehrzweckwerkzeuge für parziale Arbeitsphasen benützt. Die Prozessführung von Hand ersetzt die NC - Steuerung, die eine flexible Automatisation des Umformprozesses ermöglicht. Mit einem eingebauten Rechner aber kommen wir zu einem System der Prozessoptimierung. Auf diesen Basis wird die Umformung auch für kleine Serien und Prototyperzeugnisse verwendbar.



XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

V. Marinković*)

UTICAJ HLADNOG ISTISKIVANJA NA MEHANIČKE KARAKTERISTIKE JEDNOG DOMAĆEG ČELIKA**)

1. Uvod

Izrada elemenata od čelika hladnim istiskivanjem dobila je ne-slućene razmere u razvijenim zemljama, naročito u poslednje dve dece-nije, zbog niza prednosti koje ovi postupci zapreminskog oblikovanja imaju u odnosu na neke druge, a naročito u odnosu na tehnologiju iz-rade istih elemenata rezanjem. Može se reći da je u istoj meri rastao i interes za teorijska i empirijska istraživanja u ovoj oblasti obra-de deformisanjem.

Ukupni napori teorijsko-eksperimentalnog rada i praktičnog is-kustva u ovoj oblasti usredsredjeni su danas na rešavanje sledećih problema [1] , [2] , [3] , [4] , [5] , [6] , [7] , [8] , [9] :

- postavljanje opštih i pouzdanih metoda proračuna radnih pri-tisaka (sila) i deformacionog rada kao i naponsko-deformaci-onih odnosa u zonama plastičnih deformacija,
- odredjivanje kvalitativnog i kvantitativnog uticaja pojedi-nih parametara obradnog sistema (i njihovog združenog dejs-tva) na napred pomenute veličine,
- istraživanje obradivosti materijala kao i iznalaženje novih materijala pogodnih za hladnu obradu (istiskivanjem),

*) Mr Velibor J. Marinković, dipl.ing., asistent Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu, Ul. Beogradska br.14.

**) Rad predstavlja deo naučno-istraživačkog projekta: "ISTRAŽIVANJE I RAŽVOJ METODA PROJEKTOVANJA I PRORAČUNA SAVREMENIH SREDSTAVA I METODA OBRADE MATERIJALA DEFORMISANJEM SA ISTRAŽIVANJEM OBRADIV-OSTI DOMAĆIH MATERIJALA ZAKLJUČNO DO VERIFIKACIJE", u čijem fin-ansiranju učestvuju RZN Srbije, Fond za naučno-istraživački rad SO Niš, EI -Niš, MIN - Niš i drugi.

- iznalaženje novih i kvalitetnijih materijala za alate, obzirom na njihov limitirajući karakter šire primene ovih postupaka obrade deformisanjem,
- optimalno projektovanje tehnoloških postupaka obrade materijala istiskivanjem,
- uvodjenje potpuno novih postupaka istiskivanja, i slično.

U ovom radu razmatran je problem ponašanja jednog domaćeg čelika u uslovima hladnog istosmernog istiskivanja, a pre svega sa stanovišta promene njegovih mehaničkih karakteristika. Dobijeni zaključci, u opštem smislu, važe i za druge i složenije postupke istiskivanja (npr. sa više operacija-bez medjuoperacijskog žarenja!). Naime, opštne karakteristike postupaka istiskivanja u odnosu na materijal predmeta rada bile bi:

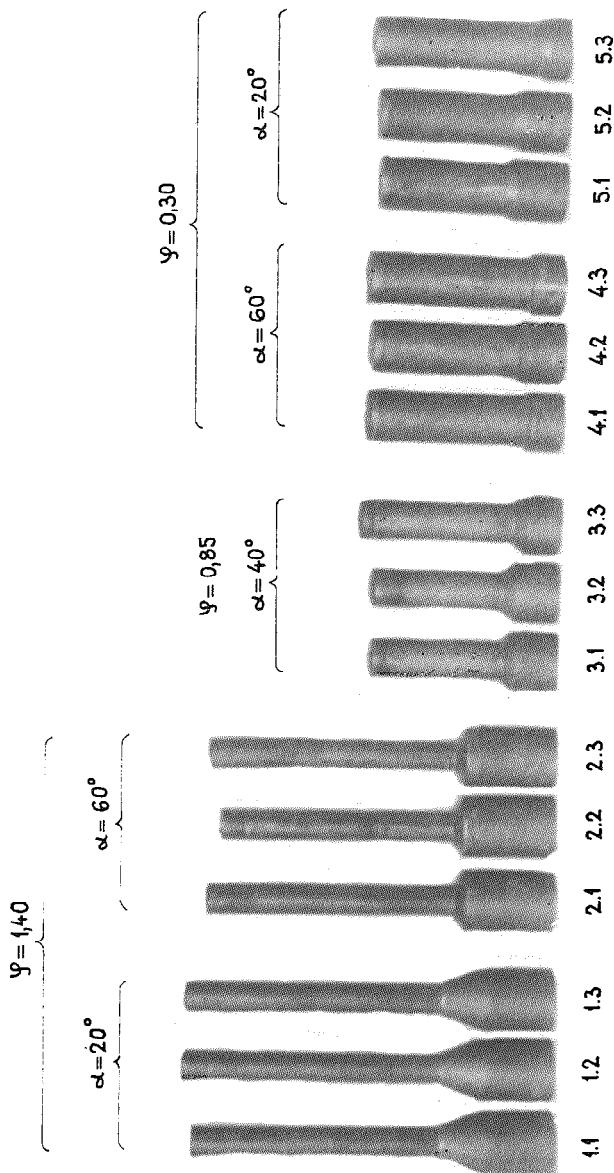
1. Promene fizičko-hemijskih i mehaničkih karakteristika materijala pripremka.
2. Usmerenost strukture ("tekstura") i anizotropija.
3. Očvršćavanje materijala.
4. Neravnomernost deformacija i zaostali naponi.

2. Očvršćavanje materijala pri istiskivanju

Karakteristika procesa obrade deformisanjem uopšte jeste znatno očvršćavanje materijala^{*)}, koje je veoma složena pojava. Fenomen očvršćavanja materijala nije do današnjih dana fizički adekvatno objašnjen niti jedinstveno matematički interpretiran. U tom smislu se, najčešće, složeni mehanizam plastičnog tečenja materijala svodi na "deformaciono očvršćavanje", koje se ogleda u povećavanju vrednosti pokazatelja otpornosti deformisanju (granice razvlačenja, zatezne čvrstoće, tvrdooće) i istovremenom snižavanju vrednosti pokazatelja plastičnosti (relativnog izduženja, kontrakcije preseka, žilavosti), [10].

Ako se proces istosmernog istiskivanja, u prvoj aproksimaciji, posmatra kao isticanje homogenog kontinuma kroz konusne otvore (matrice), onda se nameće zaključak da na mehanička svojstva materijala mogu da utiču: ostvareni stepen deformacije (redukcija preseka) i ugao nagiba konusa matrice. Po pravilu se topotni efekat deformisanja i brzina deformacije u procesima hladnog oblikovanja, ne uzimaju u obzir, kada se obrada vrši na mašinama "statičkog" dejstva - presama,

^{*)}Izuzetno pri obradi na visokim temperaturama očvršćavanje može biti delimično ili potpuno neutralisano - rekristalizacijom.



Sl. 1. Uzorci od kojih su uzimane epruvete za određivanje mehaničkih karakteristika materijala

kao što je to ovde slučaj.

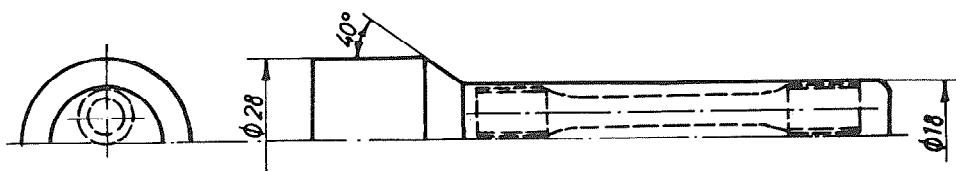
3. Izbor uzoraka, priprema epruveta i opis ispitivanja

Za pomenuta istraživanja izdvojeno je nekoliko serija elemenata dobijenih istiskivanjem [1], različitih geometrija, Slika 1. Materijal je ugljenični čelik-č 1220-termički obradjen, kako je navedeno u Tablici 1., gde su takođe date i njegove karakteristike pre obrade. Pripremci su bili fosfatirani i podmazani (cinkfosfat + tehn. sapunica).

TABLICA 1. MEHANIČKE KARAKTERISTIKE MATERIJALA PRE OBRADE

$\text{Č} 1220$	σ_v	σ_m	HV_{10}	ϵ_m	δ_5	ψ	
<i>meko žaren 973°K/3h</i>	N/mm^2		daN/mm^2			$\%$	
<i>hladenje je iz- vršeno u peći</i>	227	420	140	24,0	31,0	73,3	

Najpouzdanija slika o svojstvima materijala nakon obrade istiskivanjem dobila bi se laboratorijskim ispitivanjima gotovih komada, bez narušavanja kontinualnosti istih. Kako je to praktično neizvodljivo, neophodno je od izabranih elemenata pripremiti odgovarajuće epruvete, ne uzimajući materijal "presostatka". Fiktivni položaj epruvete, ekscentrično u odnosu na osu, u jednom od elemenata, prikazan je na Slici 2.



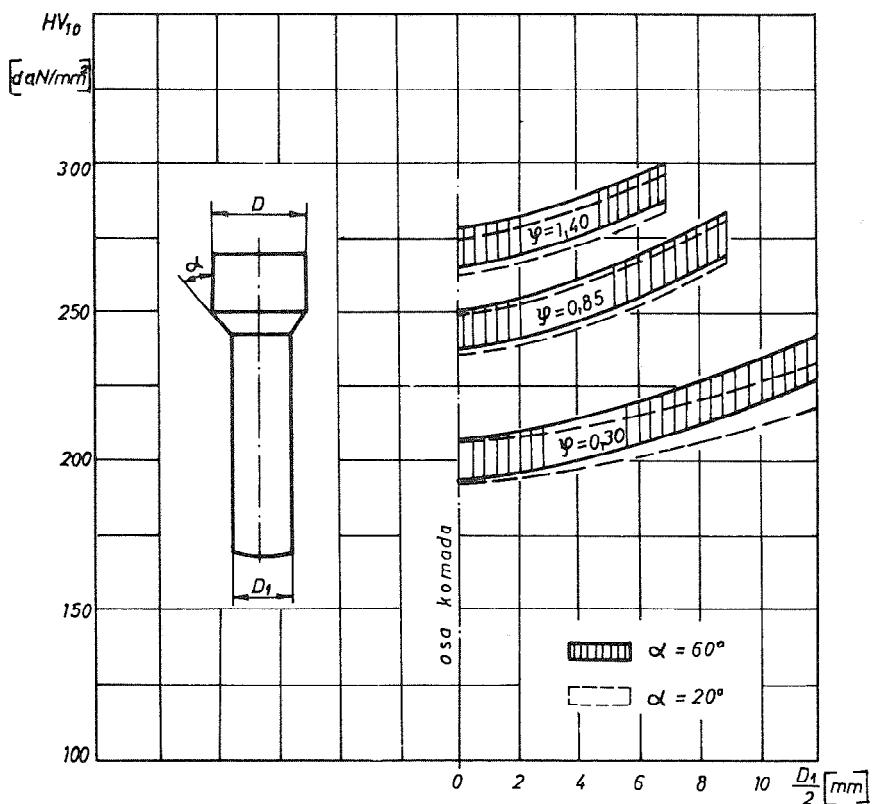
S1. 2. Shematski prikaz izdvajanja epruveta iz elemenata dobijenim istiskivanjem

Naime, kao što se i očekivalo, ispitivanja tvrdoće po poprečnim presecima različitih komada, ukazala su na znatnu nehomogenost raspodele tvrdoće, odnosno, znatno veće očvršćavanja perifernih slojeva materijala od unutrašnjih, Sl. 3. Prema tome, uzimanje epruveta ekscent-

rično u odnosu na osu komada ima za cilj osrednjavanje vrednosti mehaničkih karakteristika materijala po preseku.

Opiti zatezanjem vršeni su na hidrauličnoj mašini za ispitivanje materijala, firme "Amsler", nazivne sile od 100 (kN), sa uredjajem za automatsko zapisivanje toka sile pri zatezanju epruvete.

Obradom snimljenih dijagrama i merenjem dimenzija epruveta nakon kidanja dobijene su vrednosti osnovnih pokazatelja otpornosti i plastičnosti materijala. Rezultati za sve serije opita dati su u Tab.2.



Sl. 3. Neravnomernost raspodele tvrdoće u elementima dobijenim istiskivanjem

4. Analiza eksperimentalnih rezultata

Analizom rezultata za svaku seriju opita može se uočiti da stepen deformacije (ψ) ima odlučujući uticaj na svojstva materijala, a

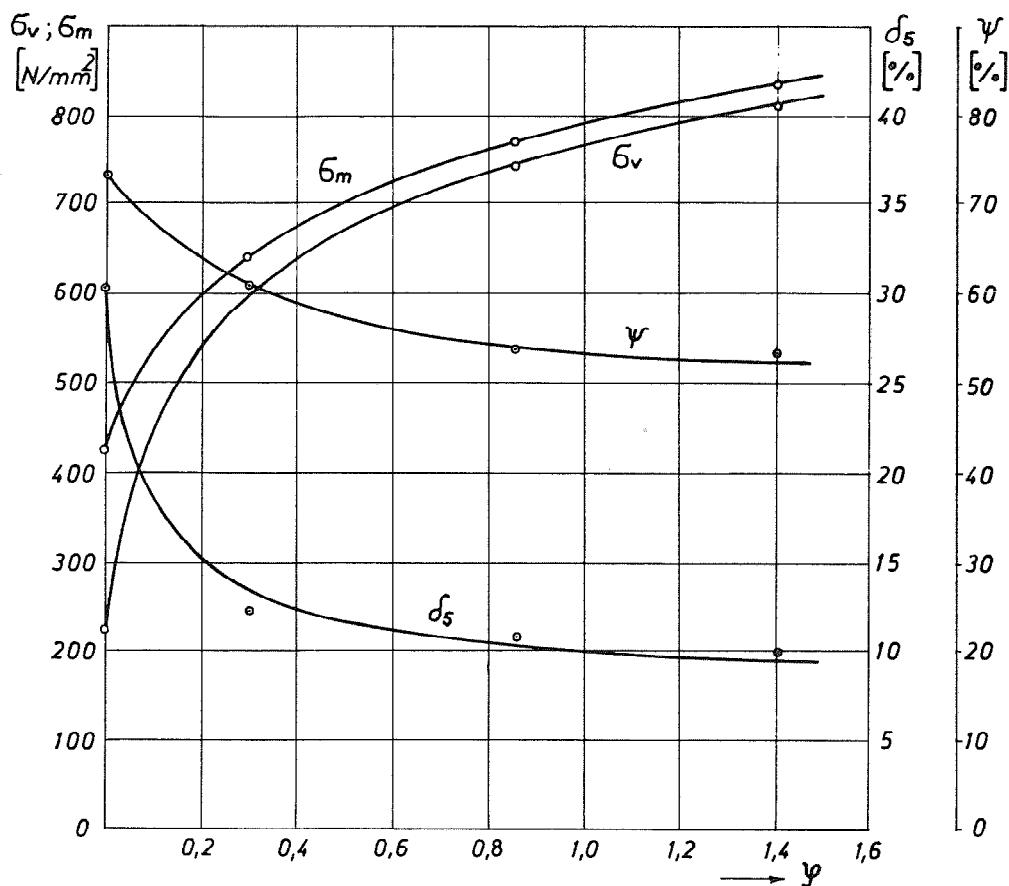
TABLICA 2, PROMENA SVOJSTAVA MATERIJALA POSLE HLADNE OBRADE

ŠIFRA EPRUVETE	MEHANIČKE KARAKTERISTIKE							
	σ_y	$\bar{\sigma}_y$	σ_m	$\bar{\sigma}_m$	σ_s	$\bar{\sigma}_s$	ψ	$\bar{\psi}$
	N/mm^2				%			
1.1	805	789	839	816	11,5	9,9	51,9	52,0
1.2	765		780		7,0		51,7	
1.3	798		829		11,1		52,3	
2.1	812	824	846	847	9,0	9,7	54,8	54,8
2.2	828		853		9,5		54,4	
2.3	832		841		10,5		54,6	
3.1	781	743	806	767	11,2	11,1	19,3	53,1
3.2	717		741		11,6		57,1	
3.3	730		755		10,4		52,8	
4.1	576	628	603	647	14,2	12,7	64,1	62,3
4.2	636		659		12,2		62,0	
4.3	672		680		11,7		60,7	
5.1	658	590	670	619	11,4	11,5	58,5	62,0
5.2	504		562		10,3		62,9	
5.3	608		624		12,8		64,5	

NAPOMENA: Oznaka — iznad simbola označava srednju vrednost.

kon istiskivanja; uticaj ugla nagiba konusa matrice (α) izražen je u daleko manjoj meri, premda je variran u širokim granicama. U daljoj analizi uticaj ovog ugla je zanemaren uzimanjem srednjih vrednosti za dve serije opita sa istim stepenom deformacije (Φ), za sve istraživane karakteristike materijala (v. Tablicu 2.). Maksimalna relativna greška, koja se pritom čini, za sve karakteristike materijala, manja je od $\pm 3\%$, što sa praktičnog stanovišta nije od značaja.

Ovakav prilaz omogućuje da se karakteristike materijala prikažu dijagramski u funkciji od (logaritamskog) stepena deformacije, Sl.4.



Sl. 4. Uticaj hladnog istiskivanja na mehaničke karakteristike čelika (č 1220)

Prikazani dijagrami upravo potvrđuju navedene konstatacije o očvršćavanju materijala hladnom obradom. Efekat očvršćavanja je najjače izražen kod granice razvlačenja (σ_v) i relativnog izduženja (δ_5), pa se ove karakteristike mogu smatrati najadekvatnijim pokazateljima plastičnih potencijala materijala posle deformisanja.

5. Zaključak

Na osnovu istraživanja, čiji su rezultati dati u ovom radu, može se konstatovati sledeće:

1. Očvršćavanje ispitivanog materijala, u smislu porasta pokazatelja otpornosti, jeste znatno i pri velikim stepenima deformacije dovodi do višestrukog povećanja granice razvlače-

nja, tvrdoće i zatezne čvrstoće.

2. Očvršćavanje dovodi do iscrpljenja plastičnih mogućnosti materijala, pa je za velike stepene deformacija neophodno proces razbiti na više stupnjeva (operacija) sa uvodjenjem međuoperacijskog rekristalizacionog žarenja. Metalografskim ispitivanjima elemenata sa najvećim stepenom deformacije ($\phi = 1,40$), na kritičnim mestima preseka, nisu utvrđeni nikakvi defekti u materijalu, što ukazuje na to da najveći ostvareni stepen deformacije nije verovatno i granični (kritični).
3. Hladno oblikovanje omogućuje zamenu kvalitetnih i skupih čelika, za odgovorne delove mašina i uredjaja (koji se inače izradjuju tehnologijom rezanja) - jeftinijim, koji nakon obrade deformisanjem mogu da zadovolje sve potrebne zahteve po pitanju (dinamičke) čvrstoće, otpornosti na habanje i sl. Тако npr., meko žareni Č 1220 nakon obrade, sa stepenom deformacije $\phi = 1,40$, po svojim karakteristikama se približava mnogo kvalitetnijim čelicima kao što su to neki hromni i hrom-manganski čelici za hladno oblikovanje.

Dobijeni rezultati mogu biti od koristi za praksu. Laboratorijski metod ispitivanja je jednostavan pa ne zahteva ni visoko stručni kadar niti posebnu opremu.

Reference

1. Perlin I.L., Rajtbarg L.H., Teorija pressovanija metallova, "Metallurgija", Moskva, 1975.
2. Billigmann/Feldmann, Stauchen und Pressen. Carl Hanser Verlag, München, 1973.
3. Lange K., Lehrbuch der Umformtechnik. Band 2, Massivumformung, Springer Verlag Berlin /Heidelberg / New York/, 1974.
4. Johnson W., Mellor P.B., Engineering Plasticity. Van Nostrand Reinhold Comp., London, 1973.
5. Isačenkov E.I., Mišunin V.A., Perspektivi intenzifikacii processov holodnogo pressovanija. "Kuznečno-štampovočnoe proizvodstvo", No 9, 1965.
6. Pju H.L., Mehaničeskie svojstva materialov pod visokim davleniem. Per. s angl., Vip 1/2, "Mir", Moskva, 1973.
7. Ohrimenko J.M., Livianov V.A. i dr., Analiz i razrabotka novih shem pressovanija. "Kuznečno-štampovočnoe proizvodstvo", No 8, 1973.

8. Devedžić B., Tekući problemi i perspektive daljeg razvoja u oblasti obrade metala deformisanjem. XI Sovetuwanje za proizvodstveno mašinstvo, Ohrid, 1977.
9. Bukan-Batirev I.K., Primerenie EVM dlja razrabortki tehnologičeskikh processov holodnoj objemnoj štampovki steržnevih detalej."Kuz-nečno-štampovočnoe proizvodstvo", No 10, 1977.
10. Bernštejn M.L., Struktura deformirovannih metallov. "Metallurgija" Moskva, 1977.
11. Marinković V., Neka istraživanja na polju obrade domaćih materijala istosmernim istiskivanjem u hladnom stanju. Magistarski rad, Niš, 1978.

V. Marinković

MATERIALEIGENSCHAFTEN NACH DEM KALTFLIESSPRESSEN

Im Beitrag wird der Einfluss der Kaltumformung (durch Fliesspressen) auf mechanischen Eigenschaften (Streckgrenze, Zugfestigkeit, Vickershätre, Bruchdehnung, Brucheinschnürung) eines weichgeglühtes unlegierten Stahles behandelt.

Von allen Umformbedingungen beim Kaltfliesspressen der Umformgrad ist am wichtigsten. Auf Grund der Ergebnisse der Untersuchungen wurde entsprechend Schaubild (machan. Eigenschaften - log. Umformgrad) erhalten, das kann von Interesse zur Praxis sein.

Da die bedeutende Unregelmässigkeit der Verformungsverteilung durch Querschnitt von Werkstücke festgestellt ist, soll gewonnene Ergebnisse für Nährungswerte halten.



XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

*

Mr Dušanka Vukićević

PROMENE GUSTINE BAKRA SA DODATKOM Al_2O_3 PRI PRESOVANJU RAZLIČITIM PRITISCIMA PRESOVANJA

1. Uvod

Razvoj novih materijala za alate: keramičkih, metalo-keramičkih kao i čisto metalnih (brzorezni čelici) dobijeni sinteđovanjem, pokazao je velike prednosti ovih nad klasičnim materijalima [1].

Sve ovo ukazuje na mogućnosti da se materijali, koji se dobiju metodom disperznog ojačanja, a koji pokazuju visoka mehanička i fizička svojstva i iste zadržavaju pri radu do temperaturе solidusa (neposredno ispod tačke topljenja) materijala matriće-osnovnog materijala mogu koristiti kao alatni materijali. Disperzno ojačani materijali koji se dobijaju ubacivanjem nemetalne faze u metalnu matricu najčešće se proizvode kao i gore navedeni metalurgijom praha [2].

Kako su uslovi i način dobijanja materijala sinterovanjem, kao i karakteristike kako načina prerade tako i dobijenog poluproizvoda (ispreska) i gotovog proizvoda (sinter materijala) specifični to je u teorijskom delu ovog rada izvršen pokušaj da se u što je moguće kraćem obimu pokažu te specifičnosti.

Zadatak ovog rada se sastojao u tome da se u cilju dobijanja materijala disperzno ojačanih razmotri uticaj Al_2O_3 kao disperzno ojačavajuće faze na gustinu bakra, obzirom da gustina predstavlja jednu od bitnih karakteristika ispresa uopšte, a posebno kad se radi o kompaktnosti alatnih materijala. Istovremeno je praćena promena gustine u zavisnosti od pritiska presovanja. U tu svrhu ispitivanja napravljen je šest smeša bakra sa Al_2O_3 i presovano pri pritiscima $p = 5; 10; 20; 30; 40 \text{ KN/cm}^2$.

* Mr Dušanka Vukićević, asistent Mašinskog fakulteta u Nišu.

2. Neke specifičnosti, način oblikovanja i karakteristike prerađe praškastih materijala.

Operacija oblikovanja metalnih i metalokeramičkih prahova primenjuje se u cilju:

- prevodjenja praškastog materijala u telo željenog oblika čija je mehanička čvrstoća dovoljna da se bez spoljašnjeg oštećenja može transportovati;
- prevodjenje praškastog materijala u telo zahtevanog oblika i stepena poroznosti;
- prevodjenje praškastog materijala u telo čije se konačne dimenzije neće mnogo menjati u toku topotnih operacija (sinterovanja).

Ispunjavanje ovih zahteva u toku odvijanja operacije oblikovanja praškastih materijala, dovodi do izmene gotovo svih fizičko-hemijskih osobina polaznog praha, tako da ispresak predstavlja jedno novo stanje i njegove osobine u najvećoj meri utiču na osobine finalnog proizvoda.

Postoji više metoda oblikovanja praškastog materijala i to: sa delovanjem spoljašnje sile (npr. izostatičko presovanje) i bez delovanja spoljašnje sile (livenje).

Kod prvog načina razlikujemo: oblikovanje sa velikom brzinom delovanja spoljnje sile (visokoenergetsko presovanje) i sa manjom brzinom delovanja spoljnje sile (istiskivanje, presovanje u kalupu gde kalup može biti čvrst porozan, elastičan itd.).

Presovanje na hladno predstavlja najčešće korišćenu metodu oblikovanja metalnih i metalo keramičkih materijala. To je diskontinualna metoda kod kojih se oblikovanje praha obavlja putem primene pritiska u vrlo širokom opsegu delovanjem sile pritiska na prah sa jedne ili sa obe strane pri relativno sporom kretanju klipa ili klipova.

Kod jednostranog presovanja sila se prenosi na prah samo preko gornjeg pokretnog klipa hidrauličnim ili mehaničkim prenosnim mehanizmom.

Osnovni nedostatak ispresaka oblikovanih jednostranim presovanjem je nehomogenost raspodele gustine tako da se ova metoda

koristi uglavnom kod proizvoda čija je visina mala.

Metoda dvostranog presovanja kod kojih se prah presuje pri jednovremenom kretanju donjeg i gornjeg klipa ima relativno homogenu raspodelu gustine i koristi se kod oblikovanja komada širokog raspona visina.

2.1. Osobine ispreska

Operacija oblikovanja se primenjuje u cilju dobijanja mehanički čvrstog uzorka iz praškastog materijala sa zahtevanim dimenzijama, gustinom i poroznošću [3].

S obzirom na ove osnovne zahteve potrebno je poznavanje ispreska, uticaja osobina polaznog praha, metode oblikovanja, dimenzije ispreska i kalupa i veličina spoljnje sile kojom se deluje na prah pri oblikovanju i na osobine isprečka.

Gustina i poroznost su fizičke osobine ispreska koje predstavljaju ne samo meru efikasnosti odvijanja operacije oblikova-nja već daju i mogućnost praćenja ponašanja materijala u toku kasnijeg topotognog tretiranja ispreska (sinterovanja) s obzirom da predstavljaju makroskopsku meru izmene osobina praha do kojih je došlo tokom oblikovanja.

Može se reći da gustina ispreska raste sa:

- a) povećanjem spoljnje sile kojom se deluje na prah,
- b) povećanjem veličine čestica praha, odnosno sa povećanjem nasipne gustine,
- c) smanjenjem tvrdoće i čvrstoće čestice odnosno aglomerata,
- d) smanjenjem brzine kompaktiranja.

Pod pojmom gustine isprečka podrazumeva se integralna vrednost svih varijacija gustine u okviru ispreska. Kod većine ispreska postoji varijacija u raspodeli gustine. Ova nehomogenost je posledica pojave sile trenja pri procesu presovanja izmedju klipa, zidova kalupa i praha.

Raspodela gustine u ispresku zavisi od odnosa visine i prečnika ispreska. Ukoliko se smanjuje odnos visine i prečnika (L/D) smanjuje se razlika u gustini u pojedinim delovima ispreska,

, tako da je kod ispreska kod kojeg je odnos $L/D \leq 1/2$ raspodela gustine veoma dobra (sa malim razlikama) [3].

Obzirom na značaj ispreska u dobijanju gotovog proizvoda sinterovanjem proizilazi da je proces presovanja jedan od najznačajnijih procesa metalurgije praha, čitav niz parametara koji utiču na osobine ispreska ukazuju na veličinu i složenost ovog procesa. Najčešće je analizirana zavisnost gustine i pritiska presovanja. U literaturi postoji veliki broj radova koji daju različitu matematičku vezu izmedju ovih parametara presovanja.

U radu [4] su uopštene postojeće jednačine i vršeno analiziranje istih na eksperimentalnim podacima presovanja Mo, NaF i TiC.

Autori pomenutog rada došli su do zaključka da proces presovanja definišu tri opšte jednačine:

$$Q = A_1 + A_2 p^q \dots \dots \dots \quad 1$$

$$Q = D_1 + D_2 \exp^{-sp} \dots \dots \dots \quad 3$$

gde su $A_1, A_2, q, C_1, C_2, D_1, D_2$ i s konstante.

Koristeći ove nalaze izvršena su ispitivanja na našem matrijalu sa ciljem da se prati:

3. Uticaj Al_2O_3 kao nemetalne faze na proces presovanja bakra.

Za eksperimentalna ispitivanja napravljeno je šest smeša od praha bakra sa dodatkom Al_2O_3 sastava datih u tabeli br. 1.

TABLA 1.

Sadržaj Al ₂ O ₃	Oznaka smeše					
	A	B	C	D	E	F
%	5	2	1,5	1	0,5	0,1

Smeše su posle dvočasovnog mešanja u mlinu sa kuglicama, da bi se što bolje homogenizirale, presovane u čeličnim kalupima $\phi 10 + 1$ mm pod pritiscima: $p = 5; 10; 20; 30; 40$ KN/cm².

Gustine ispreska su odredjivane iz težine ispreska i dimenzija uzorka. Rezultati ispitivanja dati su u tabeli br. 2.

TABELA 2.

SREDNJE VREDNOSTI GUSTINE Cu PRI RAZLIČITIM DODACIMA Al_2O_3
I RAZLIČITIM PRITISCIMA PRESOVANJA

Oznaka smeše	Sadržaj Al_2O_3 u %	p KN/cm ²				
		5	10	20	30	40
		ρ gr/cm ³				
A	5	4,19	4,89	5,49	5,95	6,33
B	2	4,20	4,90	5,71	6,19	6,59
C	1,5	4,28	4,99	5,89	6,46	6,89
D	1	4,34	5,04	5,79	6,29	6,58
E	0,5	4,29	4,95	5,81	6,30	6,70
F	0,1	4,36	5,14	5,97	6,41	6,83

Koristeći zaključke autora rada [4] pri čemu su sve jednacine presovanja praškastih materijala aproksimirane trima jednačinama i primenom istih na smešama A,B,C,D,E i F ovog rada praćen je uticaj Al_2O_3 kao nemetalne faze na proces presovanja bakra.

Rezultati ovih ispitivanja dati su u odgovarajućim tabelama: Cu(A); Cu(B); Cu(C); Cu(D); Cu(E); Cu(F) i prikazani na odgovarajućim dijagramima Cu(A); Cu(B); Cu(C); Cu(D); Cu(E) i Cu(F).

Iz analize ovih rezultata što se sa dijagrama najbolje vidi može se pokazati da proces presovanja najbolje opisuje stepena funkcija kod sadržaja 1; 1,5; 2 i 5% Al_2O_3 dok za manje sadržaje Al_2O_3 od 0,1 i 0,5% proces presovanja najbolje opisuje eksponencijalna funkcija.

Na osnovu ovoga može se zaključiti da već sadržaj Al_2O_3 od 1% kao nemetalna faza menja tok presovanja osnovnog metala matrice.

Cu (F)

Eksperiment			Jednačina (1)			Jednačina(2)			Jednačina (3)		
p(kN/cm ²)	t/cm ²	d/dT	%	d/dT	%	d/dT	%	d/dT	%	d/dT	%
5	.5	.48906	.49013020	0.22	.48760138	0.30	.48837339	0.14			
10	1.	.57655	.57583047	0.13	.57798879	0.25	.57363107	0.51			
20	2.	.66965	.66645951	0.48	.66837620	0.19	.67478726	0.76			
30	3.	.71901	.72187152	0.39	.72124944	0.31	.72414596	0.71			
40	4.	.76612	.76230081	0.50	.75876361	0.97	.74823030	2.39			

XX - 6

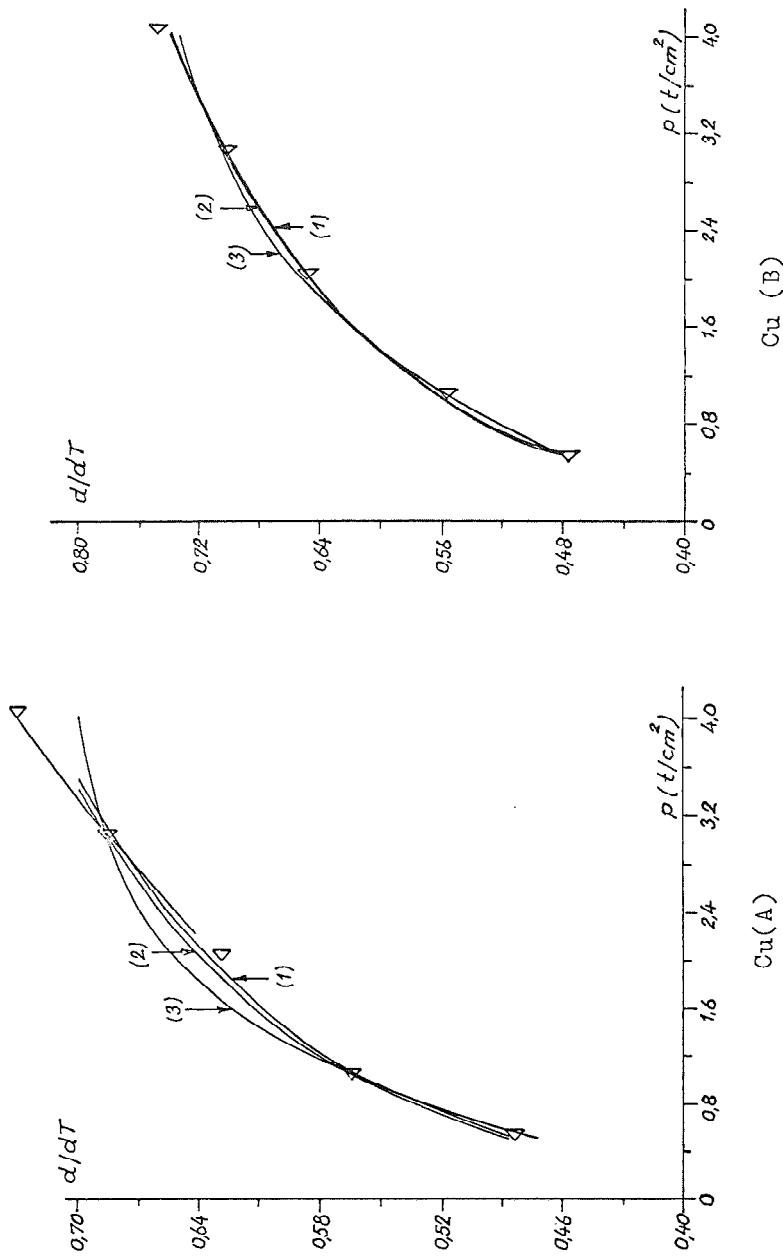
$$A_1 = -1; \quad A_2 = 1.57533047; \quad q = .0806739363$$

$$C_1 = .577983791; \quad C_2 = .130401469$$

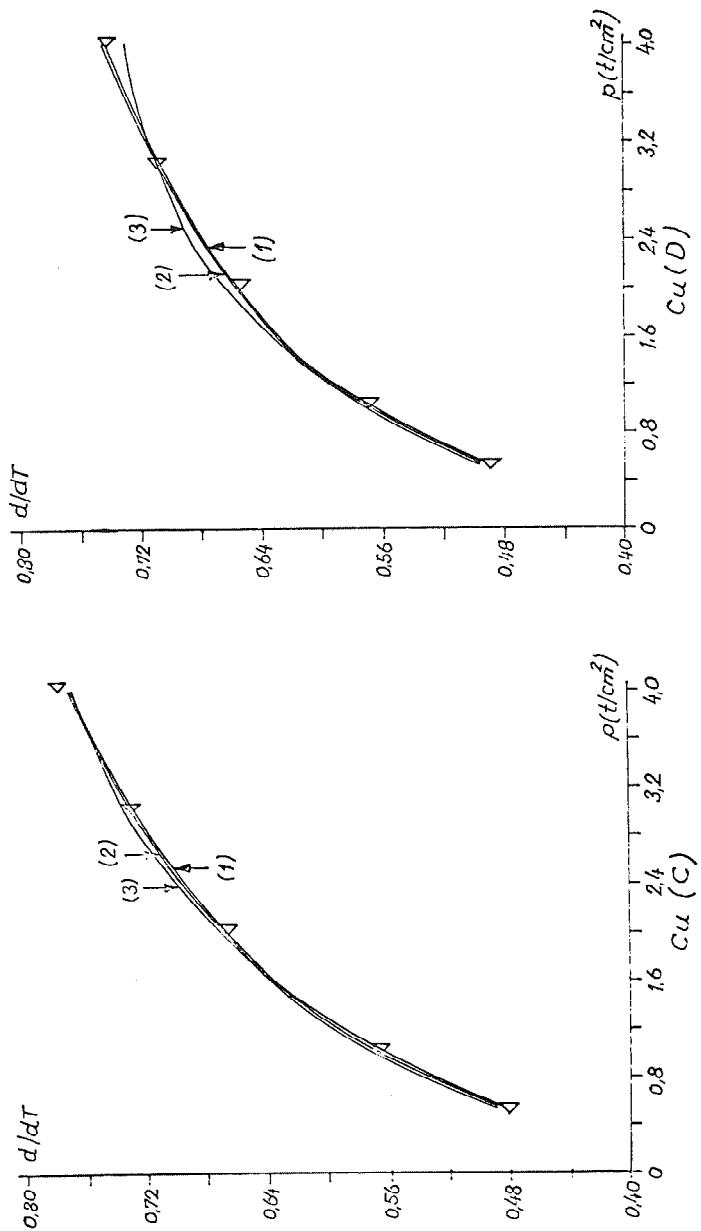
$$D_1 = .771180677; \quad D_2 = -.404860123; \quad S = .717551908$$

Promena gustine sa pritiskom presovanja za smeše A i B.

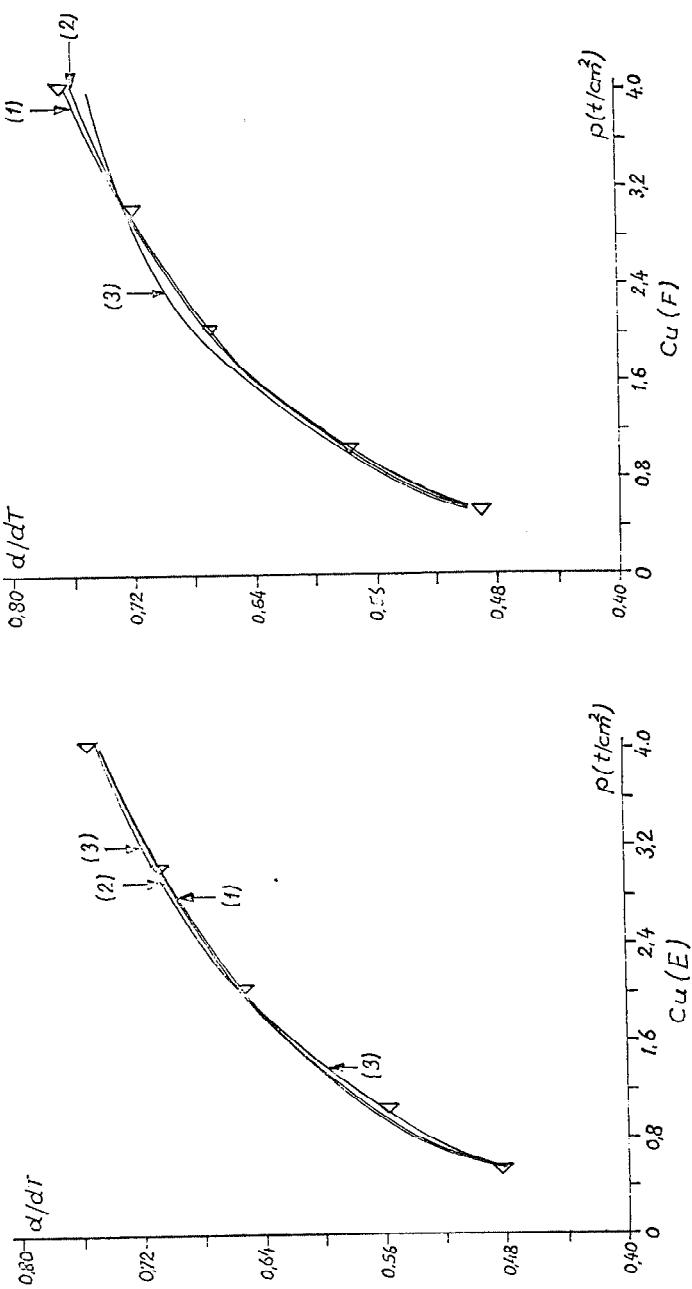
XX - 7



Promena gustine sa pritiskom presovanja za smeše C i D.



Promena gustine sa pritiskom pressovanja za smješte F i F.



4. Promena gustine sinterovanog bakra u zavisnosti od pritiska presovanja i dodatka Al_2O_3 .

Za dalja ispitivanja ispresci svih šest smeša su sinterovani na $t = 1000^\circ\text{C}$ u protočnoj struji vodonika u trajanju od $\tau = 1 \text{ h}$.

Srednje vrednosti gustine date su u tabeli br. 3, a prikazane na dijagramu br. 1 i br. 2.

TABELA 3.

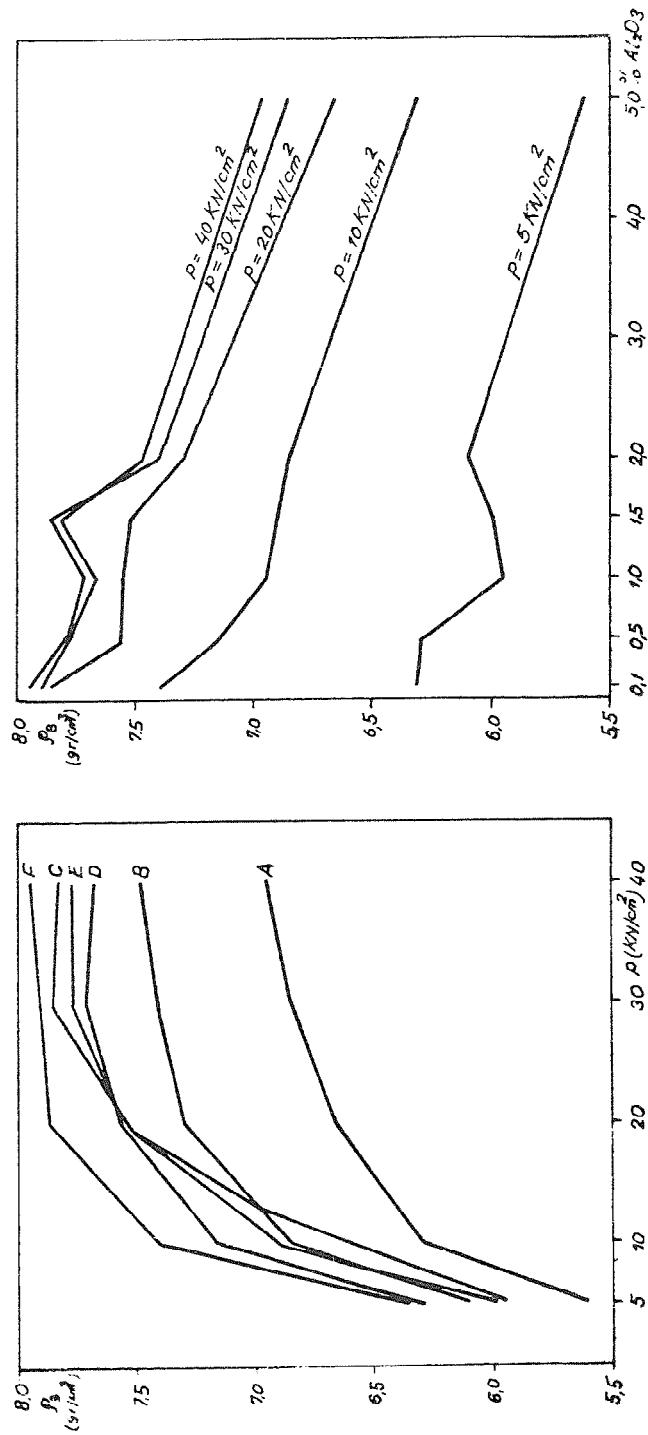
GUSTINA SINTEROVANOG Cu SA DODATKOM Al_2O_3 PRESOVANOG PRI RAZLIČITIM PRITISCIMA

Oznaka smeše	Procent. sadržaj Al_2O_3	$p \text{ KN}/\text{cm}^2$				
		5	10	20	30	40
		$\rho_s \text{ gr}/\text{cm}^3$				
A	5	5,61	6,30	6,65	6,85	6,94
B	2	6,10	6,85	7,29	7,41	7,48
C	1,5	5,99	6,91	7,52	7,85	7,84
D	1	5,94	6,94	7,55	7,71	7,68
E	0,5	6,29	7,16	7,56	7,78	7,78
F	0,1	6,32	7,40	7,87	7,90	7,95

Analizom rezultata može se zaključiti da gustina raste sa porastom pritiska presovanja. Na dijagramu br. 1. vidi se da je porast gustine naročito izražen u početku presovanja do $p=20 \text{ KN}/\text{cm}^2$ što se objašnjava malim otporom čestica na dejstvo sile pritiska i blaži porast gustine od 20-40 KN/cm^2 gde se javlja intenzivan kontakt izmedju čestica koji dovodi do povećanja čvrstoće aglomerata.

Na dijagramu br. 3 može se uočiti da gustina sinterovanog bakra opada sa dodatkom Al_2O_3 .

Na datim krivima se zapaža da pri presovanju raznim pritisциma javlja se uvek odstupanje u gustini, tako da gustina raste sa dodatkom od 1-2% Al_2O_3 . Porast gustine je najmanji pri presovanju kod pritiska 10 KN/cm^2 , a najveći kod 30-40 KN/cm^2 .



Promena gustine sinterovanog bakra sa pritiskom presovanja

Dijagram 1.

Promena gustine sinterovanog bakra sa dodatkom Al_2O_3

Dijagram 2.

5. Z a k l j u č a k

Na osnovu eksperimentalnih podataka može se zaključiti da gustina bakra raste sa porastom pritiska presovanja. Porast gustine je naročito izražen u početku presovanja do pritiska presovanja od 20 KN/cm^2 .

Dodatak Al_2O_3 kao nemetalne faze ima znatan uticaj na proces presovanja bakra, tako da se menja tok krivih presovanja već kod sadržaja od 1% Al_2O_3 i utiče na smanjenje gustine bakra.

Literatura

1. Osnovne tendencije razvoja alatnih materijala i neki domaći napori u toj oblasti, dr M.Jovičić, XII posvetovanje proizvodnega strojništva, Maribor 28.9.1978, I₁-I₁₇.
2. Disperzno ojačanje bakra, D.Vukićević, Magistarski rad 1976, Elektronski fakultet Niš.
3. Metalurgija praha, u redakciji M.M.Ristića i T.B.Samonova, Elektronski fakultet u Nišu, 1973, 3.2.
4. Z.Nikolić i M.M. Ristić, ETAN, 1973, Opatija.

Mr D.Vukićević

THE DENSITY CHANGE OF COPPER SPECIMENS DOPED WITH ALUMINA DURING THE THE PROCESS OF PRESSING

Al_2O_3 as additive changes the curve of pressing for amount of 1% per weight.

The examination of the process of pressing clearly illustrated that the apparent density of copper doped with alumina decreases for all the range of pressures.

XIII SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Nikola V. Račić, dipl. maš. ing. x)

xx) PRILOG PRIMJENI PUVRŠINSKE OBRADE DEFORMISANJEM

1. UVOD

Završna obrada metala plastičnim deformisanjem bazira na svostu metala da se daju plastično deformisati u hladnom stanju. Suština je u tome da se pod pritiskom elementa kojim se deformiše (valjak, točkić, kuglica, trn...), veće tvrdoće nego što je obradivani metal, mikro neravnine obradjavane površine deformišu-ravnaju, pri čemu se smanjuje hrapavost i obrazuju nove mikroneravnine.

Tehničko-ekonomski efekti primjene postupaka završne obrade zasnovane na plastičnom deformisanju metala u odnosu na honovanje, koji se primjenjuju pri obradi hidrauličnih cilindara očituju se u:

1. Na površinama obradjenim honovanjem zadržavaju se zrnca od brusnih sredstava koja oštećuju zaptivke. Ispitivanjem honovane površine nadjeno je 2 - 25 zrnaca na 1 cm^2 . Površina obradjena završnom obradom deformisanjem je vrlo glatka, tako da zaptivke po njoj klize i ne oštećuju se

x) Nikola V. Račić dipl. maš. ing. Tehnolog Fabrike hidrauličnih uređaja i garažno - servisne opreme "UNIVERZAL" Banjaluka, asistent na Mašinskom fakultetu u sanjaluci

xx) Rad radjan u fabrici "UNIVERZAL" Banjaluka.

xxi - 2

2. Završna obrada deformisanjem je znatno kraća, 10-20 puta, nego klasična

3. Površine obradjene ovom metodom ojačane su za 20-30% što omogućuje tanje stjenke hidrauličnih cilindara

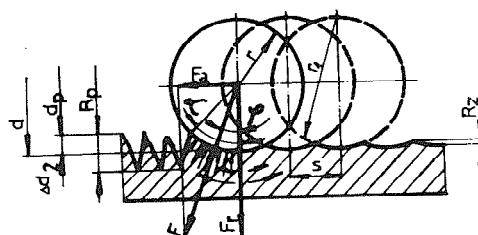
4. Trajnost alata za završnu obradu deformisanjem je znatno duža.

5. Trajnost hidrauličnih cilindara povećava se za oko 10 puta.

Polazeći od navedenih prednosti i porasta zahtjeva na tačnost, trajnost i pouzdanost u eksploataciji hidrauličnih cilindara, prišlo se konstituisanju i ispitivanju alata i uredjaja za završnu obradu hidrauličnih cilindara plastičnim deformisanjem. Usvojen je za razradu postupak završne obrade valjanjem valjcima, pri primjeni okretanju alata.

2. SPECIFIČNOSTI PROCESA POVRŠIJSKE OBRADE DEFORMISANJEM

Shema deformisanja mikro neravnina polazne površine pri završnoj obradi deformisnjem, usvojenim postupkom, prikazan je na slici 1. Visina početnih mikro neravnina R_p smanjuje se na R_z , obrazuje se nova mikro površina, dok oblik, mjere i raspored novoformiranih mikro neravnina zavisi od oblika i mјere deformatišućeg elementa i režima obrade.



gđije ţe:

- $K = \frac{r_1}{r_2} = 2,1 + 2,6$, odnos karakterističnih radijusa,

XXI - 3

- $K_1 = 1,3 + 2,1$, koeficijent uticaja plastičnog svojstva metala,
- $K_2 = 1$, koeficijent uticaja pritiska na kontaknoj površini.

Više-valjkasti alati elastičnog dejstva (koji su, primjenjujući ovu tehnologiju, ispitivani) praktično u svim slučajevima obezbjeđuju ostvarivanje završne obrade sa lokalizacijom deformacije samo u površinskom sloju metala.

Završnu obradu valjanjem treba projektovati tako da se postavljeni zahtjevi ostvare u jednom prolazu. Povratni hod u svojstvu radnog hoda ne treba koristiti jer ponovni prolaz u suprotnom smjeru može dovesti do prekoračenja potrebnog deformisanja površinskog sloja, a osim toga rđni profil valjka najčešće se predviđa za rad samo u jednom pravcu.

Brzina ne utiče znatno na kvalitet obrade i obično se nalazi u granicama 30 - 150 m/min.

Optimalna sila u procesu obrade određuje se po obrazcu:

gdje je:

d- prečnik obradjivanog otvara u mm

U procesu obrade dolazi do povećanja površinske tvrdoće obradjivog otvora za $25 + 40\%$. Dubina sloja povećane tvrdoće kreće se u granicama :

Sila kojom se obezbjedjuje dobijanje sloja dubine h_n određeno je obrazcem:

gđije je :

σ_p - granica plastičnosti obradživanog metala u N/mm^2 .

m^2 - popravni koeficijent koji uzima u obzir zakrivljnost kontaktnih površina, a koji se računa po obrascu:

$$m = 1 + 0,07 \left(\frac{1}{R_p} + \frac{2}{D_p} + \frac{2}{d} \right)^{-1} \dots \dots \dots (5)$$

gđje je :

R_p - radius profila valjka u mm

D_p - prečnik valjka u mm.

*P*Radius valjka treba da je minimalan, a da pri tome ne dolazi do ljuštenja obradivane površine.

Radna sila valjanja F. kreće se u granicama :

$$1,5F_{0,05} \leq F \leq 3F_{0,05} \quad (6)$$

XXI - 4

gđje je:

$F_{0,05}$ - sila koja obezbjedjuje dobijanje očvrsnuto g sloja dubine $h_n = 0,025$ d.

Optimalni posmak po jednom valjku ne smije preći vrijednost $s_z = 0,1 - 0,5 \text{ mm/o.}$

Poznak po jednom obrtaju alata dat je obrazcem:

adjie je:

z = broj deformišućih elemenata u alatu.

Promjena veličine prečnika Δd približno se može izračunati (Pri prethodnoj obradi struganjem uz klasu hraptavosti $\text{G} = 10$) po obrazcu

U opštem slučaju je :

ed : e ie :

k -koeficijent zavisao od plastičnih osobina obradjuvano metal.

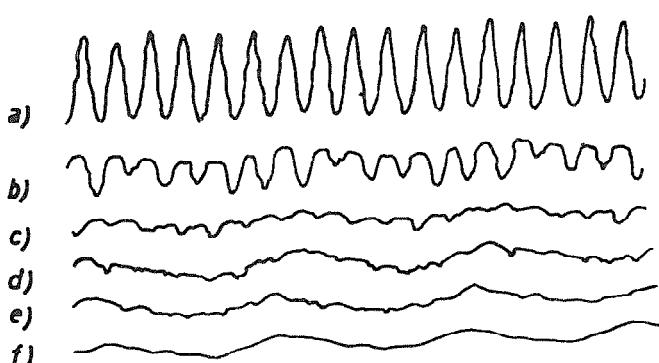
Tabelle 1

Tabela 1.-Vrijednost koeficijenta k za neke metale

Metal	Č. 5425	Č. 1940	Č. 1530	Bronza	Kesing	Duralumi nijum	Pt	Sirový svodz
k	1,21	1,41	1,41	1,34	1,26	1,30	1,2	1,36

Veličina Δd i u skladu sa njom veličina dodatka na obradu u praksi se određuje eksperimentalnim putem, a polazne vrijednosti računaju se po obrazcima 8 i 9.

Proces formiranja novih mikro neravnina prikazan je na slici 2. Slika prikazuje profil polaznih mikro neravnina (a), poslije obrade struganjem i profil novonastalih mikro neravnina pri postepenom porastu sile deformacije.



- a-polazna brzina postoji je stranogja
 b-F= 100N
 c-F= 500 N
 d-F= 500 N
 e-F= 600 N
 f-F=800 N

S1.2.-Shemapostepenog
formiranja nov-
ih mikro nerav.
(uvećanje 25x
1000 puta.)

Analize različitih režima obrade pri navedenim postupcima pokazuju da shemu naponsko - zaprminske elementarnih paralelopipeda karakteriše troosno pritiskivanje.

Najveći uticaj u zoni deformacije imaju normalni i tangencijalni naponi. Njihov medjusobni odnos određuje smjer točenja metala u zoni kontakta deformišućeg elementa sa obradivom površinom. Za postizanje potrebnog stepena hraptavosti površine pri završnoj obradi deformisanjem neophodno jena deformišući elemenat djelovati silom, dovoljnom za plastičnu deformaciju polaznih mikro neravnina, a pri tome mora biti ispunjen i drugi uslov: ta sila mora biti minimalna.

Ispitivanja su pokazala da izravnavanje polaznih mikro neravnina proizilazi iz dejstva radikalne komponentne sile F_r , koji je vrlo blizak smjeru rezultantne sile F (Sl.1.). Pri malim vrijednostima ugla \angle veličina odnosa F_a/F_r teži nuli. Ispunjene uslove $F_a/F_r = 0$ najbliže je u slučaju završne obrade valjanjem valjcima većeg prečnika sa minimalnim posmakom.

Odavde slijedi zaključak da se pri projektovanju alata oslonci koji primaju tangencijalnu komponentnu силу valjanja mogu izvesti manje otpornim i krutim, nego oslonci koji primaju normalnu komponentnu силу.

3. UPOTREBLJANI ALAT I OPREMA

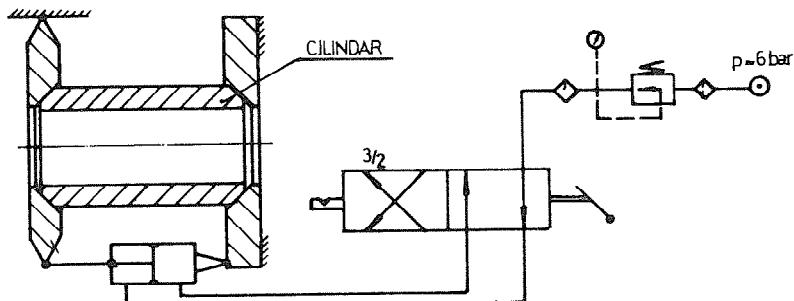
Prikupljajući podatke o hidrauličnim cilindrima u eksploraciji i analizom prikupljenih podataka konstatovano je da je neophodno obezbjediti viši kvalitet funkcionalne površine što su uslovili sledeći faktori:

1. Izrazito povećanje zahtjeva na trajnost, pouzdanost i druge eksploracione karakteristike, jer su kako istraživanja, tako i praksa u eksploraciji pokazali da nema praktično ni jedne eksploracione karakteristike, koja manje - više ne zavisi od kvaliteta funkcionalnih površina hidrauličnih cilindara;
2. zahtjevi na svojstva površina hidrauličnih cilindara se ne samo povećavaju, već i proširuju na račun novih koje traže tehničko obezbjedjenje istih.

Rolažeći od navedenih činjenica za usvojeni postupak završne obrade konstruisan je najneophodniji alat. Ispitivanje je vršeno na strugu PA 22/1000. Na uzdužni suport umjesto poprečnog suporta postavljen

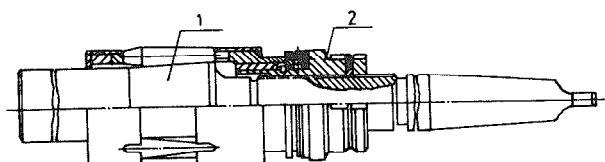
XXI - 6

je pneumatski alat za stezanje radnog predmeta, koji je shematski prikazan na slici 3.



Sl.3.- Preumatski alat za stezanje radnog predmeta

Za prethodnu strugarsku obradu korištene su bušne motke koje se stazu u steznu glavu i šiljak. Bušne motke nosile su jedan strugarski nož. Ovakva konstrukcija bušne motke bila je nepovoljna zbog progiba ose bušne motke koji je izazivala natražna sila na strugarskom nožu. Zato su umjesto jednog, postavite dva strugarska noža tako da se natražne sile na noževima međusobno poništavaju. Bušne motke morale su biti duže od dvije dužine cilindra koji se obradjuje, što nepovoljno utiče na stabilnost sistema obrade. Dovodjenje tečnosti za hlađenje i ispiranje na klasičan način nije moglo zadovoljiti zahtjeve ovog postupka prethodne obrade. Postavilo se kao imperativ rješenje sistema za dovodjenje tečnosti za hlađenje, podmazivanje i ispiranje. Glava za završnu obradu, slika 4. konstruisana je na istom principu. Nosač glave (1) bio je duži od dvije dužine cilindra jer glava (2) nije bila izvedena za rad u povratnom hodu. Poslije radnog hoda alat se skidao da bi se oslobodio cilindar



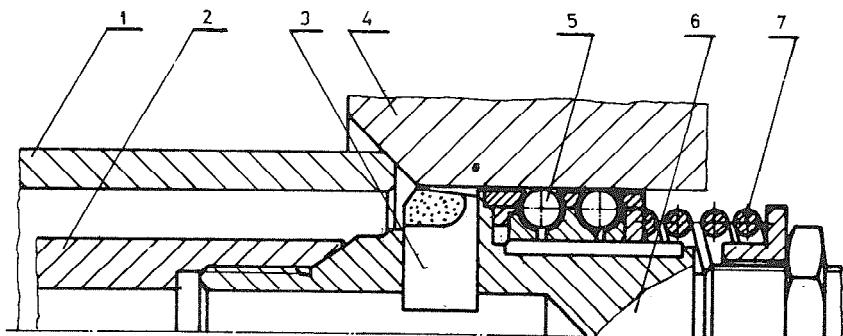
Sl.4.- Glava za završnu obradu

Prilikom rada sa ovim alatom bilo je takođe veoma otežano dovodjenje tečnosti za hlađenje i podmazivanje, čime su znatno povećani zahtjevi za rješavanje pomenutog sistema hlađenja.

4. ANALIZA ISTRAŽIVANJA

Analiza podataka dobivenih ispitivanjem alata dala je sledeće:

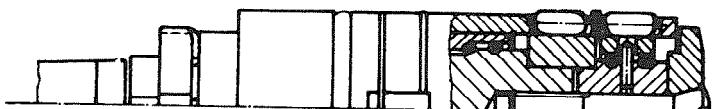
1. Bušne motke za prethodnu, strugarsku obradu treba zamijeniti glavama za unutrašnje struganje koje obezbjedjuju i vodjenje alata, slika 5.



1.-Cilindar	5.-Elementi za vodjenje
2.-Vretno	6.-Glava za struganje
3.-Strugarski nož	7.-Opruga
4.-Vodeća čaura	

Sl.5.- Glava za unutrašnje struganje - položaj prije početka rada

2. Obzirom na izmjenu sistema pripremnog struganja izvesti glavu za završnu obradu dinamičkog principa dejstva slika 6.



Sl.6.- Glava za završnu obradu dinamičkog principa dejstva

3. Neophodan je sistem za dovodjenje tečnosti za hladjenje i podmazivanje kroz vretenište struga.
4. Umjesto mehaničkih koristiće se pneumatske stezne glave za stezanje i brzu zamjenu alata.
5. Dokazano je da se ovom obradom postižu rezultati navedeni u teoriskoj analizi.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad potvrđuje da završna obrada metala plastičnim deformisanjem predstavlja značajan napredak u tehnologiji proizvodnje i veliki doprinos kvalitetu i trajnosti dijelova mašina i uređaja.

Istraživanje pokazuje da se ovom obradom postiže povećanje produktivnosti (i nekoliko desetina puta), da se mogu postići velike učete u materijalu, te da se povećava vijek trajanja proizvoda i do deset puta, što opravdava cijelishodnost daljeg rada na usvajanju tehnologije završne obrade deformisanjem.

LITERATURA

1. J.G. Šneider, Instrument dla čistovoj abrabortki metalov davlenjem, Lenjingrad 1971.
2. V.A. Gorohov, Abrabotka detaljej plastičeskim deformirovaniem, Kijev 1978.
3. D.D. Papšev, Otdeločno - upročnjajušćaja abrabortka poverhnostnih plastičeskim deformirovaniem, Moskva 1978.
4. Sprovočnik tehnologa mašinostroitelja 1, Moskva 1972.
5. Sprovočnik metalista 3, Moskva 1966.
6. M.A. Blizavetin, E. A. Satelj, Tehnologičeskiye sposobi povišenije dolgovečnosti mašin, Moskva 1964.

**BEILAGE DER ANWENDUNG DER OBERFLÄCHENBEHANDLUNG
MIT VERFORMUNG**

Diese Arbeit bestätigt, dass die Metallnachbearbeitung mit plastischer Verformung die bedeutende Fortschritt in Technologie der Produktion und grossen Beitrag fuer Qualitaet und Lebensdauer der Maschinen - und Anlagen-Teile vorstellt.

Die Forschung zeigt:dass mit dieser Bearbeitung die Produktivitaet vergroesserung (auch einige Zehntelmal) erreicht wird,dass die grosse Materialersparungen erreicht werden koennen, und dass auch die Produktenlebensdauer bis zehnmal vergroessert wird, was die Nutzlichkeit weiterer Arbeit an Technologie - meistern der Verformungsna-chbearbeitung rechtfertigt.