

FOTOPLASTIČNO MODELIRANJE POSTUPKA EKSTRUZIJE

Dr Andrija Mulc, dipl.inž.,docent  
Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu

U V O D

Primjena postupaka oblikovanja deformiranjem u zatvorenim ukovnjima u snažnom je porastu, posebno kod oblikovanja pri sobnoj temperaturi. Pri tom je stanje deformiranosti odlučno za definiranje oblika izratka za svaku operaciju oblikovanja kao i za određivanje najmanjeg broja operacija potrebnih za ostvarenje konačnog oblika izratka. Budući da se deformiranost na prototipu metalnog

izratka potpunije može pratiti samo u manjem broju karakterističnih načina oblikovanja, nastoji se pronaći mogućnost modeliranja. Posebna pažnja kod toga poklanja se optički aktivnim modelskim materijalima i metodama analize deformacija i naprezanja uz pomoć takovih materijala. Opširniji prilog tome nalazi se u 1, 2 i 3 \*.

Razmatranje koje slijedi, prilog je nastojanju da se jedan od postupaka, ekstruzija, fotoplastično modelira uz primjenu polikarbonata kao modelskog materijala. Razmatranje se odnosi na dva karakteristična slučaja i to na ekstruziju kroz oštru i kroz konusnu matricu.

#### OPIS POKUSA I PRIKAZ REZULTATA

Ekstruzija kroz oštru matricu provedena je bez primjene maziva, dok je ekstruzija kroz konusnu matricu bila uz primjenu maziva. U obadva slučaja valjkasti model izradjen je iz relaksirane polikarbonatne šipke promjera 19 mm, a promjer nakon ekstruzije iznosio 12,5, odnosno 12,7 mm. Ekstruzija je provedena na hidrauličkoj preši pri brzini klipa od 1 mm/sek. u za to posebno konstruiranom i izradjenom alatu. Prikaz crteža za ekstruziju kroz oštru matricu nalazi se na slici 1, na kojoj je vidljiv i oblik modela prije i poslije deformiranja. Unutrašnje površine alata bile su hrapavosti klase 6 po JUS M. Al.020. Za pokus ekstruzije kroz konusnu matricu promijenjen je alatu sa slike 1 samo donji dio, tj. konusni kanal matrice, kako je vidljivo na slici 4. Na istoj slici prikazan je i oblik modela. Površina konusnog kanala matrice brušena je pa je hrapavost nakon izrade bila klase 4. Primijenjeno mazivo bilo je mineralno ulje gustoće SAE 30.

Iz deformiranih modela izrezane su uzduž osi pločice koje su poslužile za izradu fotoplastičnih fotografija vidljivi-

---

\* Oznake u [ ] odnose se na redni broj iz popisa literature.

vih na slikama 2 i 5.

Za oba slučaja, na osnovi fotografija izokroma tamnog polja određivano je stanje glavnih deformacija uzduž osi modela. Prostorni koordinatni sustav  $\underline{r}$ ,  $\underline{\theta}$ ,  $\underline{z}$ , položen je tako da se koordinatna os  $\underline{z}$  poklapa s osi modela, a koordinatna os  $\underline{r}$  s radiusom.

Budući da se radi o aksijalno simetričnim slučajevima vrijedi  $\epsilon_r = \epsilon_\theta$ .

Kvantitativne vrijednosti ostalih glavnih deformacija moguće je odrediti uz pomoć optičkog zakona deformacije definirano u 4 :

$$\epsilon_r - \epsilon_z = f_\epsilon^p \frac{N}{h} \quad \dots (1)$$

$f_\epsilon^p$  je fotoplastična konstanta deformacije,  $N$  je red izokrome, a  $h$  je debljine pločice izrezane iz modela.

Separacija glavnih deformacija provedena je na način opisan u 5 uz pomoć jednadžbi:

$$\epsilon_r = \epsilon_\theta - \frac{1}{3} f_\epsilon^p \left(\frac{N}{h}\right)_\theta \quad \dots (2)$$

$$\epsilon_z = \frac{2}{3} f_\epsilon^p \left(\frac{N}{h}\right)_\theta \quad \dots (3)$$

Dijagrami na slikama 3 i 6 prikazuju stanje glavnih deformacija uzduž osi modela.

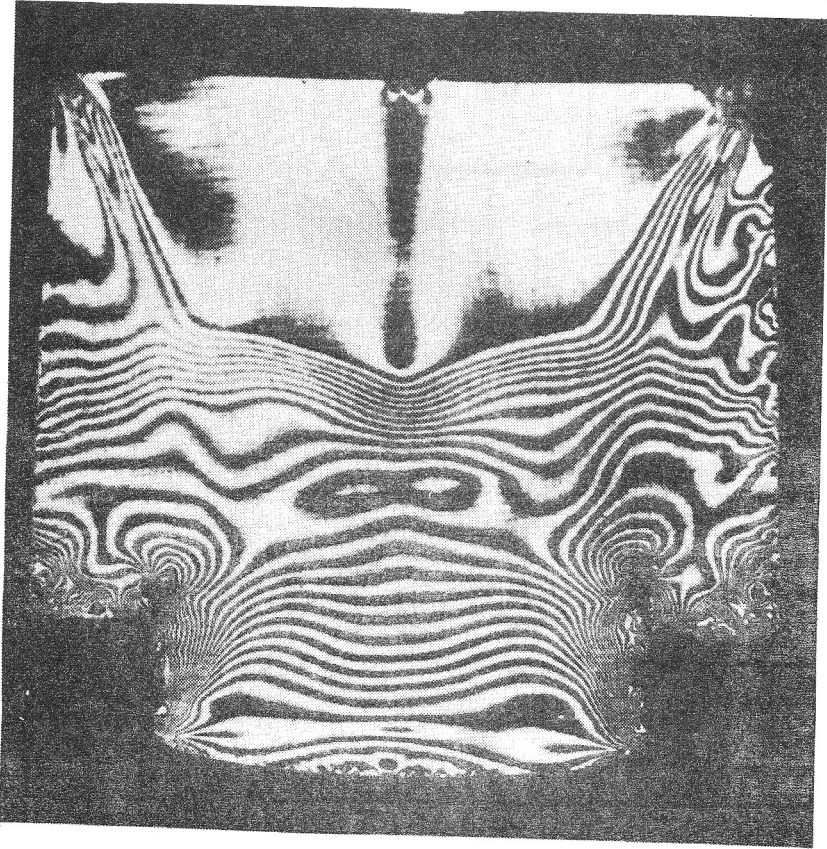
Dijagram na slici 7 posebno je zanimljiv jer prikazuje stanje razlika glavnih deformacija na kontaktnoj površini modela s konusnim kanalom matrice.

#### Z A K L J U Č A K

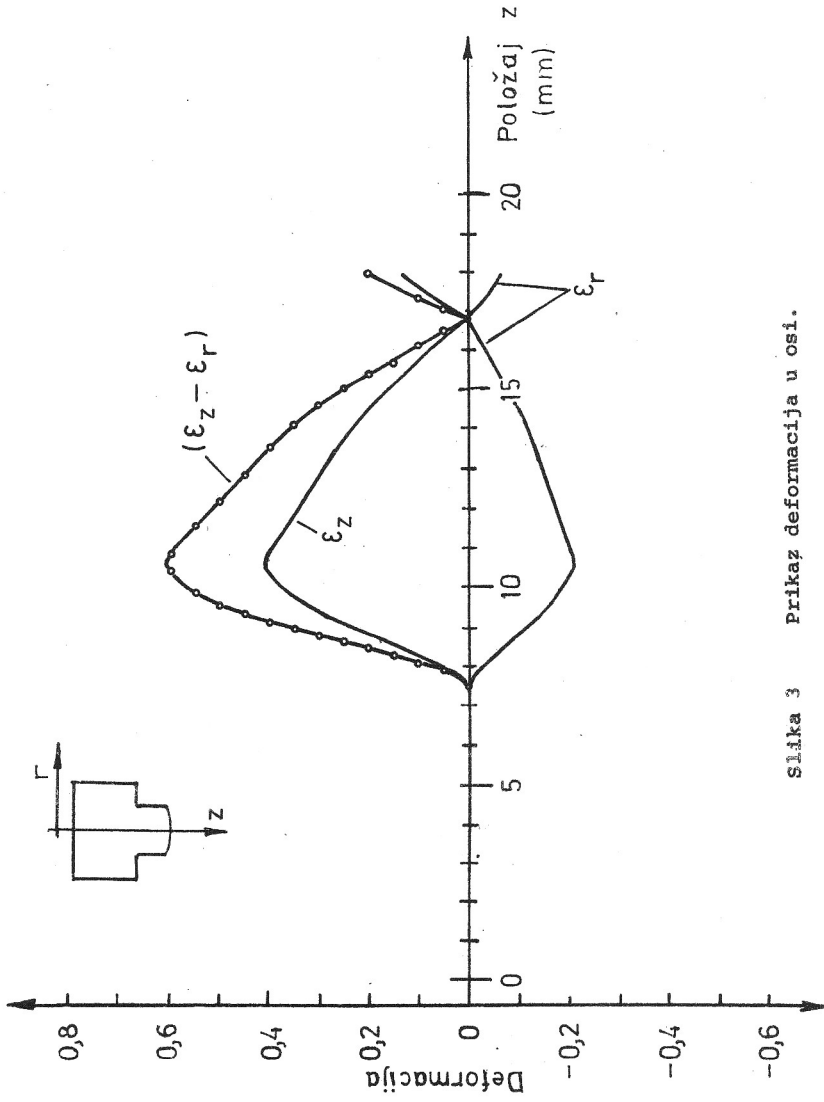
Fotografije izokroma omogućuju kvalitativni pregled deformiranosti a raspored i gustoća tih interferentnih linija pouz-

dano upućuju na koncentraciju ostatnih deformacija u plastično deformiranom modelu. Stanje izokroma posljedica je i oblika matrice i uvjeta kontaktnog trenja. Izabranom redukcijom promjera šipke i oblika matrice pokazano je da je metoda primjenjiva i u slučaju kad se pojavljuju takve koncentracije deformacija da se čak stvaraju i ponavljaju pukotine na ekstrudiranom dijelu šipke. Konvencionalni optički zakon deformacije, omogućuje kvantitativno određivanje razlika glavnih deformacija, koje se mogu separirati uzduž glavnih pravaca deformacije.

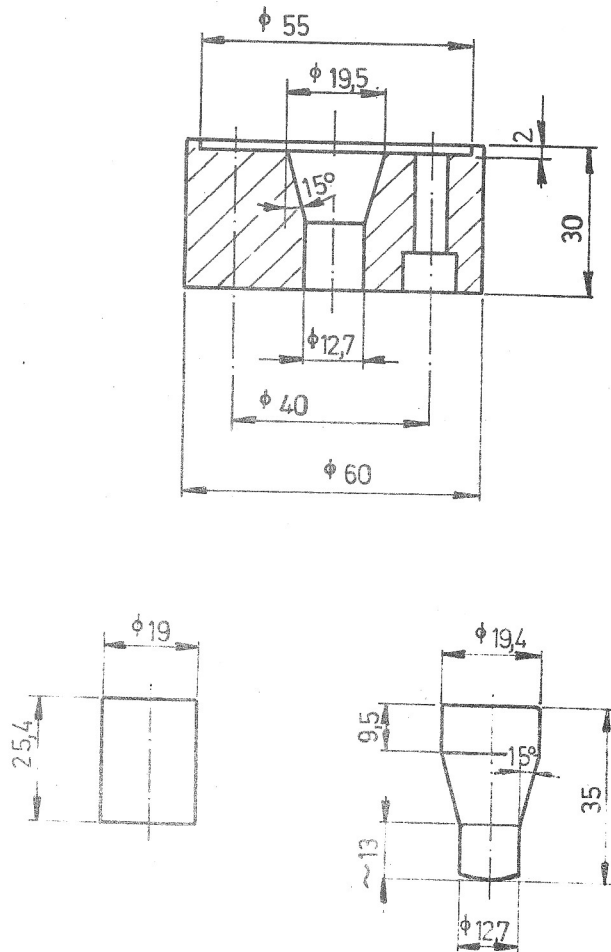




Slika 2      Prikaz izokroma tamnog polja u pločici debljine 0,27 mm izrezanoj uzduž osi ekstrudiranog modela.

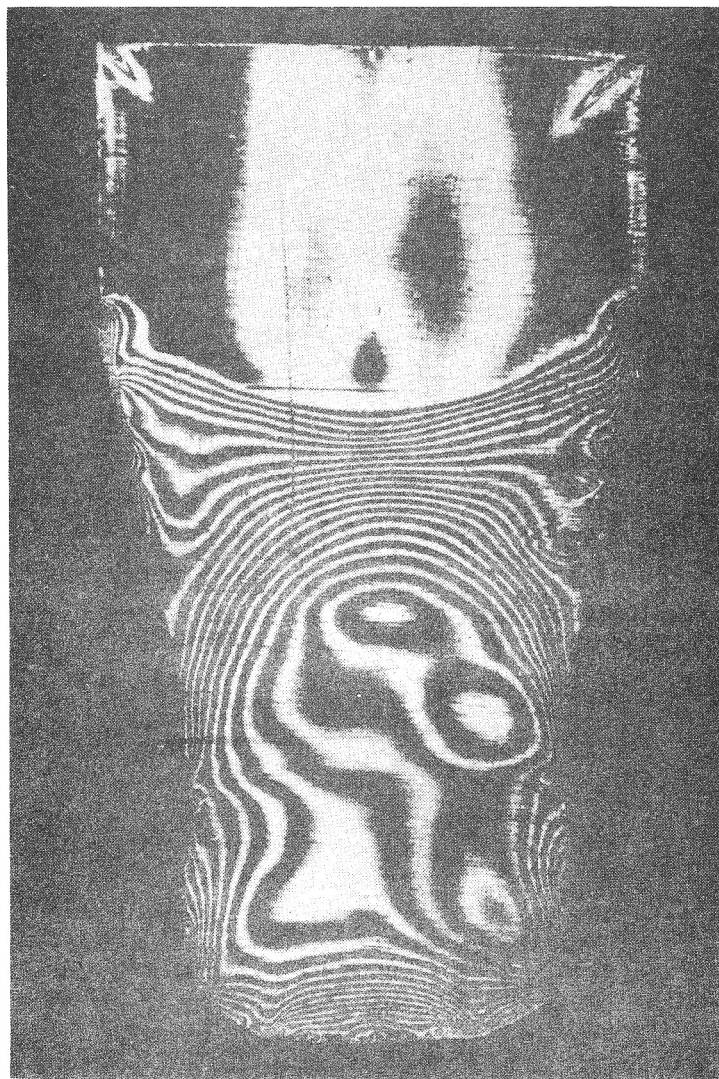


Slika 3 Prikaz deformacija u osi.

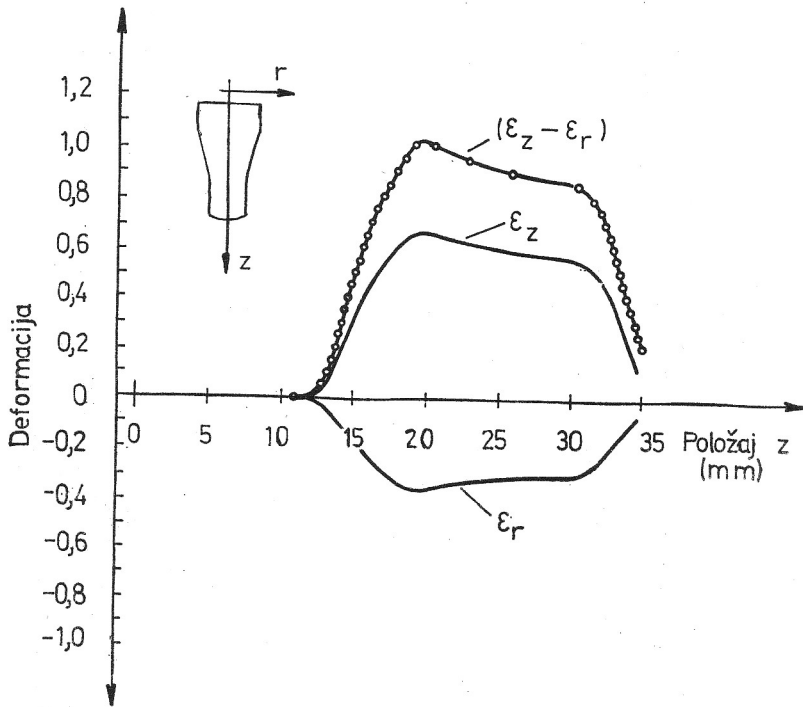


Slika 4 Crtež donjeg dijela alata za ekstruziju kroz konusnu matricu i prikaz izgleda i dimenzija modela prije i poslije ekstruzije.

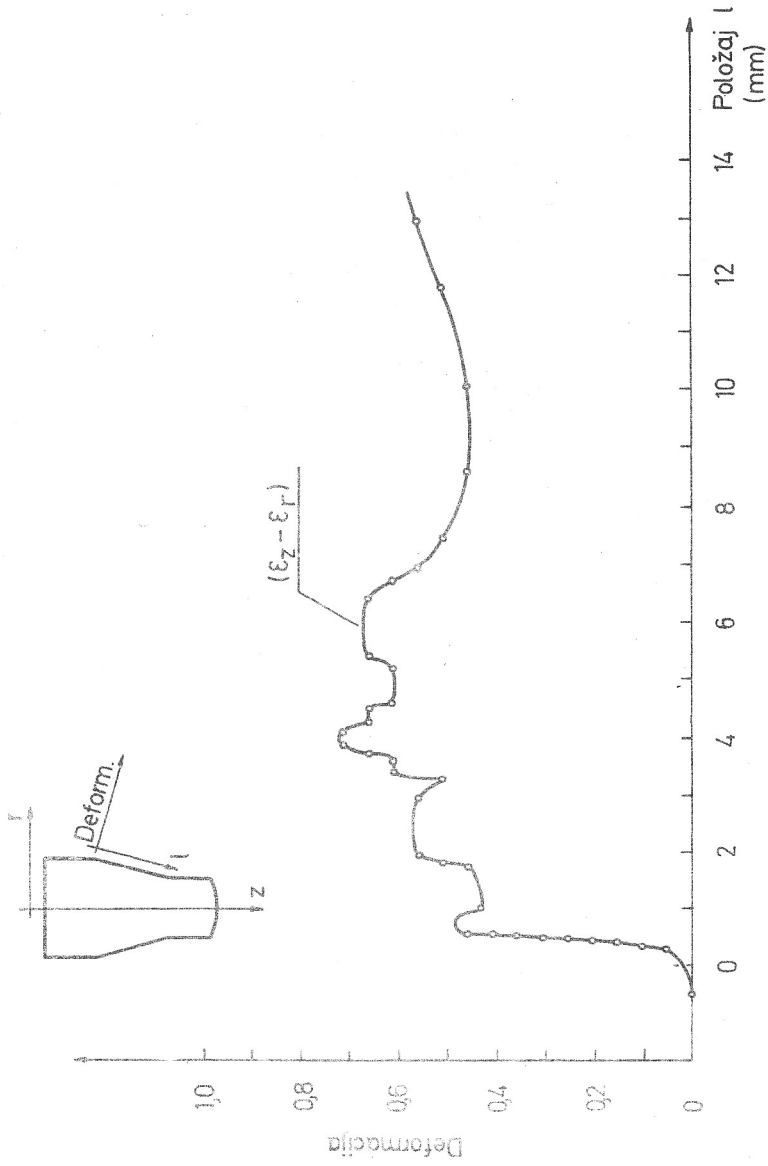




Slika 5      Prikaz izokroma tamnog polja u pločici debljine 0,26 mm izrezanoj uzduž osi ekstrudiranog modela.



Slika 6 Prikaz deformacija u osi.



Slika 7 Prikaz razlika glavnih deformacija na kontaktnoj površini modela s kanalom matrice.

## L I T E R A T U R A

1. S.I.Gubkin, S.I.DOBROVOLJSKIJ, B.B.BOIKO, "Fotoplastičnost" Izdateljstvo Akademii nauk Belorusskoj SSR, Minsk 1957.
2. V.K. VORONCOV, P.I. POLUHIN, "Fotoplastičnost", Izdateljstvo Metalurgija, Moskva 1969.
3. A.I. LIŠICIN, V.JA. OSTRENKO, "Modèlirovanie procesov obrabotki metalov dovleniem," Izdateljstvo Tehnika, Kiev 1976.
4. J.W. DALLY and A.MULC, "Polycarbonate as a Model Material for Three - Dimensional Photoplasticity", Journal of Applied Mechanics, June 1973., p.600-605.
5. A.MULC, "Prilog analizi deformacija u prostornoj fotoplastičnosti, Zbornik radova XII Jugoslavenskog kongresa racionalne i primijenjene mehanike, 1974, C5-11, s. 1-10.

MULC A.

FOTOPLASTIČNO MODELIRANJE POSTUPKA  
EKSTRUZIJE

R e z i m e

Modeliran je postupak ekstruzije okrugle šipke kroz oštru matricu bez primjene maziva i kroz konusnu matricu uz primjenu maziva. Modelski materijal bio je polikarbonat. Fotografije izokroma u pločici izrezanoj uzduž osi modela omogućile su kvalitativnu i kvantitativnu analizu deformacija u deformiranom modelu.

PHOTOPLASTIC MODELLING IN EXTRUSION

S u m m a r y

The extrusion of the round bar through the sharp and conical die was analyzed by photoplastic method. Polycarbonate was the model material. The slices taken from the deformed model bodies were used for the presented isochromatic photographs and the strain analysis.