

PRILOG MODELIRANJU POSTUPKA ISKIVANJA

Dr Andrija Mulc, dipl.inž., docent

Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu

U V O D

Postupci sabijanja, raskivanja i iskivanja tipični su za slobodno kovanje, a u suvremenoj kovačkoj proizvodnji primjenjuju se pri kovanju velikih ploča, blokova i osovina. Zbog relativno visoke cijene velikog otkivka oblikovanju se pristupa s osobitom pažnjom na granicu do koje materijal može još podnijeti deformiranje bez posljedica po namjenu otkivka. Redovito se nastoji postići dobra prokovanost a da se pritom ne pojave tzv. kovačke pukotine.

Prvi objavljeni radovi o prokovanosti od prije oko pedeset godina pokazuju nastojanja da se temeljitije prouče neke iskustvene preporuke u pogledu širine i oblika tlačnih ploha i veličine stlačenja. Rad Vatera i Heila [1]* sadrži pregled značajnijih radova s tog područja do kasnih šezdesetih godina u kojima je obuhvaćen veći broj utjecajnih parametara kao što su struktura materijala, temperatura i brzina deformiranja,

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

uvjeti kontaktnog trenja i drugi.

Usporedo s pokusima na prototipu razvijane su i metode istraživanja na modelima. Zapažena su i istraživanja na ravninskim i prostornim modelima iz optički aktivnih materijala. Rezultati takvih istraživanja u skladu su s teorijskim postavkama i rezultatima istraživanja na prototipu, uz značajnu pogodnost u pogledu preglednosti deformiranog područja ili čak volumena.

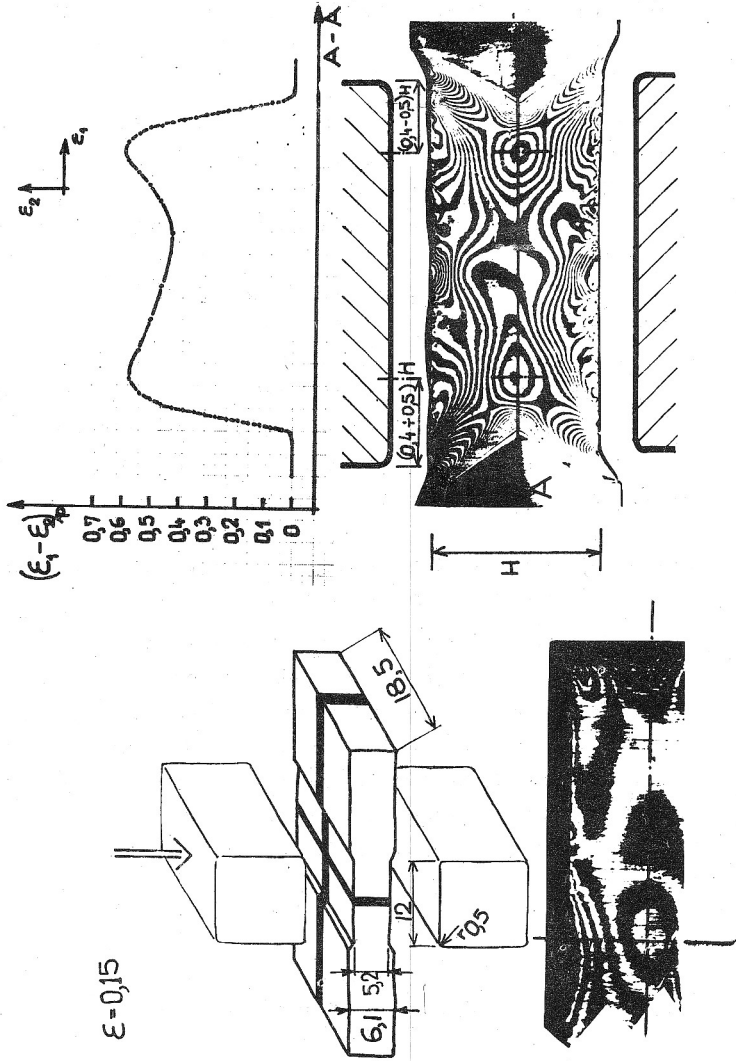
Fotoelasticiometrijskom metodom temeljitije je razmatrano stanje naprezanja i deformacija otkivka pri postupku iskivanja. Unksov, Safarov i Garaščenko [2] istraživali su utjecaj relativne širine tlačne plohe na raspored naprezanja u vertikalnoj ravnini uzduž otkivka. Ukazali su na činjenicu da se pojava vertikalne pukotine u sredini otkivka može pripisati određenom stanju naprezanja koje ovisi o omjeru širine tlačne plohe i trenutne visine otkivka $\frac{l}{H}$. Iz slike 1 vidljivo je da je stanje naprezanja najnepovoljnije u slučaju $\frac{l}{H}$ približno 0,5. Zorno to prikazuju i ucrtane krivulje razlika glavnih naprezanja ($\sigma_x - \sigma_y$). Autori su eksperimentirali s ravninskim modelima uz naznaku da se rezultati razmatranja mogu primijeniti na slabo oblikovljive materijale kakvi su na primjer neki visoko legirani čelici.

Safarov [3] je iskivanje modelirao primjenjujući optički aktivni materijal sa svojstvom zamrzavanja optičkih efekata.

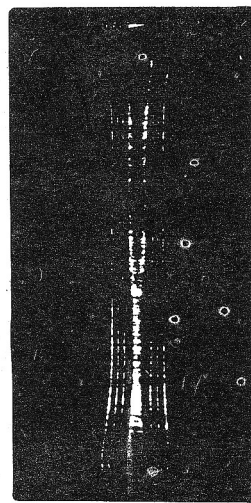
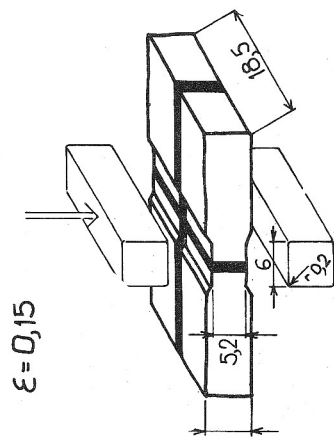
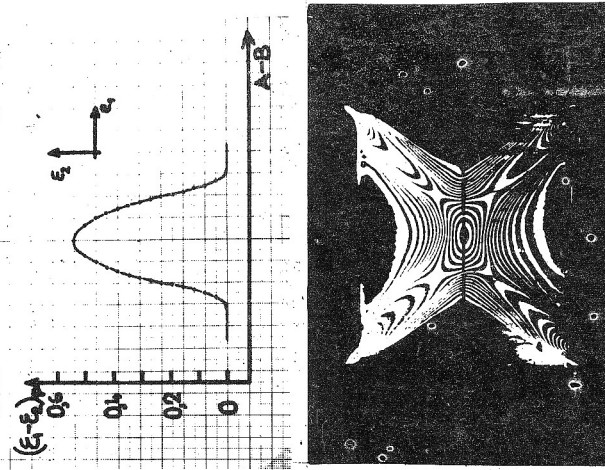
Unksov, Safarov i Maljigin [4] razmatrali su stanje naprezanja u otkivku podvrgnutom iskivanju uz primjenu prostorne fotoelasticiometrije. Osobito je značajna mogućnost te metode da se uzduž glavnog pravca mogu separirati sva tri glavna naprezanja. Rad sadrži veći broj takvih dijagrama. Za vertikalnu ravninu uzduž otkivka, slika glavnih naprezanja σ_x i σ_y gotovo je identična s onom koju su u [2] objavili Unksov, Safarov i Garaščenko.

FOTOPLASTIČNO MODELIRANJE ISKIVANJA

Modeliranje iskivanja fotoelasticiometrijskom metodom u [2], [3] i [4] ograničenih je mogućnosti u pogledu većih stlačenja koja



Slika 2 Stanje deformiranosti modela pri relativnoj širini tlačnih ploha $\frac{L}{H} \approx 2$, uz $\epsilon = 0,15$ - fotoplastični pokus.



Slika 3 Stanje deformiranosti modela pri relativnoj širini tlačnih ploha $\frac{L}{H} \approx 1$, uz $\epsilon = 0,15$ - fotoplastični pokus.

su svojstvena postupku iskivanja na prototipu.

Unutrašnje (kovačke) pukotine otkivka pojavljuju se međutim i u materijalima dobre oblikovljivosti pa se njihova pojava kod oblikovanja takvih materijala ne može dovoditi u vezu isključivo sa stanjem naprezanja.

U tekstu što slijedi prikazano je fotoplastično modeliranje iskivanja. Kao modelski materijal primijenjen je polikarbonat, koji omogućuje stlačenje i 50%, a pogodno mu je svojstvo da zamrzava optičke efekte kod deformiranja pri sobnoj temperaturi.

Model je tlačen na hidrauličkoj preši pri brzini klipa od 1 mm/sek. Glatke stranice kvadratnih šipki (hrapavosti klase 3 po JUS M.A1.020) poslužile su kao tlačne plohe. Prije tlačenja tlačne plohe su odmašćene. Mazivo pri tlačenju nije primijenjeno. Pogodnim podmetačima gibanje klipa preše ograničeno je na put na kojem je proizvedena ostatna deformacija visine modela od $\epsilon = 0,15$ odnosno $\epsilon = 0,51$ (vidi slike 2, 3, 4 i 5).

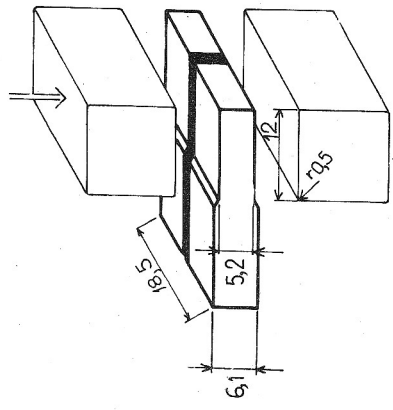
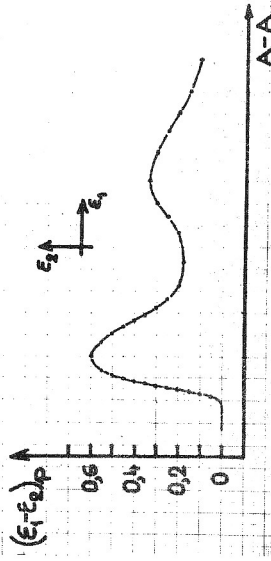
Iz modela izrezane su pločice u ravninama glavnih pravaca deformacije. Pločice su nakon stanjivanja brušenjem poslužile za dobivanje fotografija stanja izokroma. Red izokrome može se dovesti u kvantitativnu vezu s ostatnim glavnim deformacijama uz primjenu optičkog zakona deformacije:

$$\epsilon_1 - \epsilon_2 = f_{\epsilon}^p \frac{N}{h}$$

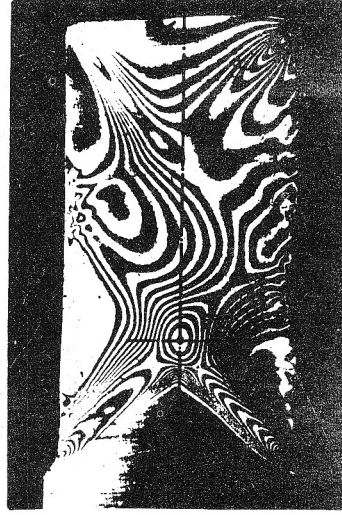
Separacija glavnih deformacija uzduž glavnih pravaca deformacije moguća je na način objavljen u [5].

Još kod razmatranja stanja naprezanja fotoelastometrijskim postupkom [2], [3], [4], moglo se je uočiti da širina tlačne plohe utiče na razliku glavnih naprezanja uzduž horizontalnog glavnog pravca naprezanja.

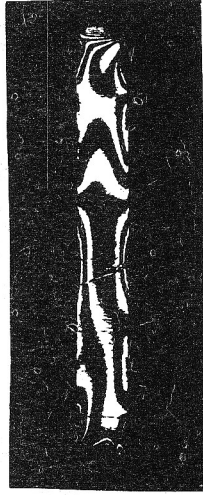
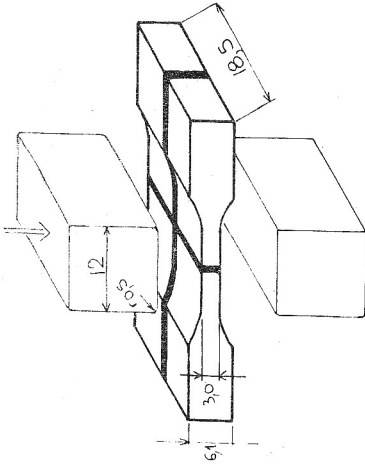
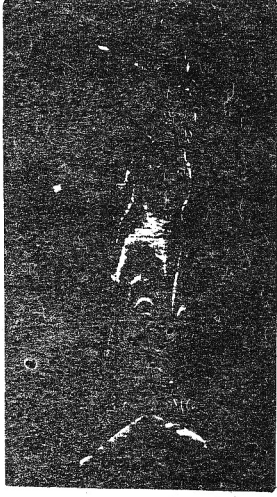
Iz fotoplastičnih fotografija sa slika 2, 3 i 4, očigledno je da se dobro oblikovljiv modelski materijal ponaša slično kao dobro oblikovljivi materijali prototipa. Maksimalna vrijednost razlike glavnih deformacija dostiže se na udaljenosti 0,4 do 0,5 H, koja pojava je u [1] uočena i kod materijala prototipa. Zorna potvrda toga vidljiva je na slici



$\xi = 0,15$



Slika 4 Prikaz deformiranosti ruba modela pri pokusu $\xi = 0,15$, uz $\epsilon = 0,15$ - fotoplastični pokus.



$\varepsilon = 0,51$

Slika 5 Stanje izokroma za $\frac{L}{H} \approx 2$ i $\varepsilon = 0,51$ - fotoplastični pokus

3, gdje je prikazan slučaj tlačenja plohom čija je širina jednaka početnoj visini modela.

Prikazane slike 2,3 i 4 upućuju na zaključak da je razlika glavnih deformacija dobar indikator stanja deformiranosti i da bi mogla poslužiti u definiranju prokovanosti. U prilog tome može poslužiti i slika 4 s karakterističnom slabom deformiranošću desnog ruba modela.

Fotografija izokroma u ravnini poprečnog presjeka modela sa slika 2 i 3 mogu poslužiti i za kvantitativno određivanje glavnih deformacija po širini.

Na slikama 2, 3 i 4, uočljivo je da se za nazivnu deformaciju visine od samo 0,15, unutar modela pojavljuju razlike glavnih deformacija reda veličine 0,6.

Slika 5 prikazuje stanje izokroma u ravninama uzdužnog i poprečnog vertikalnog presjeka modela pri nazivnoj deformaciji visine modela $\epsilon = 0,51$. Vidljivo je da se i pri ovako velikom stlačenju stanje deformiranosti kvalitativno bitno ne mijenja u odnosu na stanje pri malom stlačenju.

Z A K L J U Č A K

Fotoplastično modeliranje postupka iskivanja omogućuje kvalitativno i kvantitativno razmatranje deformacija u modelu tijela izvrgnutog velikim plastičnim deformacijama. Primijenjeni fotoplastični materijal podnosi velika stlačenja i selektivno reagira na vanjske uvjete deformiranja kao što su veličina stlačenja, širina tlačnih ploha i stanje trenja na kontaktnim ploham. Uočeno je da stanje razlika glavnih deformacija može poslužiti kao indikator deformiranosti tijela modela. Zorno je prikazano da već kod malih stlačenja od $\epsilon = 0,15$, u tijelu modela mjestimično nastaju velike deformacije čija razlika dostiže vrijednost 0,6.

P O P I S O Z N A K A

ϵ	nazivna deformacija visine
$(\epsilon_1 - \epsilon_2)_p$	razlika glavnih deformacija za plastično deformirano i rasterećeno stanje
f_e^p	fotoplastična konstanta deformacije
H	visina otkivka ili modela
h	debljina pločice izrezane iz modela
L	širina tlačne plohe
N	red izokrome
σ_x, σ_y	glavna naprezanja

L I T E R A T U R A

- 1 M.VATER, H.P.HEIL, "Umformbedingungen und Gestaltung der Werkzeuge beim Freiformen," Stahl und Eisen 91, Nr. 15, 1971, S.864-876.
- 2 E.P.UNKSOV, JU.S.SAFAROV, V.I.GARAŠČENKO, "Issledovanie naprjaženogo sostojanija metalla pri protjaške," Kuznječno-šampovočnoe proizvodstvo, n.1, 1971, s. 3-9.
- 3 JU.S.SAFAROV, "Modelirovanie processov plastičeskogo formoizmenenija s ispolzovaniem poljarizacionno-optičeskogo metoda zamoraživanja deformacii," Kuznječno-šampovočnoe proizvodstvo, n.2, 1975, s. 3-6.
- 4 E.P. UNKSOV, JU.S.SAFAROV, F.K. MALJIGIN, "Issledovanie kuznječnoj protjaški pokovok metodom zamoraživanja deformacii v objemnih modeljah iz optičeski čustviteljnih materialov," Kuznječno-šampovočnoe proizvodstvo, n.6, 1975, s.2-6.
- 5 A.MULC, "Prilog analizi deformacija u prostornoj fotoplastičnosti," Zbornik XII Jugoslavenskog kongresa racionalne i primijenjene mehanike, 1974, C5-11, s.1-10.

M U L C A.

PRILOG MODELIRANJU POSTUPKA ISKIVANJAR e z i m e

Razmatrano je stanje deformiranosti u prostornom fotoplastičnom modelu otkivka podvrgnutog iskivanju medju ravnim tlačnim ploham. Promatran je utjecaj relativne širine tlačne plohe i veličine stlačenja na kvalitativnu sliku izokroma u izabranim ravninama modela. Kvantitativno je određena razlika glavnih deformacija za karakteristični glavni pravac deformacije. Ustanovljeno je da stanje razlika glavnih deformacija može poslužiti kao indikator pri razmatranju prokovanosti.

CONTRIBUTION TO MODELLING IN
FORGING WITH FLAT DIESS u m m a r y

This is the analysis of the strain distribution in three-dimensional photoplastic model subjected to forging with flat dies. The different statements of the isochromatic fringes in selected planes of the model body were produced by changing the width of the die and the amount of deformation. The principal strain difference was evaluated for the selected principal axes and it was used as the strain distribution indicator.