



**ŠESTI NAUČNO-STRUČNI  
SKUP POLITEHNIKA**

# **ZBORNİK RADOVA**



Beograd, 10. decembar 2021. godine



ŠESTI NAUČNO-STRUČNI SKUP  
**POLITEHNIKA**

**ZBORNİK RADOVA**

**Izdavač**

Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd  
Katarine Ambrozić 3, Beograd  
[www.atssb.rs](http://www.atssb.rs)

**Za izdavača**

dr Marina Stamenović, profesor strukovnih studija

**Urednici sekcija**

dr Ivana Matić Bujagić

dr Svetozar Sofijanić

dr Sanja Petronić

dr Željko Ranković

dr Kovička Banjević

dr Vladanka Stupar

mr Jelena Zdravković

dr Nenad Đorđević

**Tehnička priprema i dizajn korica**

ATSSB — Odsek Beogradska politehnika

**Dizajn logoa Skupa**

Dušan Berović



ŠESTI NAUČNO-STRUČNI SKUP  
**POLITEHNIKA**

---

# ZBORNIK RADOVA

---

ŽIVOTNA SREDINA I ODRŽIVI RAZVOJ  
BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU  
MAŠINSKO INŽENJERSTVO  
SAOBRAĆAJNO INŽENJERSTVO  
MENADŽMENT KVALITETOM  
BIOTEHNOLOGIJA  
DIZAJN  
GRAFIČKO INŽENJERSTVO

Beograd, 2021. godine

**Skup su podržali:**

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije

Konferencija akademija i visokih škola Srbije

Uprava za bezbednost i zdravlje na radu

Privredna komora Srbije

Društvo arhitekata Beograda

Institut za standardizaciju Srbije

Centar za promociju nauke

## PROGRAMSKI ODBOR:

prof. dr Vojkan Lučanin, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, predsednik  
prof. dr Slaviša Putić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
prof. dr Aleksandar Petrović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd  
prof. dr Aleksandar Jovović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd  
prof. dr Aleksandar Marinković, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
prof. dr Bojan Babić, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd  
prof. dr Evica Stojiljković, Univerzitet u Nišu, Fakultet Zaštite na radu, Niš  
prof. dr Momir Praščević, Univerzitet u Nišu, Fakultet Zaštite na radu, Niš  
prof. dr Elizabeta Bahtovska, Univerzitet St. Kliment Ohridski, Tehnički fakultet, Bitolj, Makedonija  
vanr. prof. dr Darko Radosavljević, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
vanr. prof. dr Saša Drmanić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
vanr. prof. dr Zoran Štirbanović, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, Bor  
vanr. prof. mr Marko Luković, Univerzitet umetnosti u Beogradu, Fakultet primenjenih umetnosti, Beograd  
doc. dr Filip Kokalj, Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Maribor, Slovenija  
doc. dr Katarina Trivunac, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
doc. dr Maja Đolić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
doc. dr Vladimir Pavićević, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
doc. dr Nevena Prlainović, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
dr Jelena Ivanović Vojvodić, Društvo arhitekata Beograda-BINA, Beograd  
mr Bojana Popović, Muzej primenjene umetnosti, Beograd  
dr Marina Stamenović, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Predrag Maksić, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Milan Milutinović, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Dejan Blagojević, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš  
dr Vladan Đulaković, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Goran Zajić, Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Darko Ljubić, McMaster University, Hamilton, Kanada

## **ORGANIZACIONI ODBOR:**

dr Aleksandra Božić, predsednik  
dr Jelena Drobač, zamenik predsednika  
dr Sanja Petronić  
dr Dragana Gardašević  
dr Dragana Kuprešanin  
Novak Milošević  
Natalija Jovanović  
Radomir Izgarević  
Aleksandra Jelić  
Aleksandra Janićijević

## **RECENZENTI**

dr Goran Đorđević, dr Daniela Ristić, dr Marta Trninić, dr Svetozar Sofijanić,  
dr Barbara Vidaković Ristić, Novak Milošević, Nebojša Ćurčić, dr Milivoje Milovanović,  
dr Vladan Đulaković, dr Slavica Čabrilo, dr Ljiljana Jovanović Panić, dr Miloš Purić,  
dr Višnja Sikimić, dr Olivera Jovanović, dr Tatjana Marinković, dr Ana Popović,  
mr Vesna Alivojvodić, dr Ivana Matić Bujagić, dr Aleksandra Božić, dr Koviljka Banjević,  
dr Dejan Milenković, dr Darko Radosavljević, dr Darja Žarković, dr Dominik Brkić,  
Aleksandra Jelić, dr Dejan Jovanov, mr Vladan Radivojević, dr Biljana Ranković Plazinić,  
dr Željko Ranković, dr Bogdan Marković, dr Boban Đorović, dr Dragana Velimirović,  
Aleksandra Janićijević, dr Natalija Simeonović, Sandra DePalo, mr Jelena Zdravković,  
dr Aleksandra Nastasić, dr Saša Marković, dr Saša Marković, dr Dragana Gardašević,  
dr Nedžad Rudonja, dr Nikola Tanasić, dr Zoran Stević, dr Suzana Polić, dr Sanja Petronić,  
dr Đorđe Đurđević, dr Andrijana Đurđević, dr Aleksandra Mitrović, Tomislav Simonović,  
dr Bojan Ivljanin

## PREDGOVOR

Šesti naučno-stručni skup POLITEHNIKA, tačno deceniju od održavanja prvog Skupa, nastavlja uspešnu tradiciju i težnju ka integraciji visokog obrazovanja i prakse u širokom spektru oblasti koje su zastupljene kroz definisane tematske celine. Naučno-stručni skup POLITEHNIKA organizovan je uz podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Ministarstva zaštite životne sredine Republike Srbije, Konferencije akademija strukovnih studija Srbije, Uprave za bezbednost i zdravlje na radu, Privredne komore Srbije, Društva arhitekata Beograda, Instituta za standardizaciju Srbije i Centra za promociju nauke.

Ove godine napravljen je značajan iskorak uvođenjem tri nove sekcije. Pored tematskih oblasti koje su bile zastupljene na prethodnim skupovima (Životna sredina i održivi razvoj, Bezbednost i zdravlje na radu, Grafičko inženjerstvo, Dizajn i Menadžment kvalitetom), baza znanja i iskustava koja je prezentovana u Zborniku radova i na samom Skupu je proširena sekcijama Mašinsko inženjerstvo, Saobraćajno inženjerstvo i Biotehnologija. Učešćem stručnjaka, mladih kolega i profesionalaca iz pomenutih oblasti, Skup objedinjava oblasti koje se izučavaju na studijskim programima Akademije tehničkih strukovnih studija Beograd. Tematske celine, kao i struktura radova sabranih u ovom Zborniku, raznovrsne su i multidisciplinarne, čime se suštinski doprinosi sveobuhvatnom sagledavanju i rešavanju društvenih i naučnih problema.

Zbornik obuhvata preko 150 pozitivno recenziranih radova, koji predstavljaju značajan kapital u kontekstu cilja Skupa da se ostvari razmena znanja, rezultata istraživanja i iskustva stručnjaka iz privrede, istraživačkih institucija i visokoškolskih ustanova koji dele zajednički interes u oblasti obrazovanja, naučnog, umetničkog i stručnog rada. Zbornikom radova Šestog naučno-stručnog Skupa POLITEHNIKA obuhvaćen je presek aktuelnog stanja u tematskim oblastima Skupa, ali i predlozi i smernice za dalji naučni i stručni razvoj, kao i konkretna rešenja za probleme iz prakse, zasnovana na savremenim tendencijama i relevantnim saznanjima.

Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd se zahvaljuje svim prijateljima Skupa koji su pružili materijalnu podršku i na taj način dali veliki doprinos u njegovoj organizaciji. Takođe, posebnu zahvalnost treba izraziti autorima radova na trudu i želji da prikažu svoje radove široj javnosti, kao i recenzentima, članovima Programskog i Organizacionog odbora na posvećenosti i požrtvovanosti koja je kao rezultat imala uspešnu organizaciju Šestog naučno-stručnog skupa POLITEHNIKA.

Beograd, decembar 2021. godine

UREDNICI





## PRIMENA NUMERIČKE SIMULACIJE U POSTUPKU DUBOKOG IZVLAČENJA TANKOG LIMA SA STANJENJEM NA OSNOVU REALIZOVANOG FIZIČKOG MODELA

Milan T. Đorđević<sup>1</sup>, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini  
Srbislav Aleksandrović<sup>2</sup>, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu  
Vukić Lazić<sup>3</sup>, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu  
Dušan Arsić<sup>4</sup>, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu  
Aleksandra Patarić<sup>5</sup>, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd  
Aleksandra Jelić<sup>6</sup>, Akademija tehničkih strukovnih studija, Beograd  
Slaviša Putić<sup>7</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

**Apstrakt:** Rezultati eksperimentalnog ispitivanja i fizički model iskorišćeni su kao ulazne veličine za numeričku analizu procesa vučenja trake lima sa stanjenjem. Numerička simulacija je realizovana u specijalizovanom aplikativnom softveru. Primenom softvera za 3D modeliranje izrađen je model sklopa elemenata alata koji učestvuju u procesu vučenja trake. Pomenuti 3D model iskorišćen je kao polazna osnova za numeričku simulaciju primenom metode konačnih elemenata. Za definisanje kontaktnih uslova upotrebljene su eksperimentalne vrednosti koeficijenata trenja za dva tipa maziva i dve vrednosti kontaktnih pritisaka. Za svaki tip kontaktnih uslova između elemenata alata i trake čeličnog lima (DC04) fizičkog modela sprovedena je numerička simulacija procesa provlačenja (vučenja). Analizom iznosa efektivne plastične deformacije dobijenih numeričkom simulacijom, može se vršiti procena uticaja tipa maziva i vrednosti sila pritisaka na proces dubokog izvlačenja sa stanjenjem.

**Ključne reči:** numerička simulacija, vučenje trake lima

## APPLICATION OF NUMERICAL SIMULATION IN THE PROCESS OF DEEP EXTRACTION OF THIN SHEET METAL BASED ON THE REALIZED PHYSICAL MODEL

**Abstract:** The numerical analysis of the process of drawing a strip of sheet metal with thinning employed the results of the experimental test and the physical model as input quantities. Numerical simulation is carried out using specialist software. A model of a collection of tool pieces that engage in the operation of pulling the tape was developed using 3D modeling software. The finite element approach was used to numerically simulate the 3D model previously discussed. The contact conditions were defined using experimental measurements of friction coefficients for two types of lubricants and two values of contact pressures. A numerical simulation of the drawing process was done for each type of contact situation between the tool elements and the steel sheet strip (DC04) of the physical model. It is possible to determine the effects of the kind of lubricant and the value of

<sup>1</sup> milan.t.djordjevic@pr.ac.rs

<sup>2</sup> omdlab@kg.ac.rs

<sup>3</sup> vlazic@kg.ac.rs

<sup>4</sup> dusan.arsic@fink.rs

<sup>5</sup> a.pataric@itnms.ac.rs

<sup>6</sup> ajelic@politehnika.edu.rs

<sup>7</sup> slavisa@tmf.bg.ac.rs

*pressure forces on the process of deep drawing with thinning by examining the amount of effective plastic deformation acquired through numerical simulation.*

**Keywords:** numerical simulation, sheet metal strip drawing

## 1. UVOD

Numerička simulacija proizvodnih procesa primenjuje se u ranim fazama projektovanja kako novih proizvoda, tako i alata za njihovu proizvodnju [1]. Primenom fizičkog i numeričkog modeliranja ostvaruju se značajne finansijske uštede i izbegavaju se kašnjenja u plasmanu proizvoda na tržište. Softveri, zasnovani na metodi konačnih elemenata, imaju širu primenu za optimizaciju parametara procesa, otkrivanje grešaka prilikom tečenja materijala, određivanje i minimiziranje napona u alatu, itd. Pored toga, primenom odgovarajućeg softvera moguće je u znatnoj meri predvideti ponašanje materijala za vreme procesa obrade putem naponsko-deformacione analize [2-4]. Simulacija realnih procesa na hladno ili toplo, može se odvijati korekcijom tolerancija između matrice i alata za duboko izvlačenje, što direktno utiče na debljinu tankog lima pri oblikovanju [5]. Na taj način mogu se postići viši stepeni izvlačenja bez pojave defekata. Rezultati simulacije treba da omogućе optimizaciju procesa, kako bi se postigla brza i efikasna reakcija na potrebe tržišta. Tako su autori rada [6] pokazali da se osmišljavanje i projektovanje proizvoda može obaviti u virtuelnom CA-x okruženju, bez velikih ulaganja i značajnog utroška vremena. Posle nekoliko ponavljanja (iteracija), analizom svih parametara, variranjem geometrije radnog komada i alata, došlo se do zadovoljavajućeg načina projektovanja i izrade. U radu [7] istražuje se duboko izvlačenje sa stanjenjem radnih komada od austenitnog nerđajućeg čelika u realnim eksperimentalnim uslovima i FEM analizom. Cilj rada bio je da se kvantifikuje nepodudarnost usled deformacije alata između nominalnog zazora izvlakača i matrice i stvarne konačne debljine zida radnog komada. Izvršena je analiza naponskog stanja u zidu radnog komada za vreme i posle izvlačenja posredstvom numeričke simulacije. Dobijeni rezultati se porede sa rezultatima dobijenim analitičkim modelom. S obzirom na to da u procesima izvlačenja trenje igra važnu ulogu, u radu [8] detaljno je prikazan postupak određivanja koeficijenta trenja između alata i tankog lima za vreme procesa izvlačenja. Pošto je cilj postizanje što manjeg otpora, a samim tim i deformacione sile u toku procesa, u radovima [9, 10] je data analiza maziva koja se koriste u višefaznom procesu dubokog izvlačenja sa stanjenjem. Zaključeno je da nova grupa ekoloških maziva poseduje nešto bolja maziva svojstva u odnosu na konvencionalna maziva (cink-fosfatni sloj, ulje za duboko izvlačenje i dr.).

Ovaj rad je baziran na eksperimentalnim istraživanjima i numeričkoj analizi provlačenja trake lima sa promenom debljine (stanjenjem), uz primenu koncepata fizičkog i numeričkog modeliranja. Eksperimentalni deo rada u kom je razvijen i definisan originalni fizički model, imao je za cilj analizu primene različitih maziva u procesu dubokog izvlačenja sa stanjenjem. U okviru eksperimentalnog dela ovog istraživanja posebna pažnja posvećena je ekološkom mazivu koje se koristi u procesu stanjenja [9-11]. Šematski je prikazan usvojeni fizički model dubokog izvlačenja sa stanjenjem i korišćena eksperimentalna oprema. Primenjena su dva tipa maziva i dve vrednosti sila kontaktnog pritiska. U eksperimentu provlačenja trake lima, kao izlazne veličine, dobijaju se vučne (deformacione) sile. Uz odgovarajući fizički model trenja, na osnovu eksperimentalnih vrednosti deformacionih sila, izvršen je proračun koeficijenata trenja, čije su dijagramske zavisnosti od hoda provlačenja prikazane u radu. U odgovarajućem CAD softveru, formiran je numerički model. Numerička simulacija primenom metode konačnih elemenata je urađena pomoću softvera *Simufact.forming*. Za definisanje kontaktnih uslova korišćene su eksperimentalne vrednosti koeficijenata trenja.

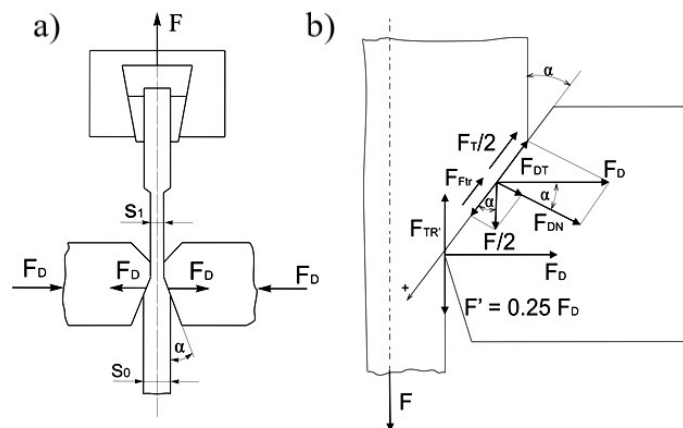
## 2. EKSPERIMENTALNA OPREMA, FIZIČKI I NUMERIČKI MODELI

Eksperimentalna analiza maziva u procesu provlačenja izvedena je u Laboratoriji za OMD Fakulteta inženjerskih nauka u Kragujevcu. Korišćena je laboratorijska, hidraulična presa za ispitivanje limova ERICHSEN 142/12 (Slika 1) na kojoj je montiran uređaj za provlačenje trake lime sa stanjenjem.



**Slika 1.** Fotografija laboratorijske opreme [10]

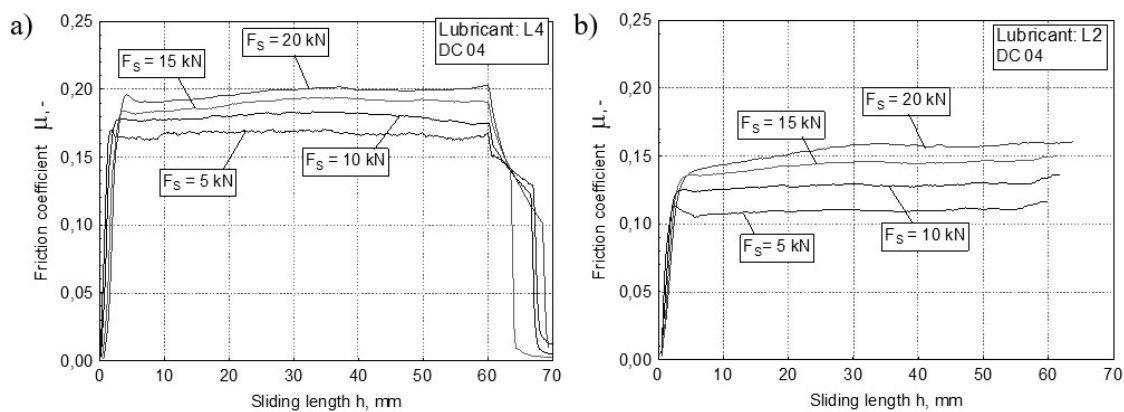
Na Slici 2a prikazana je stvarna šema kontakta trake lima i klizača. Traka lima se provlači između matrica, dejstvom sile  $F$ , pri čemu nastaje njeno stanjenje sa početne debljine  $s_0$  na krajnju debljinu  $s_1$  (Slika 2a). Obe površine trake lima klizaju po površinama klizača, koje su nagnute za ugao  $\alpha$ . Klizači deluju na traku lima pritiskom silom  $F_D$ , što uzrokuje pojavu reaktivnih komponenti u smeru od lima ka klizačima (Slika 2a). Veličina koja se meri eksperimentalno je deformaciona ili vučna sila ( $F$ ), čija je promena za vreme hoda izražena dijagramima. Deformaciona sila je polazna osnova za određivanje koeficijenta trenja, koji je bitan pokazatelj. Na osnovu njegove vrednosti za svaki tip maziva i svaku vrednost sile  $F_D$  analizirane su karakteristike maziva. Na osnovu brojnih istraživanja [8-11] razvijena je šema dejstva sila i usvojen model trenja, na osnovu kojih su proračunavane vrednosti koeficijenata trenja za svaki tip kontaktnih uslova (Slika 2b).



**Slika 2.** Fizičko-tribološki model: a) Šema provlačenja trake lima; b) Razvijena shema dejstva sila u zahvatu kliznog elementa i trake lima [10, 11]

Dobijeni rezultati koeficijenata trenja prikazani su dijagramskim zavisnostima (Slika 3a, b) za dva tipa maziva: ulje za duboko izvlačenje i savremeno ekološko mazivo oznake FL 742 [10, 11].

Evidentno je da su iznosi koeficijenata trenja najniži kod manje vrednosti pritisne sile (10 kN), kao i kod novije generacije ekološkog maziva (Slika 3, Tabela 1).

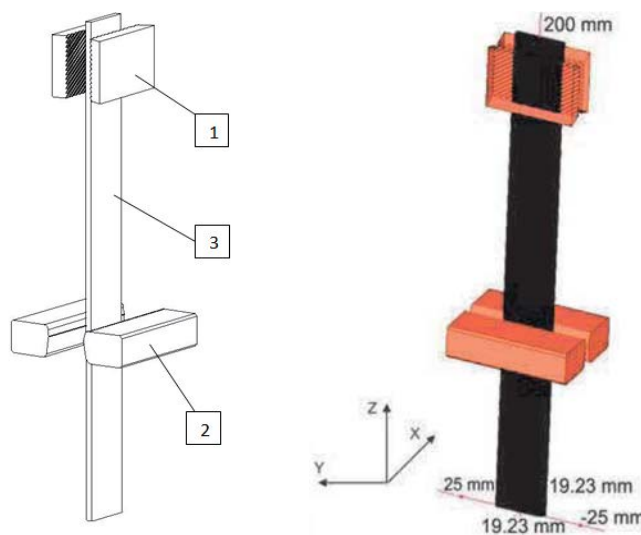


**Slika 3.** Prikaz zavisnosti koeficijenta trenja od dužine hoda pri jednofaznom procesu stanjenja za mazivo: a) L4 (ulje za duboko izvlačenje) i b) L2 (ekološko mazivo FL 742) [10]

**Tabela 1.** Maksimalne vrednosti koeficijenta trenja za dva tipa maziva i dve vrednosti pritisne sile

Koeficijent trenja $\mu$	Tip maziva	Pritisna sila, kN	
		10	20
	L2 – Savremeno ekološko mazivo	0.127	0.158
	L4 – Ulje za duboko izvlačenje	0.181	0.203

Polazni model za numeričku simulaciju formiran je na osnovu realnih dimenzija alata koji učestvuju u procesu provlačenja trake čeličnog lima između kontaktnih površina klizača-matrice (sl. 2a). Model je izveden kao sklop sastavljen od klizača, steznih pločica (stezni elementi-čeljusti eksperimentalne aparature) i trake lima od čelika DC04 (Slika 4a), na osnovu koje je formiran i numerički model (Slika 4b).

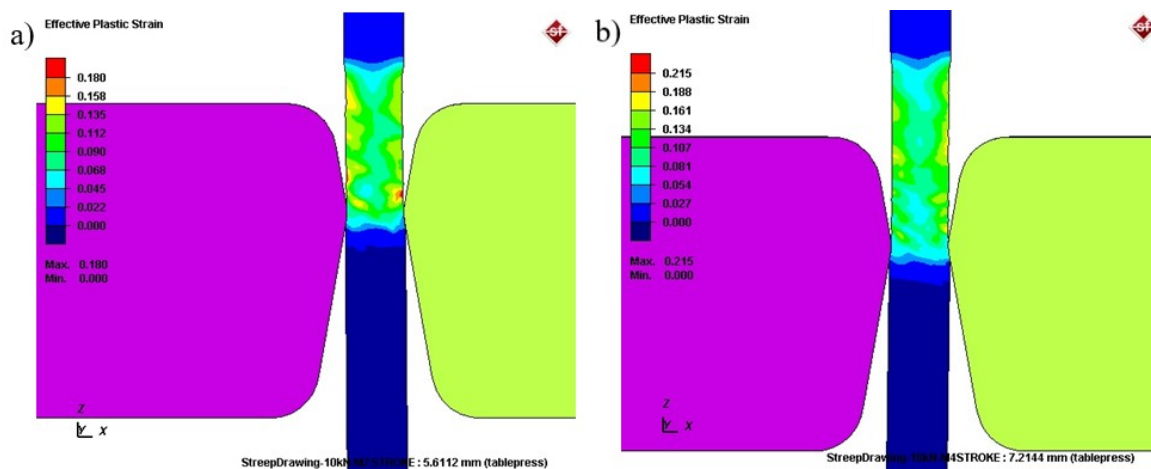


**Slika 4.** a) Prikaz CAD modela kao osnova za formiranje numeričkog modela: 1-model stezne pločice, 2-model klizača, 3-lim; b) numerički model [11]

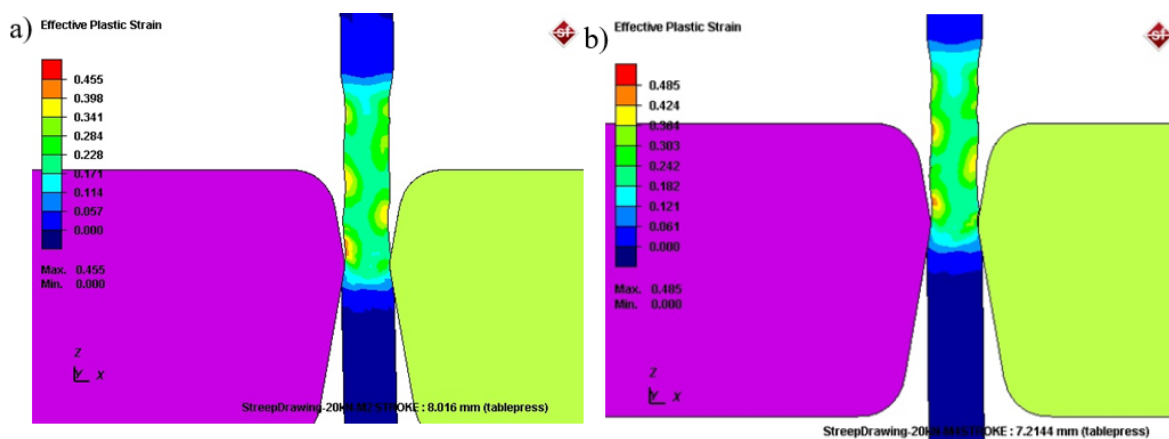
### 3. REZULTATI NUMERIČKE SIMULACIJE

U sprovedenim numeričkim simulacijama dobijen je širok spektar rezultata koji se odnose na efektivni napon i efektivnu plastičnu deformaciju u traci lima za svaku varijaciju kontaktnih uslova i pritisnih sila. Pored toga, dobijeni su dijagramski prikazi deformacionih sila pojedinih komponenta numeričkog modela, pri čemu je moguće njihovo upoređivanje sa dijagramima dobijenim u fizičkom

eksperimentu [10, 11]. Zbog obimnosti rezultata, u radu su prikazani samo pojedini rezultati numeričkih simulacija, a tiču se raspodele efektivne plastične deformacije u traci lima za vreme procesa provlačenja trake lima (Slika 5, Slika 6).



**Slika 5.** Prikaz raspodele efektivne deformacije u traci lima primenom pritisne sile od 10 kN za maziva: a) L2-savremeno ekološko mazivo FL741, b) L4-ulje za duboko izvlačenje



**Slika 6.** Prikaz raspodele efektivne deformacije u traci lima primenom pritisne sile od 20 kN za maziva: a) L2-savremeno ekološko mazivo FL741, b) L4-ulje za duboko izvlačenje

Koeficijent trenja, tj. tip primenjenog maziva ima značajan uticaj na efektivnu plastičnu deformaciju u zidu radnog komada (trake lima). Kod iste vrednosti pritisne sile, dominantan uticaj na iznos plastične deformacije ima koeficijent trenja (Tabela 1). Najniži iznos efektivne plastične deformacije (0.180, Slika 5a) postignut je pri pritisnoj sili 10kN i mazivu L2 (ekološko mazivo nove generacije). Maksimalni iznos deformacije (0.485, Slika 6b) postignut je pri pritisnoj sili 20 kN primenom ulja za duboko izvlačenje.

#### 4. ZAKLJUČAK

Analizirajući dobijene rezultate, može se reći da se tehnika fizičkog modeliranja uz pomoć laboratorijske opreme i numerička simulacija primenom metode konačnih elemenata mogu uspešno koristiti u analizi procesa dubokog izvlačenja lima sa stanjenjem.

S obzirom na nedostatke i ograničenja eksperimentalnih i numeričkih metoda pojedinačno primenjenih u modeliranju nekog procesa, ovo istraživanje pokazuje da njihova integrisana primena

ima komplementarne prednosti u određivanju izlaznih parametara i efekata procesa. Zaključci ovog istraživanja se mogu sažeti u sledećem:

- a) Kao jedan od rezultata numeričke simulacije dobijene su raspodele efektivne plastične deformacije u materijalu trake lima. Ostvareni iznosi deformacija imaju poseban značaj kao kvantifikacija ostvarenog stanjenja za realizovane numeričke eksperimente;
- b) Visoka pritisna sila i veliki iznos koeficijenta trenja su u izvesnom smislu poželjni iz aspekta porasta plastične deformacije, jer se na taj način ostvaruje veliko stanjenje lima bez defekata. Međutim, praktično postoji problem otežanog, a često i onemogućenog klizanja koji se manifestuje pojavom nalepnina na alatu (matrici). Zato je bolje, u praktičnim uslovima, sprovesti postupak višeprolaznog stanjenja (kod viših sila pritiska), uz primenu maziva sa boljim podmazujućim svojstvima (npr. ekološko mazivo novije generacije-L2). Na taj način bi se postigao isti efekat stanjenja iz više puta sa međuprolaznim podmazivanjem i kratkim hodom vučenja u svakom prolazu; i
- c) Analiza ostvarenih deformacija u zidu radnog komada, u procesu vučenja trake lima, zahteva precizne vrednosti koeficijenta trenja. Koeficijent trenja je bitan pokazatelj, jer se na osnovu njegove vrednosti za svaki tip maziva i svaku vrednost pritisne sile definišu kontaktni uslovi kao ulazni podaci za numeričku simulaciju;

## LITERATURA

- [1] Adamović, D., Mandić, V., Živković, M., Gulišija, Z., Stefanović M., Topalović, M., Aleksandrović, S.: Numerical modeling of ironing process, *Journal for Technology of Plasticity*, Vol. 38 (2013) No. 2, pp. 109-123, ISSN 0354-3870.
- [2] Singh, S. K., Kumar, V., Reddy, P. P., Gupta, A. K.: Finite element simulation of ironing process under warm conditions, *Journal of Materials Research and Technology*, Vol. 3 (2014), No. 1, pp. 71-78, ISSN 2238-7854.
- [3] Neto, D. M., Oliveira, M. C., Alves, J. L., Meneyes, L. F.: Influence of the plastic anisotropy modeling in the reverse deep drawing process simulation, *Materials and Design*, Vol. 60 (2014), pp. 368-379, ISSN 0264-1275.
- [4] Pepeljnak, T., Gantar, G., Kuzman, K.: Numerical simulations in optimization of product and forming process, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 115 (2001), pp. 122-126, ISSN 0924-0136.
- [5] Abdullah Dhaiban, A., Soliman, S. M.-Emad, El-Sebaie, M. G.: Finite element modeling and experimental results of brass elliptic cups using a new deep drawing process through conical dies, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 214 (2014), pp. 828-838, ISSN 0924-0136.
- [6] Vrh, M., Halilovic, M., Starman, B., Stok, B., Comsa, D. S., Banabic, D.: Capability of the BBC2008 yield criterion in predicting the earing profile in cup deep drawing simulations, *European Journal of Mechanics A/Solids*, Vol. 45 (2014), pp. 59-74, ISSN 0997-7538.
- [7] Delarbre, D., Montmitonnet, P.: Experimental and numerical study of the ironing of stainless steel cups, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 91 (1999), pp. 95-104, ISSN 0924-0136.
- [8] Aleksandrović, S., Djordjević, M., Stefanović, M., Lazić, V., Adamović, D., Arsić, D.: Different ways of friction coefficient determination in stripe ironing test, *Tribology in Industry*, Vol. 36 (2014), No. 3, pp. 293-299, ISSN 0351-1642.
- [9] Djordjević, M., Aleksandrović, S., Lazić, V., Stefanović, M., Nikolić, R., Arsić, D.: Experimental analysis of influence of different lubricants types on the multi-phase ironing process, *Materials Engineering*, Vol. 20 (2013), No. 3, pp. 147-152, ISSN 1335-0803.
- [10] Đorđević, M., Arsić, D., Aleksandrović, S., Lazić, V., Milosavljević, D., Nikolić, R.: Comparative study of an environmentally friendly single-bath lubricant and conventional lubricants in a strip ironing test, *Journal of Balkan Tribological Association*, Vol. 22 (2016), No. 1-A-II, pp. 947-958, ISSN 1310-4772.
- [11] Djordjević, M., Mandić, V., Aleksandrović, S., Arsić, D., Lazić, V., Nikolić, R., Gulišija, Z.: Experimental-numerical analysis of contact conditions influence on the ironing strip drawing process, *Industrial Lubrication and Tribology*, Emerald Publishing, UK, Vol. 69 (2017), No. 4, pp. 464-470, ISSN 0036-8792.

=====  
CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

7.05(082)(0.034.2)  
502/504(497.11)(082)(0.034.2)  
331.45/.46(082)(0.034.2)  
005.6(082)(0.034.2)  
655(082)(0.034.2)

НАУЧНО-стручни скуп Политехника (6 ; 2021 ; Београд)

Zbornik radova [Elektronski izvor] / Šesti naučno-stručni skup Politehnika 6, Beograd, 10. decembar 2021. godine ; [urednici Ivana Matić Bujagić ... [et al.]]. - Beograd : Akademija tehničkih strukovnih studija "Beograd", 2021 (Beograd : Akademija tehničkih strukovnih studija "Beograd"). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7498-087-3

а) Дизајн -- Зборници б) Животна средина -- Заштита -- Зборници в) Заштита на раду -- Зборници г) Управљање квалитетом -- Зборници д) Графичка индустрија -- Зборници

COBISS.SR-ID 53380105

=====



AKADEMIJA TEHNIČKIH  
STRUKOVNIH STUDIJA  
BEOGRAD

[atssb.edu.rs](http://atssb.edu.rs)

ISBN-978-86-7498-087-3

