



### TRIBOLOŠKI ASPEKTI KORIŠĆENJA AL-LEGURA PRI DUBOKOM IZVLAČENJU TANKIH LIMOVA

M. STEFANOVIĆ, *Mašinski fakultet u Kragujevcu, Srbija*

M. SAMARDŽIĆ, *Institut za automobile-ZASTAVA, Kragujevac, Srbija*

S. ALEKSANDROVIĆ, *Mašinski fakultet u Kragujevcu, Srbija*

M. PETROVIĆ, *Valjaonica bakra, Sevojno, Srbija*

#### Summary

During the last few years the consumption of new materials in fabricatin of passenger cars has grown. The application of Al-alloys sheet matal, first of all in the manufacture of carbody elements, is extremely important. Formability of Al-alloys is reduced in comparison to steel sheet matals. That is why the tribological conditions and formability parameters are extremely important in deep drawing process.

This papers presents the results of research in the area of mechanism of friction in the contact zones between steel/Al-alloy (sliding test) and description effect of tribological conditions (surface topography, tool surface and lubricant) in deep drawing.

**Key words:** new materials, Al-alloys, deep drawing, tribological conditions

#### 1. UVOD

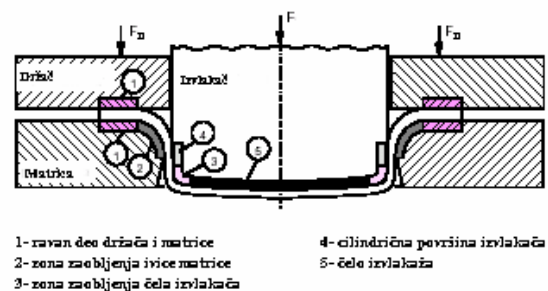
Al-legure se sve više koriste za izradu elemenata karoserija automobila, tako da već postoje modeli čija je kompletna karoserija napravljena od njih. Tribološki uslovi pored alata, mašine i karakteristika materijala predstavljaju jedan od glavnih faktora koji utiču na proces dubokog izvlačenja. Proučavanje uticaja triboloških uslova obuhvata veći broj oblasti, kao što su: upravljanje tečenjem metala, izbor optimalnog maziva, određivanje karakteristika površine radnog komada i alata i sl /1/.

Tokom izvlačenju delova karoserije postoji više zona trenja koje se međusobno razlikuju po uticaju trenja (trenje je u nekim zonama korisno a u nekim ne).

Na slici 1 prikazane su karakteristične zone trenja, koje se u različitim formama pojavljuju kod svih operacija pri izvlačenju delova karoserije /2/.

U zoni držača i matrice kao i na zaobljenom delu matrice poželjno je trenje umanjiti. Nasuprot

tome na zaobljenom delu čela izvlačkača potrebno je ostvariti pojačano trenje.

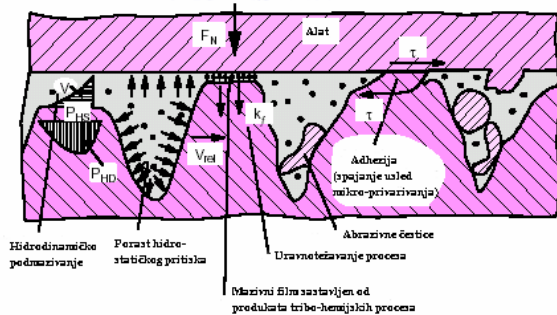


Sl.1. Zone trenja pri izvlačenju delova karoserije

#### 2. MEHANIZAM TRENJA

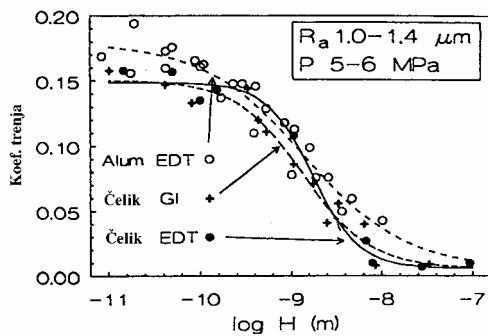
Tribološki uslovi pri dubokom izvlačenju su uslovljeni relativno nižim vrednostima relativne brzine između radnog komada i alata, nižim pritiscima tokom oblikovanja između alata i lima i postojanjem relativno brojnih zona kontakta alata i

površine lima. Na slici 2 prikazan je mehanizam trenja. U zavisnosti od odnosa tribo-faktora u zoni kontakta mogu se javiti sledeći režimi trenja: granično, mešovito i hidrodinamičko. Režim trenja je najčešće mešoviti.



Sl.2. Mehanizam trenja pri dubokom izvlačenju

Režimi trenja se često prikazuju pomoću Stribekove krive. Ona pokazuje zavisnost koeficijenta trenja u funkciji od parametra H koji zavisi od viskoznosti maziva, brzine relativnog kretanja i opterećenja za konstantnu temperaturu maziva od 25°C. Na slici 3 prikazana je Stribekova kriva za Al i čelik [3].



Sl. 3. Stribekova kriva za Al i čelik

Na prvi pogled stiče se utisak da ne postoji velika razlika između materijala. Pažljivijim posmatranjem zapaža se da postoji razlika u širini zone mešovitog podmazivanja. Širina ove zone je skoro dva puta veća kod Al u odnosu na čelik. Kod detaljnijih ispitivanja od interesa su tzv. tačke prelaza iz jednog režima u drugi. Kod Al veoma je izraženiji uticaj pritiska na tačke prelaza u poređenju sa čelikom.

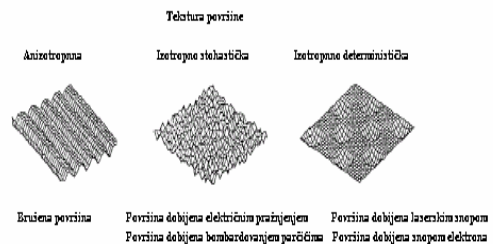
U praksi se najčešće koristi Coulomb-ov zakon u modifikovanom obliku s obzirom na složenu teorijsku definiciju trenja. U tom slučaju koeficijent trenja se posmatra u f-ji od:

- maziva (viskoznost, temperatura, aditivi, količina),

- materijala radnog komada (sa ili bez prevlake),
- materijala alata (sa ili bez prevlake)
- sile držanje,
- brzine izvlačenja.

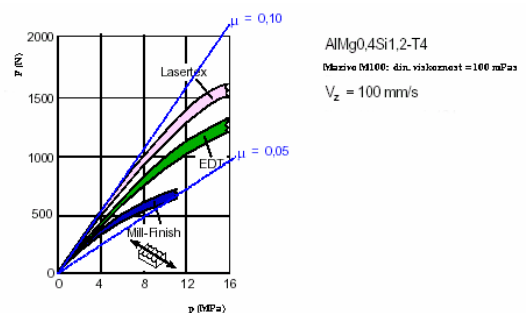
### 3. TRIBOLOŠKI USLOVI I NJIHOV UTICAJ

Na slici 4 prikazana je najviše korišćena površina lima MF (mill-finish) koja se dobija korišćenjem valjaka čija je površina brušena u tangencijalnom pravcu.



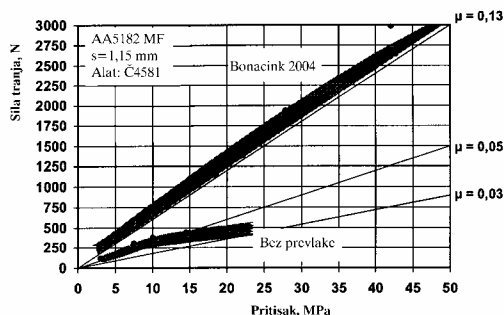
Sl.4. Vrste površina kod limova od Al-legura

Svojstva površine lima mogu se poboljšati ako se površina valjka formira bombardovanjem, električnim pražnjenjem ili dejstvom laserskog snopa. Na taj način dobija se izotropna struktura kod koje se odlaže pojava adhezije.

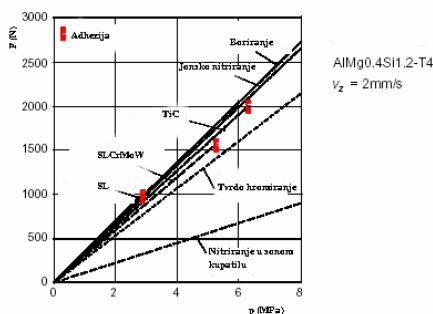


Sl.5. Uticaj tipa površine na zavisnost F-p

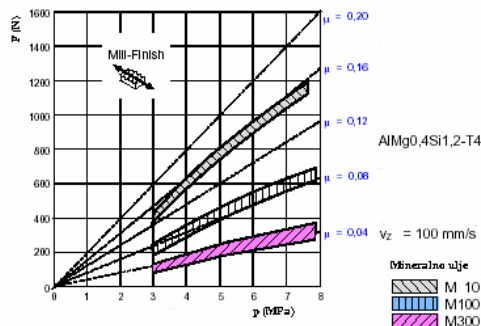
Za razliku od čelika aluminijum ima oksid koji sprečava pojavu korozije. Usled dejstva soli i alkalne prirode reakcije za površinsku zaštitu lima koriste se postupci hromiranja, anodizacije i fosfiranja.



Sl. 6. Zavisnost  $F$ - $p$  za Al-limove



Sl. 7. Uticaj stanja površine alata na zavisnost  $F$ - $p$



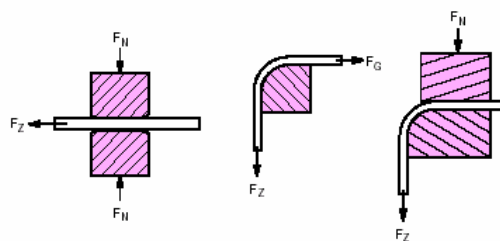
Sl.8. Zavisnost  $F$ - $p$  za različite vrste maziva

Na slici 6 prikazana je zavisnost  $F$ - $p$  za različita stanja površine. Sa prevlakom (bonazink) ostvaren je veći koeficijent trenja ali do pojave adhezije ne dolazi čak ni pri visokim vrednostima pritiska.

Stanje površine alata takođe utiče na pojavu adhezije (slika 7). Izbor površinske zaštite alata zavisi od materijala alata i veličine alata.

#### 4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Za proučavanje procesa trenja (određivanje koeficijenta trenja i stepena uticaja triboloških parametara na silu trenja) koriste se tri modela (slika 9). Prvi model predstavlja klizanje traka između ravnih površina a ostala dva savijanje sa zatezanjem (bez i sa dejstvom sile držanja).



Sl.9. Modeli za određivanje koeficijenta trenja

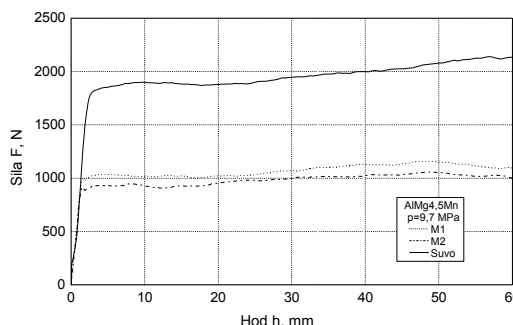
U ovom radu je za određivanje koeficijenta trenja Al-legure korišćen test klizanja traka između ravnih kontaktnih površina. Pri eksperimentu je korišćena legura AlMg4,5Mn koja je proizvedena u Valjaonici aluminijuma Sevojno. U tabeli 1 dati su podaci o leguri.

Tabela 1 /4/

Mehaničke karakteristike					
	$R_m$ , MPa	$R_p$ , MPa	$A_{80}$ , %	n	r
X	148	271	21	0,26	0,715
Kriva ojačanja ( $0^\circ$ ): $K=152,9 + 305,9 \varphi^{0,312}$					
Hemijski sastav					
Mg (4,20%), Mn (0,57%), Si (0,0869%), Fe (0,29%), Ti (0,013%), Cu (0,007%), Zn (0,068%), Cr (0,092%)					

Ona se svrstava u grupu Al-Mg legura čija je karakteristika da ne zahtevaju termički tretman pre, tokom ili posle oblikovanja. Stanje legure je određeno žarenjem na  $350^\circ\text{C}$  u trajanju od 3 sata.

Klizanje traka između ravnih kontaktnih površina vršeno je za kontaktni par Alčelik. Na slici 10 prikazana je zavisnost sile klizanja od hoda trake. Hod trake je iznosio 60 mm.

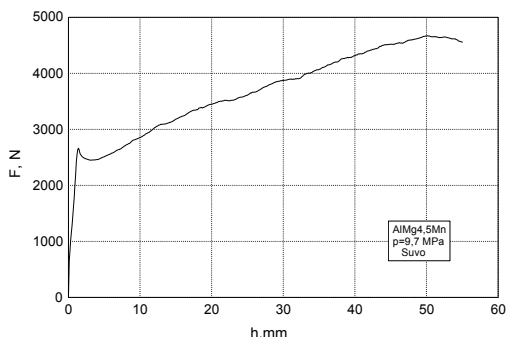


Sl.10 Zavisnost  $F$ - $h$  za leguru AlMg4,5Mn

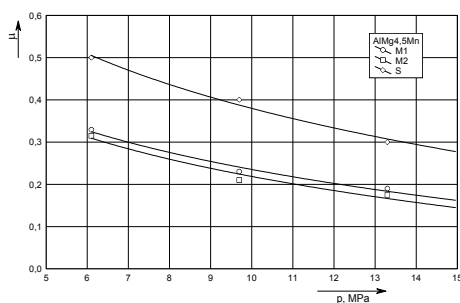
Sila klizanja zavisi i od stanja kontaktnih površina i od specifičnog pritiska. Kod Al-legure dolazi do izrazitog povećanja sile klizanja u slučaju suvih kontaktnih površina u odnosu kada se na

površinu nanosi mazivo. Kod čelika nije uočena takva pojava.

Pri režimu suvog trenja dolazi do intenzivnog lepljenja čestica sa površinskog sloja lima na kontaktni par. Usled toga dolazi do naglog porasta sile klizanja. (slika 11)



Sl.11 Porast sile klizanja usled lepljenja čestica na kontaktni par



Sl.12 Zavisnost koef. trenja od pritiska

Do pojave intenzivnog lepljenja čestica je dolazilo i pored toga što je pre svake probe vršeno detaljno čišćenje i površine kontaktnog para i površine lima.

Na slici 12 prikazana je zavisnost koeficijenta trenja od pritiska. Primećuje se da pri suvim

kontaktnim uslovima dolazi do izrazitog porasta koeficijenta trenja.

## 5. ZAKLJUČAK

Al-kao materijal poseduje određene specifičnosti u odnosu na čelik koje utiču na lošija svojstva obradivosti. Time poznavanje prirode i stepena uticaja triboloških faktora (stanja površine limova, materijala alata i karakteristika maziva ) postaje veoma bitno radi ostvarivanja uspešnog oblikovanja.

Pojava zaribavanja predstavlja jedan od većih problema koji se javlja tokom izvlačenja. Da bi se ostvarilo ublažavanje lepljenja čestica sa površine lima potrebno je dobro očistiti površinu lima , smanjiti trenje klizanja odgovarajućim mazivima i naneti prevlaku od Cr na površinu alata .

## LITERATURA:

- [1] M. Stefanović, M. Samardžić, S. Aleksandrović, M. Petrović, Specifičnosti triboloških karakteristika limova od Al-legura, 2. Međunarodna konferencija - Stanje i perspektive razvoja u mašinskoj industriji, Kruševac-Vrnjačka Banja, 2002, Zbornik Vol.3, 14001-14006.
- [2] K. Siegert and S. Wagner, F. Ostermann, Tribology in Cold Forming of Aluminium Sheet, European Aluminium Association TALAT project, 1996.
- [3] W.C. Emmens, F. Schoepen: Some frictional aspects of aluminium in sheet metal forming, 19<sup>th</sup> IDDRG Congress, Eger, 1996, 487-496.
- [4] M. Samardžić, Obradivost limova od aluminijumskih legura pri dubokom izvlačenju delova za karoserije automobila, Magistarska teza, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2003.