

SERBIATRIB`07
10th International Conference on Tribology
and
WORKSHOP`07

Sustainable Development in Industry by Apply Tribology Knowledge

**UTICAJ PROMENLJIVIH TRIBOLOŠKIH USLOVA NA
OBODU NA PROCES DUBOKOG IZVLAČENJA KOMADA
RAZLIČITIH GEOMETRIJA OD AL LEGURA**

*Srbislav Aleksandrović, Mašinski fakultet, Kragujevac, Srbija
Milentije Stefanović, Mašinski fakultet, Kragujevac, Srbija
Tomislav Vujinović, Banja Luka, Republika Srpska, BiH*

**INFLUENCE OF THE VARIABLE TRIBOLOGICAL CONDITION ON THE FLANGE ON
THE DEEP DRAWING PROCESS OF AL ALLOYS DIFFERENT GEOMETRIES PIECES**

Abstract

Presented in the paper is analysis of variable blank holding force influence on the forming process of AlMg4,5Mn alloy sheet in monotonous forming. Considered is deep drawing of cylindrical geometry, in one hand, and of square cross section in the other. Basic results are obtained in classical condition of constant blank holding force using. Constant blank holding force is defined by empirical recommendations. With such a results are compared the results obtained in optimized contact condition by using variable holding force which changing during the forming process (combination of decreasing and increasing kind). Complex experiment was carrying out on computer controlled device, and results show the achieved effects.

Key words: *Al alloy sheet, deep drawing, variable contact conditions*

1. UVOD

Tanki limovi predstavljaju materijal od strateškog značaja u svetskoj industriji. Posebno je interesovanje za aluminijum i aluminijumske limove u konstantnom porastu zbog komparativnih prednosti u odnosu na čelik (manja gustina za oko 3 puta, dobra koroziona otpornost). I neke od ostalih osobina aluminijuma i Al legura su značajne: mogućnost potpune reciklaže, rasprostranjenost u prirodi (Al 8,8%; Fe 5,1%), veliki broj stanja zavisno od ostvarenog stepena deformacije ili termičkog tretmana itd.

Na osnovu podataka Međunarodnog instituta za aluminijum u Londonu (International Aluminium Institute – London, [web 1]) ukupna proizvodnja primarnog aluminijuma u svetu za 2006.g. iznosila je 23 866 000 tona. Nešto manje od četvrtine te količine prerađuje se u tanke limove (ne računajući tanke folije za pakovanje),

[web 2].

Međutim, obradivost aluminijuma i njegovih legura plastičnim oblikovanjem generalno je znatno lošija u odnosu na čelik. Zbog niskih vrednosti r faktora (oko 0,7) lošija je obradivost dubokim izvlačenjem (proces je relativno nestabilan i manje pouzdan), a zbog malog graničnog lokalnog izduženja slabija sposobnost savijanja. Afinitet prijanjanja na površine alata je izražen. Krutost delova je slabija, a defleksione pojave po završenom procesu oblikovanja izražene. Zbog manje tvrdoće i krutosti, lakša su oštećenja površine (ogrebotine, udubljenja, ispupčenja).

Duboko izvlačenje je, nesumnjivo, ubedljivo najznačajnija tehnologija oblikovanja lima. Kako je navedeno, proces oblikovanja dubokim izvlačenjem limova od Al legura pokazuje izraženu nestabilnost i malu pouzdanost. Opseg sile držanja je znatno uži u odnosu na čelik, s obzirom na pojavu nabora i razaranja. Sklonost

ka pojavi nabora je izraženija, kao i pojava lokalnih pukotina. Primenom maziva, sklonost ka pojavi nabora se višestruko pojačava pa je potrebno delovati većom silom držanja uz rizik pojave razaranja na kritičnim mestima.

Zbog svega iznetog, Al legure spadaju u teže obradive materijale dubokim izvlačenjem. Jedan od načina za rešavanje tog problema je primena visoko sofisticiranih sistema koji teže ka upravljanju procesom oblikovanja, t.j. izvođenju korekcija tokom samog njegovog trajanja sa ciljem izbegavanja neželjenih pojava (nabora i razaranja) [1, 2]. Glavno upravljačko dejstvo predstavlja sila držanja, koja je ujedno ključni parametar (normalna sila) trenja na promenljivoj prstenastoj površini kontakta oboda komada i držača, odnosno oboda komada i matrice.

Ovde će biti izložen deo rezultata opsežnih istraživanja koje se izvode na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu, a koja su usmerena na sagledavanje značaja delovanja promenljivih sila držanja (a samim tim i promenljivih uslova trenja) tokom procesa oblikovanja dubokim izvlačenjem. U brojnim saopštenjima (na pr. [3], [4]) izloženi su različiti aspekti primene raznih tipova zavisnosti promenljive sile držanja od hoda izvlačača, odnosno vremena. Reč je o eksperimentalnim istraživanjima na kompjuterizovanoj aparaturi [5] čija je glavna osobina mogućnost upravljanja silom držanja odnosno ostvarivanja zadate funkcije promene njenog intenziteta tokom procesa.

2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

Eksperiment je planiran tako da obuhvati dve geometrije. Cilindričnu (prečnik 50 mm, stepen izvlačenja 2) i kutijastu, kvadratnog preseka (40x40 mm, sa kružnim razvijenim stanjem prečnika 80 mm). Lim je od legure AlMg4,5Mn debljine 0,8 mm. Detaljne karakteristike materijala date su u [5]. U prvom delu primenjena je sila držanja konstantnog intenziteta definisana preko empirijskih preporuka [5]. Dobijeni rezultati predstavljaju referentnu osnovu za poredjenja.

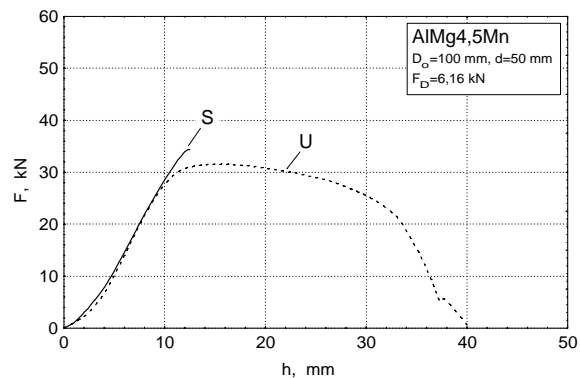
U drugom delu primenjena je opadajuće-rastuća funkcija (tzv. kombinovana zavisnost) promenljive sile držanja definisana prema teorijsko-empirijskoj proceduri [5].

Efekti promenljivih uslova trenja na obodu prate se preko: promene deformacione sile izvlačenja, distribucija glavnih deformacija na komadu (uz definisanje odnosa prema krivama

granične deformabilnosti korišćenog materijala) i ostvarenih dubina izvlačenja.

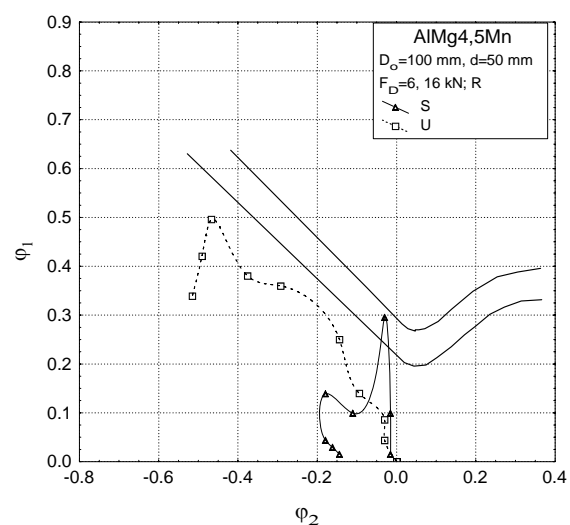
2.1 Rezultati eksperimenta

Intenzitet konstantne sile držanja za cilindrični komad određen je na osnovu empirijskih preporuka [5] i iznosi 6160,4 N. Primenjen je u uslovima suvog trenja i primene podmazivanja uljem za duboko izvlačenje. Pri suvom trenju postiže se dubina izvlačenja od 12,4 mm, dok se primenom ulja postiže puna dubina komada sa tragovima manjih nabora (sl. 1). U daljem toku eksperimenta primenjeno je samo suvo trenje iz dva razloga: pri jačem trenju veći je uticaj sile držanja i drugi razlog je pokušaj kompenzovanja jakog trenja promenljivom silom držanja.



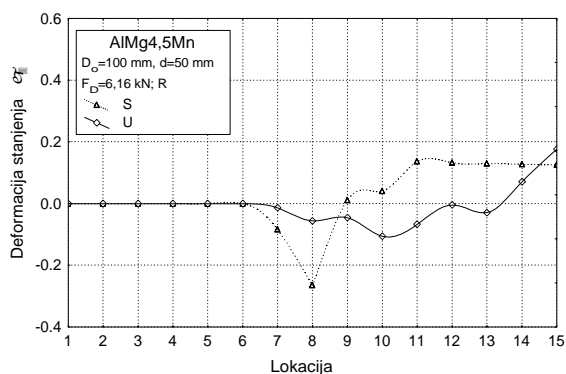
Sl. 1 Promena sila izvlačenja

Ostvarena dubina izvlačenja pri suvom trenju iznosi 12,4 mm (sl. 1).



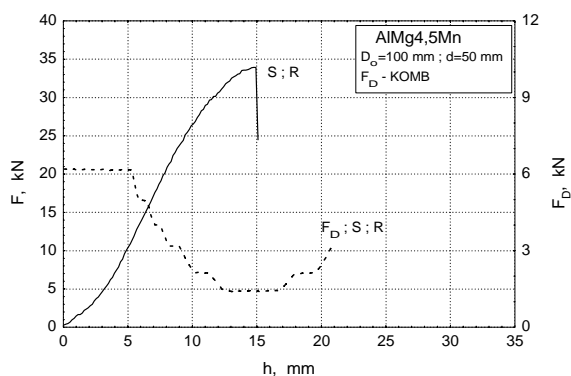
Sl. 2 Distribucija deformacija

Na sl. 2 date su distribucije glavnih deformacija u ravni lima i njihov odnos prema krivama dijagrama granične deformabilnosti (DGD). Pri suvom trenju javlja se izrazito nepovoljna distribucija. φ_2 je blisko nuli i praktično konstantno, dok φ_1 brzo raste do razaranja. Ilustrativna je i distribucija stanjenja lima (sl. 3).



Sl. 3 Distribucija stanjenja

Sl. 4 daje prikaz sile izvlačenja i sile držanja zavisno od hoda izvlačača (dubine izvlačenja). Uočava se značajno povećanje dubine izvlačenja (14,9 mm prema 12,4 mm ili 21,2 %) primenom kombinovane (KOMB) zavisnosti sile držanja.

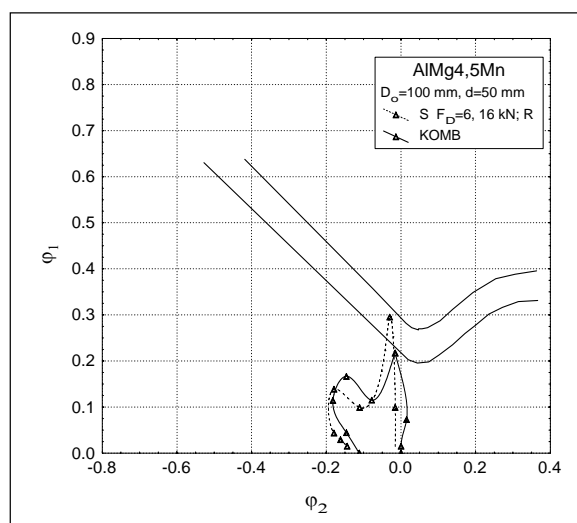


Sl. 4 Sila izvlačenja i sila držanja

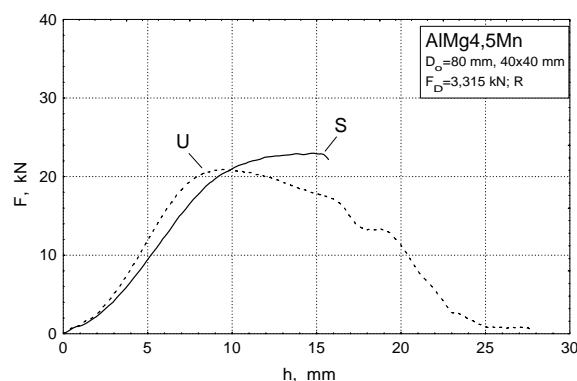
Efekat je očigledan i na distribuciji deformacija u ravni (sl. 5). Ekstremna vrednost je znatno ublažena i vrednost φ_1 nije duboko u zoni nestabilnog deformisanja (lokalizacije).

Oblikovanje kvadratnog komada odvija se u nepovoljnijim uslovima u odnosu na cilindrični komad. Uglovi su sa oštrijim radiusima (10 mm), a veliki uticaj ima i razlika u uslovima oblikovanja na ravnom delu stranica i na radiusima uglova. Prema preporukama definisan je intenzitet konstantne sile držanja na 3314,7 N. Pri suvom trenju (S) postiže se dubina

izvlačenja od 15,7 mm (sl. 6).



Sl. 5 Uporedna distribucija deformacija za konstantnu silu držanja (R) i promenljivu (KOMB)



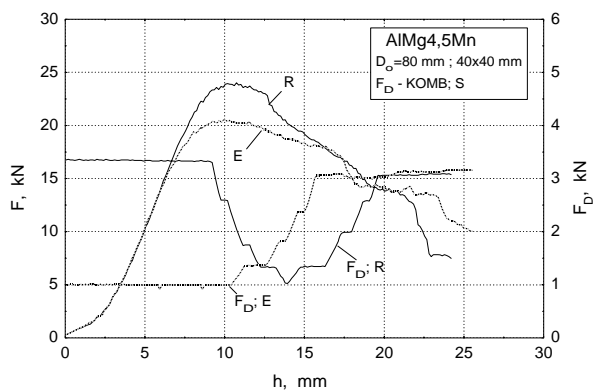
Sl. 6 Sila izvlačenja kvadratnog komada

Primenom ulja za duboko izvlačenje (U) dobija se puna dubina komada sa приметnim ivičnim naborima.

Promenljiva sila držanja kombinovanog tipa (KOMB) primenjena je samo pri suvom trenju i to u dve varijante. Prva varijanta (R) je prikazana punom linijom na sl. 7. Njoj odgovara i zavisnost ostvarene deformacione sile izvlačenja (puna linija). Druga varijanta (E) je nastala optimiziranjem prve, na osnovu prikupljanja podataka posebnim eksperimentom. Izvršena je korekcija i konačno prihvaćena zavisnost je prikazana isprekidanom linijom na sl. 7.

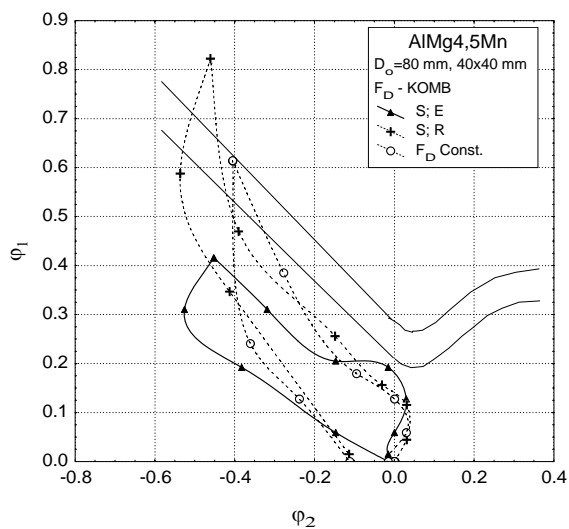
Efekti se vide na sl. 7 i 8. Primenom R varijante promenljive sile držanja proces teče tako što se na dubini od 13 mm pojavljuju mali nabori. U daljem toku nabori se peglaju uz

manje devijacije sile izvlačenja sve do razaranja, koje nastupa pri dubini 24.3 mm, što je 54% više u odnosu na primenu konstantne sile držanja.



Sl. 7 Sile izvlačenja i sile držanja

Međutim, distribucija deformacija u ravni lima pokazuje visoku nestabilnost procesa oblikovanja. Petlja distribucije leži slično kao kod primene konstantne sile držanja, sa pikom koji ide duboko u oblast razaranja. To je i bio razlog optimizacije kombinovane sile držanja.



Sl. 8 Distribucija deformacija

Primenom E varijante kombinovane sile držanja dubine su slične (kao i pri R varijanti). Razaranje je na dubini od 25,5 mm, ali je proces daleko rasterećeniji. Na sl. 8 puna linija pokazuje položaj petlje distribucije glavnih deformacija u ravni lima. Nestabilnost procesa je znatno manja. Razaranje nastupa samo na jednom uglu dok su ostala 3 oblikovana gotovo kompletno bez defekata. Sa sl. 8 to se posredno

vidi jer su maksimalne deformacije ispod krive razaranja i pojasa lokalizovanog deformisanja. Samo je sklonost Al legura ka lokalnim defektima odigrala odlučujuću ulogu pri pojavi pukotine.

3. ZAKLJUČAK

Aluminijumske legure su po mnogo čemu materijal budućnosti. Aluminijumski limovi već sada zauzimaju značajno mesto u svetskoj industriji. Obradivost dubokim izvlačenjem je lošija u odnosu na čelične limove što upućuje na primenu novih tehnologija. Jedna od njih je primena promenljive sile držanja tokom procesa, kao jakog korektivnog parametra trenja na obodu kao i čitavog procesa oblikovanja.

U ovom radu je eksperimentalnim putem pokazan jasan pozitivan uticaj jednog tipa promenljive sile držanja na dubinu izvlačenja kao najbitniji makro pokazatelj, i na distribuciju deformacija kao značajan rezultat toka procesa.

4. LITERATURA

[1] Tetsuya Yagami, Ken-ichi Manabe, Ming Yang and Hiroshi Koyama: Intelligent sheet stamping process using segment blankholder modules, *Journal of Materials Process. Techn.*, Vol. 155-156, 2004, pp. 2099-2105.

[2] E. Doege at al.: Contactless on-line measurement of material flow for closed loop control of deep drawing, *Journal of Materials Processing Techn.*, 130-131, 2002., pp. 95-99-.

[3] S. Aleksandrović, M. Stefanović, T. Vujinović: Uticaj nemonotonosti deformisanja i promenljivih triboloških uslova na obodu tokom procesa dubokog izvlačenja, *YUTRIB 05*, Kragujevac, Zb. str. 697-702.

[4] S. Aleksandrovitsh, M. Stefanovitsh: Significance and limitations of variable blank holding force application in deep drawing process, *ICMEN 05*, Kallithea of Chalkidiki, 2005., Greece, Proc. pp. 245-253.

[5] S. Aleksandrović: Duboko izvlačenje tankih limova pri nemonotonom deformisanju sa promenljivim tribološkim uslovima, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Kragujevac, 2000.

[web 1] www.world-aluminium.org

[web 2] www.abal.org.br