

Svetozar Blečić i Kemal Delijić *

**ISPITIVANJE UTICAJA STEPENA DEFORMACIJE NA FAKTOR
PLASTIČNE ANIZOTROPIJE TANKIH TRAKA/FOLIJA LEGURE AA8079**

INVESTIGATION OF THE DEFORMATION RATIO INFLUENCE ON THE
STRAIN ANISOTROPY RATIO OF THIN SHEETS/FOILS OF AA8079 ALLOY

Izvod

U radu su dati rezultati ispitivanja uticaja stepena deformacije jednoosnim zatezanjem na faktor plastične anizotropije. Takođe je analiziran uticaj stepena prethodne hladne deformacije valjanjem na vrijednosti ovog faktora. Ispitivanja su izvršena na tankim trakama/folijama debljine: 1; 0,5; 0,28; 0,15 i 0,09 mm uz mjerenje vrijednosti faktora r u tri pravca u odnosu na pravac valjanja (0 , $\Pi/4$ i $\Pi/2$).

Rezultati prikazani u ovom radu dio su istraživanja realizovanih u cilju identifikacije sposobnosti za deformaciju tankih traka i folija od aluminijuma i njegovih legura.

Abstract

The results of the uniaxial strain deformation ratio influence on the strain anisotropy ratio are presented. The influence of the previous cold rolling deformation ratio on the strain anisotropy ratio has been analyzed. In this paper we used the thin sheets/foils of 1, 0.5, 0.28, 0.15, 0.09 mm thickness. The measurement of r value in three different directions relative to rolling direction (0 , $\Pi/4$, $\Pi/2$) for annealed state has been made.

UVOD

Dosadašnja proizvodnja tankih traka i folija se većinom odnosila na legure tipa AA1200. Zbog niskog nivoa njihove čvrstoće nastala je potreba za razvojem

*Metalurški fakultet, PODGORICA

novih legura. Ove legure u finalnom obliku imaju povećanu plastičnost i čvrstoću u odnosu na legure serije AA1XXX, namijenjene proizvodnji tankih traka/folija, što je naročito važno u području ekstremno tankih folija ($\leq 10 \mu\text{m}$). (1, 2, 3, 4, 5)

Dosadašnjim istraživanjima, koja su se prije svega odnosila na uticaj hemijskog sastava i međusobnog odnosa legirajućih elemenata na osobine tankih traka i folija, utvrđeno je da se odgovarajućim varijacijama u hemijskom sastavu, uz definisanje širih opsega sadržaja Fe i Si, postiže veća čvrstoća folije putem smanjenja veličine zrna uz kontrolisano smanjenje anizotropije mehaničkih osobina, kao posljedice izdvajanja odgovarajućih faza. Glavni pravci smanjenja anizotropije su u smanjenju kubne teksture u finalnom stanju tanke trake/folije.

U dosadašnjim istraživanjima malo pažnje je posvećivano mehaničkim osobinama tankih traka i folija od aluminijuma i njegovih legura, tako da u literaturi ne postoje sistematizovani podaci o njihovim svojstvima i skoro potpuno su odsutni podaci o legiranim Al - folijama. Kao ilustracija, može poslužiti činjenica da još uvijek ne postoji opšte prihvaćen stav o debljini materijala koja se smatra granicom između folije i „masivnog poprečnog presjeka“, tako da su, u zavisnosti od standarda, u optičaju debljine od 0,2 mm do 0,02 mm. (6, 7, 8, 9)

Sa druge strane, poznato je da vrlo tanki materijali pokazuju osobine različite od osobina krupnijih materijala. Stoga je određivanje osobina vrlo tankih materijala veoma interesantno uz napomenu da su uočeni brojni problemi pri mehaničkom ispitivanju tankih traka/folija od aluminijuma i njegovih legura tanjih od $100 \mu\text{m}$ uglavnom vezani za pripremu uzoraka i njihovu obradu. (10)

Pošto najveći dio proizvedenih tankih traka predstavlja materijal koji se završno oblikuje presovanjem ili dubokim izvlačenjem, kao najpogodniji metod za ispitivanje sposobnosti za taj način deformacije je analiza faktora plastične anizotropije. Na taj način se utvrđuju tendencije ka stvaranju simetričnih neravnina po obodu proizvoda dobijenog dubokim izvlačenjem i lokalnom stanjenju zida presovanog proizvoda.

Ovaj rad predstavlja dio istraživanja koja su realizovana u cilju identifikacije sposobnosti za deformaciju tankih traka i folija od aluminijumske legure AA8079.

OPIS EKSPERIMENTA

Istraživanje je izvršeno na tankim trakama/folijama debljine: 1; 0,5; 0,28; 0,15 i 0,09 mm u meko žarenom stanju, čiji je hemijski sastav naveden u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav ispitivane legure.
Table 1. The chemical composition of the investigated alloy.

element	količina, %
Al	98,92
Si	0,18
Fe	0,83
Cu	0,0036
Mn	0,01
Mg	0,001
Cr	0,002
Zn	0,049
Ti	0,009
V	0,009

Tanke trake/folije su prije žarenja bile deformisane hladnim valjanjem, relativnim stepenima deformacije navedenim u tabeli 2.

Tabela 2. Relativni stepeni prethodne hladne deformacije valjanjem
Table 2. The deformation ratio of the previous cold rolling.

debljina mm	ε_h %
1	87,15
0,5	93,57
0,28	44
0,15	70
0,09	82

Faktor plastične anizotropije odredivan je metodom vizioplastičnosti. Na standardnim epruvetama za ispitivanje jednoosnim zatezanjem nanošena je koordinatna mreža, elektrolitičkim putem, u obliku krugova prečnika 5 mm za debljine 1 i 0,5 mm, odnosno prečnika 2 mm za ostale debljine tanke trake/folije.

Nakon deformacije mjereni su prečnici dobijenih elipsi, a zatim računate odgovarajuće deformacije:

$$\text{deformacija dužine } \varepsilon_l = \ln (d_1 / d_0); \quad (1)$$

$$\text{deformacija širine } \varepsilon_b = \ln (d_2 / d_0); \quad (2)$$

$$\text{deformacija debljine } \varepsilon_h = - (\varepsilon_l + \varepsilon_b); \quad (3)$$

gdje su: d_0 - prečnik kruga prije deformacije;

d_1, d_2 - veći i manji prečnik dobijene elipse

Faktor plastične anizotropije je odredivan po formuli 4,/11/:

$$r = \varepsilon_b / \varepsilon_h \quad (4)$$

Vrijednosti faktora r su odredivane eksperimentalno za pravce 0, $\Pi/4$ i $\Pi/2$. Za ostale pravce (uglove) njegove vrijednosti izračunavane su po formuli 5,/12, 13/:

$$r(\Theta) = \frac{1 + \{2r_{\Pi/4} ((1/r_{\Pi/2}) + (1/r_0)) - 4\} \sin^2 \Theta \cdot \cos^2 \Theta}{((\sin^2 \Theta) / r_{\Pi/2}) + ((\cos^2 \Theta) / r_0)} \quad (5)$$

Rezultati dobijeni na ovaj način odstupaju od eksperimentalnih samo za $\pm 5\%$.

Srednji faktor plastične anizotropije (*faktor normalne anizotropije*) računat je po formuli 6, /11/:

$$\bar{r} = (r_0 + 2r_{\Pi/4} + r_{\Pi/2}) / 4 \quad (6)$$

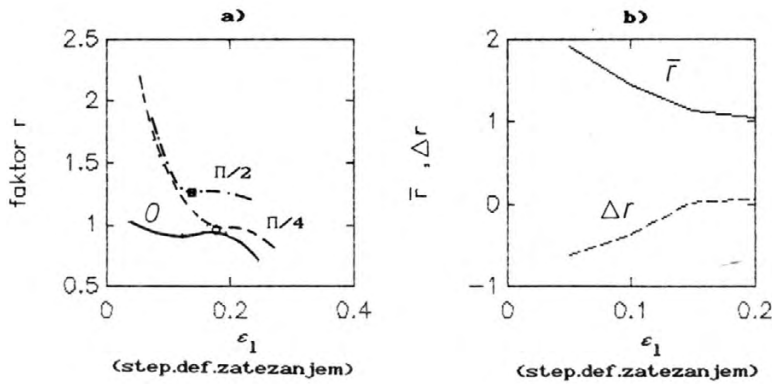
Faktor ravanske plastične anizotropije računat je po formuli 7,/11/:

$$\Delta r = (r_0 - 2r_{\Pi/4} + r_{\Pi/2}) / 2 \quad (7)$$

Višestepenim zatezanjem i mjerenjem dimenzija mreže, omogućeno je praćenje zavisnosti faktora r od stepena deformacije jednoosnim zatezanjem.

REZULTATI I ANALIZA

Faktor plastične anizotropije za traku debljine 1 mm (sl. 1. a) opada sa porastom stepena deformacije jednoosnim zatezanjem, pri čemu je pad intenzivniji za pravce $\Pi/4$ i $\Pi/2$. Važno je napomenuti da su vrijednosti za faktor r u pravcima $\Pi/4$ i $\Pi/2$ unutar intervala $r = 1 - 2$, dok je vrijednost za pravac 0 nešto malo ispod jedinice. U ispitivanom intervalu deformacije najveću vrijednost faktora r ima pravac $\Pi/2$, a najmanju pravac 0.



Slika 1. a) Zavisnost faktora r od ϵ_1 i pravca ispitivanja, (1 mm);

b) Zavisnost faktora r i Δr od ϵ_1 , (1 mm).

Fig. 1. a) Strain anisotropy ratio as a function of the ϵ_1 and the direction of investigation, (1 mm);

b) r and Δr values as a function of the ϵ_1 , (1 mm).

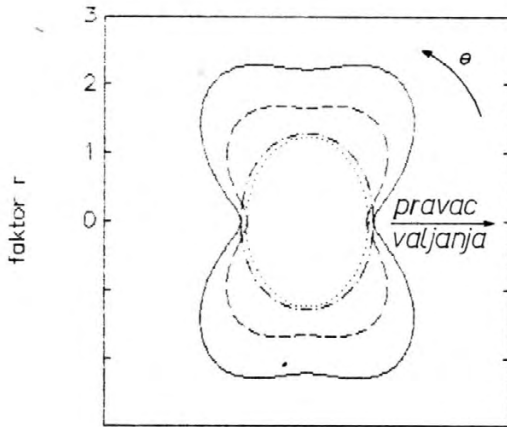
Srednji faktor plastične anizotropije \bar{r} (sl. 1. b.) blago opada sa porastom ϵ_1 pri čemu je uvijek veći od jedinice. Faktor ravanske plastične anizotropije raste sa porastom ϵ_1 , pri čemu je za $\epsilon_1 > 0,015$ vrijednost Δr negativna, a za $\epsilon_1 > 0,15$ vrlo bliska nuli ($\Delta r = 0,01 - 0,04$).

Praćenjem faktora plastične anizotropije u ravni trake, pomoću jednačine 5, uočava se tendencija ka izjednačavanju njegove vrijednosti za sve uglove (pravce) u odnosu na pravac valjanja uz pomjeranje ka nižim vrijednostima sa porastom ϵ_1 , slika 2.

Navedeni rezultati ukazuju na veoma povoljnu orijentaciju primarnih sistema klizanja za pravce $\Pi/4$ i $\Pi/2$ tako da omogućavaju bolje klizanje po širini nego po debljini trake, dok je za pravac 0 klizanje neznatno veće po debljini nego po širini.

Uzimajući u obzir vrijednost faktora ravanske plastične anizotropije za $\epsilon_1 > 0,15$ može se zaključiti da orijentacija kristalne strukture obezbjeđuje duboko izvlačenje sa veoma malom tendencijom ka stvaranju simetričnih neravnina.

Navedena pretpostavka potvrđena je dubokim izvlačenjem čašice prečnika 33 mm iz rondela prečnika 64 mm. Visina simetričnih neravnina iznosila je $h = 0,4 - 0,5$ mm što je u odnosu na visinu čašice predstavljalo neravnomjernost od 1,5 - 2 %. Simetrične neravnine su se formirale u pravcima 0 i $\Pi/2$.

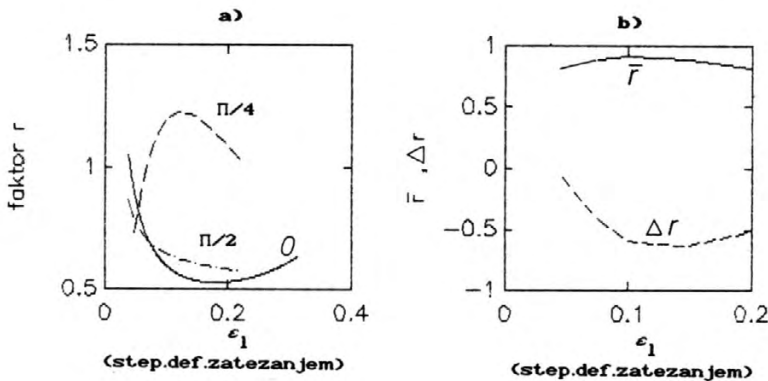


Slika 2. Zavisnost faktora r od ugla ispitivanja, po j - ni 5. (1 mm)

Fig 2. Strain anisotropy ratio as a function of the angle of investigation, by eq. 5. (1 mm)

(— $\epsilon_1=0.05$; - - - $\epsilon_1=0.1$; - · - $\epsilon_1=0.15$; ... $\epsilon_1=0.2$)

Ispitivanjem uticaja stepena deformacije zatezanjem na faktor plastične anizotropije tanke trake debljine 0,5 mm utvrđeno je da on za pravce 0 i $\Pi/2$ naglo opada sa porastom ϵ_1 do $\epsilon_1 = 0,125$ nakon čega zadržava približno konstantne vrijednosti od 0,55 i 0,6 respektivno (sl. 3. a.) Faktor plastične anizotropije za pravac $\Pi/4$ naglo raste sa porastom ϵ_1 do $\epsilon_1 = 0,125$ pri čemu dostiže maksimalnu vrijednost $r = 1,2$, nakon čega opada ali uz zadržavanje vrijednosti $r > 1$. Za opseg deformacije $\epsilon_1 > 0,7$, najveću vrijednost r ima pravac $\Pi/4$, a najmanju pravac 0.



Slika 3. a) Zavisnost faktora r od ϵ_1 i pravca ispitivanja, (0,5 mm);

b) Zavisnost faktora r i Δr od ϵ_1 i pravca ispitivanja (0,5 mm);

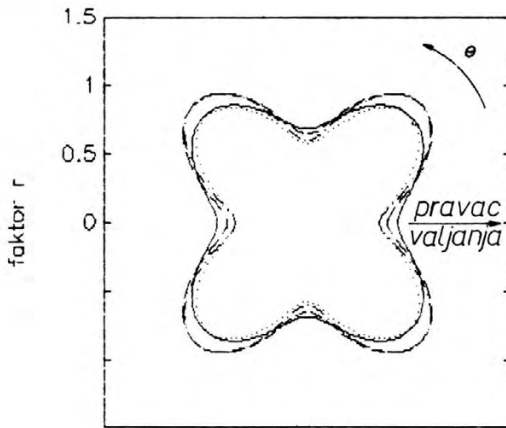
Fig. 3.. a) Strain anisotropy ratio as a function of the ϵ_1 and the direction of investigation, (0,5 mm);

b) r and Δr values as a function of the ϵ_1 , (0,5 mm).

Srednji faktor plastične anizotropije r blago raste sa porastom ϵ_1 do $\epsilon_1 = 0,125$ nakon čega takode blago opada pri čemu se kreće u intervalu $r = 0.82 - 0.88$, slika 3. b.

Vrijednost faktora normalne anizotropije opada od vrijednosti približno jednake nuli za $\epsilon_1 = 0,05$, do vrijednosti $-0,65$ za $\epsilon_1 = 0.125$, nakon čega raste, ali uz zadržavanje negativne vrijednosti, slika 3. b.

Vrijednosti faktora plastične anizotropije ukazuju da su primarni sistemi klizanja povoljno usmjereni za klizanje po širini za pravac $\Pi/4$, dok su za pravce 0 i $\Pi/2$ nepovoljno orijentisani za klizanje po širini. Na slici 4, predstavljeni su odnosi faktora plastične anizotropije u ravni trake za sve uglove, računati po jednačini 5.



Slika 4. Zavisnost faktora od ugla ispitivanja, po j - ni 5. (0,5 mm)

Fig 4. Strain anisotropy ratio as a function of the angle of investigation, by eq. 5. (0.5 mm)

(— $\epsilon_1=0.05$; - - - $\epsilon_1=0.1$; - · - $\epsilon_1=0.15$; ... $\epsilon_1=0.2$)

Sa porastom stepena deformacije jednoosnim zatezanjem, faktor r za sve pravce u početku raste uz dostizanje maksimalnih vrijednosti ($r = 2,1$ za pravac $\Pi/2$; $r = 1,2$ za pravac 0; $r = 0,85$ za pravac $\Pi/4$) a zatim opada, uz napomenu da je vrijednost za pravac $\Pi/2$ uvijek veća od 1. slika 5. a. Srednji parametar ravanske anizotropije, opada sa porastom izduženja pri čemu je u intervalu $\epsilon_1 = 0,08 - 0,14$ $r > 1$, a za $\epsilon_1 > 0,14$ $r > 1$, odnosno opada do vrijednosti $r = 0,8$. Vrijednost Δr naglo opada sa porastom stepena deformacije do $\epsilon_1 = 0,13$, nakon čega zadržava približno konstantnu vrijednost od $\Delta r = 0,45$, slika 5. b.

Zavisnost faktora plastične anizotropije od ugla ispitivanja u ravni tanke trake, računata po jednačini 5, predstavljena je na slici 6. Razlike vrijednosti za različite uglove su znatne, pri čemu se sa povećanjem stepena deformacije, zadržavaju isti međusobni odnosi uz pomjeranje ka nižim vrijednostima.

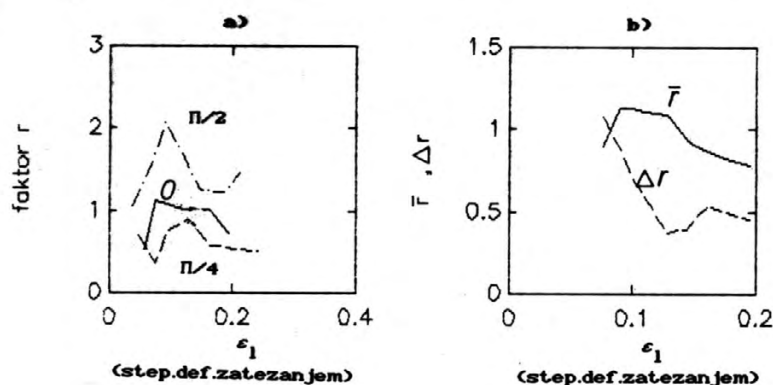
Vrijednosti faktora r ukazuju na činjenicu da su primarni sistemi klizanja povoljno usmjereni za klizanje po širini za pravac $\Pi/2$ za sav ispitivani opseg deformacije, kao i za pravac 0 od stepena deformacije do $\epsilon_1 = 0,17$. Za pravac $\Pi/4$ primarni sistemi klizanja su nepovoljno orijentisani za klizanje po širini trake.

Dubokim izvlačenjem čašice prečnika 33 mm iz rondele prečnika 64 mm formiraju se simetrične neravnine u pravcima 0 i $\Pi/2$ visine 2 mm što za visinu čašice od 25 mm predstavlja neravnomjernost od 8%.

Analizom faktora plastične anizotropije tanke trake/folije debljine 0,15 mm utvrđeno je da su primarni sistemi klizanja, bez obzira na pravac ispitivanja, ne

Dubokim izvlačenjem čašice od ove trake, formiraju se simetrične neravnine po njenom obodu u pravcima $\Pi/4$ u odnosu na pravac valjanja. Visina simetričnih neravnina iznosi 1,06 mm, što za visinu čašice od 25 mm predstavlja neravnomjernost od 4,2%.

Faktor plastične anizotropije za tanku traku debljine 0,28 mm, u ispitivanom opsegu deformacija, najveći je za pravac $\Pi/2$, a najmanji za pravac $\Pi/4$, slika 5. a. Ispitivanjem uticaja stepena deformacije jednoosnim zatezanjem na faktor plastične anizotropije takode je uočena njihova međuzavisnost.



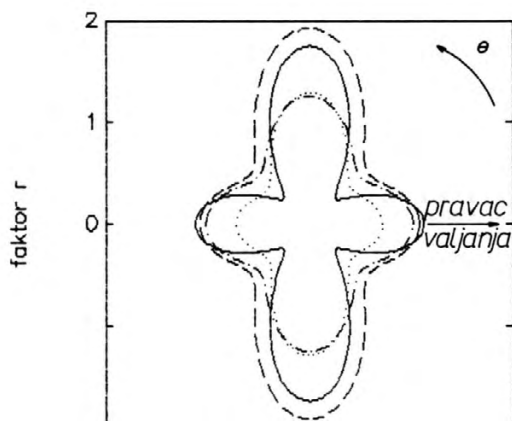
Slika 5. a) Zavisnost faktora r od ϵ_1 i pravca ispitivanja, ($0,28 \text{ mm}$);

b) Zavisnost faktora r i Δr od ϵ_1 , ($0,28 \text{ mm}$).

Fig 5. a) Strain anisotropy ratio as a function of the ϵ_1 and the direction of investigation, ($0,28 \text{ mm}$);

b) r and Δr values as a function of the ϵ_1 , ($0,28 \text{ mm}$).

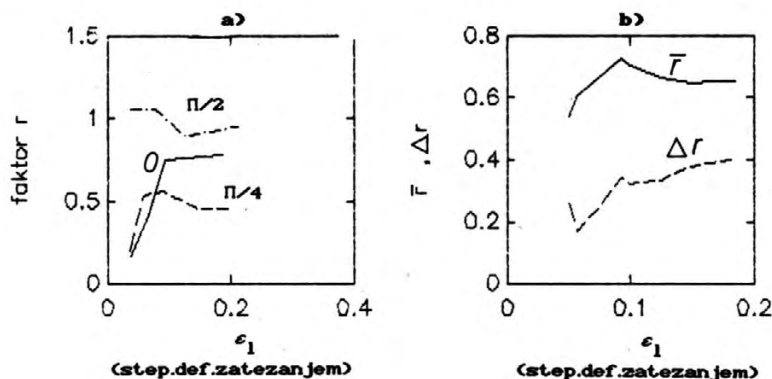
povoljno orijentisani za klizanje u pravcu širine, odnosno povoljno orijentisani za klizanje u pravcu debljine. Izuzetak predstavlja faktor r za pravac $\Pi/2$ pri deformaciji jednoosnim zatezanjem do $\epsilon_1 \leq 0,1$, gdje je faktor $r = 1.05$.



Slika 6. Zavisnost faktora r od ugla ispitivanja, po j - ni 5.

Fig 6. Strain anisotropy ratio as a function of the angle of investigation, by eq. 5
 (— $\epsilon_1=0.07$; --- $\epsilon_1=0.1$; - - - $\epsilon_1=0.15$; ... $\epsilon_1=0.195$)

Sa povećanjem stepena deformacije faktor r za pravac 0 naglo raste do vrijednosti $\epsilon_1 = 0,1$ nakon čega se zadržava na vrijednosti od oko $r = 0,77$. Faktor r za pravce $\Pi/4$ i $\Pi/2$ u intervalu $\epsilon_1 = 0,05 - 0,2$ blago opada uz prosječne vrijednosti od $0,5$ i $0,95$ respektivno, slika 7.a. Za stepene deformacije $\epsilon_1 > 0,07$, faktor r je najveći za pravac $\Pi/2$, najmanji za pravac $\Pi/4$, dok je vrijednost za pravac 0 između prethodne dvije.



Slika 7. a) Zavisnost faktora r od ε_1 i pravca ispitivanja, (0,15 mm);

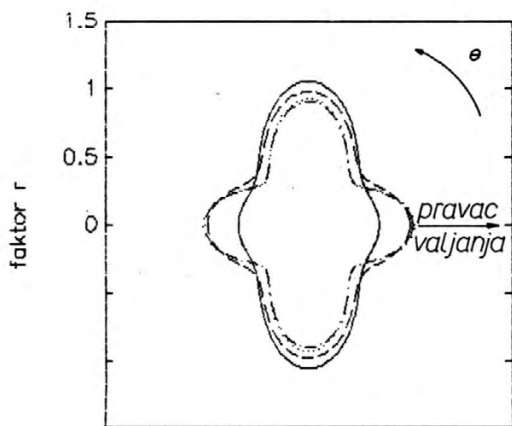
b) Zavisnost faktora r i Δr od ε_1 , (0,15).

Fig 7. a) Strain anisotropy ratio as a function of the ε_1 and the direction of investigation, r (0,15 mm);

b) r and Δr values as a function of the ε_1 , (0,15 mm).

Srednji faktor plastične anizotropije raste sa porastom ε_1 do $\varepsilon_1 = 0.9$, a zatim blago opada uz zadržavanje vrijednosti na nivou od $r = 0.65$. Faktor normalne anizotropije blago raste sa porastom ε_1 za sav ispitivani interval deformacije, pri čemu se kreće u intervalu $\Delta r = 0.2 - 9.4$, slika 7. b. Zavisnost faktora r od ugla ispitivanja u ravni tanke trake/folije prema jednačini 5 predstavljena je na slici 8.

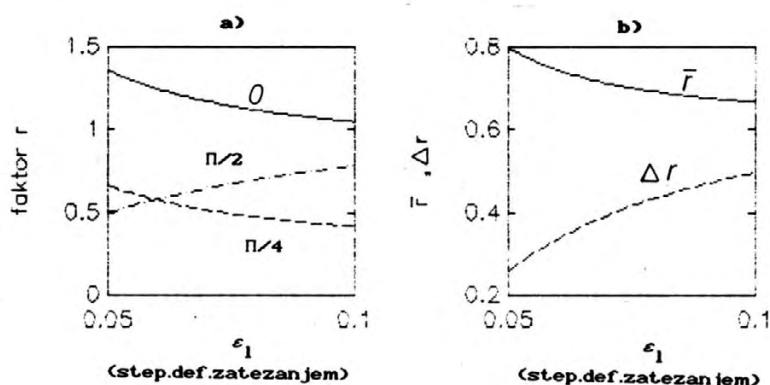
Faktor plastične anizotropije za tanku traku/foliju debljine 0,09 mm opada za pravce 0 i $\Pi/4$, odnosno raste za pravac $\Pi/2$, sa porastom stepena deformacije jednoosnim zatezanjem.



Slika 8. Zavisnost faktora r od ugla ispitivanja, po jednačini 5. (0,15 mm)

Fig 8. Strain anisotropy ratio as a function of the angle of investigation, by eq. 5 (— $\varepsilon_1=0.07$; - - - $\varepsilon_1=0.1$; - . - $\varepsilon_1=0.15$; ... $\varepsilon_1=0.2$)

Za ispitivani interval deformacije, faktor r je najveći za pravac 0, a najmanji za pravac $\Pi/4$. Prosječne vrijednosti faktora r iznose 1,1, 0,5 i 0,8 za pravce 0, $\Pi/4$ i $\Pi/2$ respektivno, slika 9. a. Srednji faktor plastične anizotropije blago opada, dok faktor ravnanske plastične anizotropije blago raste sa porastom stepena deformacije jednoosnim zatezanjem pri čemu su prosječne vrijednosti 0,7 i 0,4 respektivno, slika 9. b. Sa povećanjem stepena deformacije dolazi do povećanja razlike između vrijednosti faktora r za pravce $\Pi/4$ i $\Pi/2$.

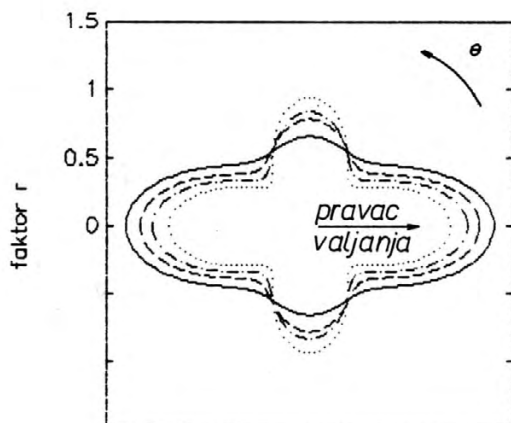


Slika 9. a) Zavisnost faktora r od ϵ_1 i pravca ispitivanja, (0,09 mm);

b) Zavisnost faktora r i Δr od ϵ_1 , (0,09 mm)

Fig 9. a) Strain anisotropy ratio as a function of the ϵ_1 and the direction of investigation, (0,09 mm);

b) r and Δr values as a function of the ϵ_1 , (0,09 mm).



Slika 10. Zavisnost faktora r od ugla ispitivanja, po jednačini 5. (0,09 mm).

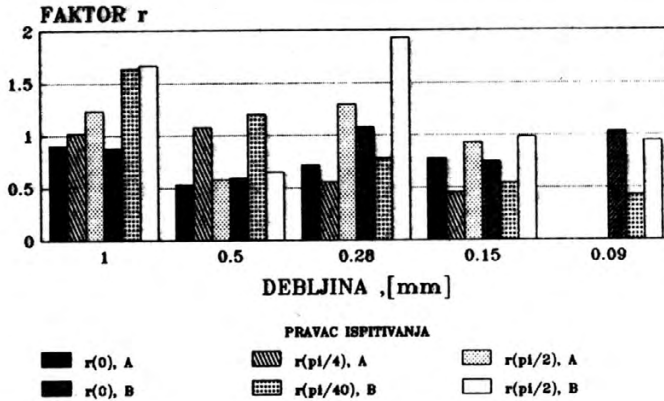
Fig 10. Strain anisotropy ratio as a function of the angle of investigation, by eq. 5. (0,09 mm).

(— $\epsilon_1 = 0.05$; - - - $\epsilon_1 = 0.06$; - · - $\epsilon_1 = 0.07$; ... $\epsilon_1 = 0.08$)

Na slici 11 predstavljen je komparativni prikaz međusobnih odnosa vrijednosti faktora r u ravni tanke trake/folije za sve ispitivane debljine. Vrijednosti faktora r se odnose na stepene deformacije zatezanjem od $\epsilon_1 = 0,2$ i $\epsilon_1 = 0,1$.

Na osnovu rezultata ispitivanja faktora plastične anizotropije može se reći da su primarni sistemi klizanja nepovoljno orijentisani za klizanje u pravcu širine, pri čemu je ta nepovoljnost naročito izražena za pravac $\pi/4$ u odnosu na pravac valjanja. Za pravac 0 , uzimajući u obzir prosječnu vrijednost faktora r od 1,1 može se reći da su primarni sistemi klizanja povoljno usmjereni za klizanje po širini trake.

Zavisnost faktora plastične anizotropije od ugla ispitivanja u ravni tanke trake/folije, prema jednačini 5 predstavljena je na slici 10.



A-step. def. zatezanjem 0,2
B-step. def. zatezanjem 0,1

Slika 11. Komparativni prikaz međusobnih odnosa faktora r u ravni tanke trake/folije za sve ispitivanj e debljine i dva stepena deformacije jednoosim zatezanjem.

ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedenih istraživanja mogu se sistematizovati sledeći zaključci:

1. Na faktor plastične anizotropije veliki uticaj ima prethodni termomehanički režim. Utvrđena su tri tipa međusobnih odnosa faktora r u ravni tanke trake/folije:

- porast faktora r sa porastom ugla ispitivanja od 0 do $\Pi/2$, koji se postiže žarenjem trake dobijene hladnim valjanjem kontinuirano livene trake sa stepenom deformacije od 87,15% (1 mm). Vrijednost faktora r je u intervalu 1, 1 - 1, 4 uz vrijednost Δr blisku nuli. Simetrične neravnine se formiraju u pravcima 0 i $\Pi/2$ pri čemu im je visina, 0,4 - 0,5 mm;

- maksimalna vrijednost faktora r za pravac $\Pi/4$, uz približno jednake vrijednosti za ostala dva pravca, postiže se daljim porstom stepena deformacije hladnim valjanjem od 90,57% (0,5 mm) prije žarenja. Vrijednost faktora r je u intervalu 0,82 - 0,88, Δr je negativno (-0,6 do -0,4), pri čemu se formiraju simetrične neravnine u pravcu $\Pi/4$ visine 1,06 mm,

- minimalna vrijednost faktora r za pravac $\Pi/4$, uz najveću vrijednost r za pravac $\Pi/2$, za stepen prethodne deformacije 44% i 70%, odnosno za pravac 0 za stepen deformacije 82%. Za traku deformisanu 44% prije zarenja, faktor r je u intervalu 0,8 - 1,1 a Δr oko 0,5. Simetrične neravnine se formiraju u pravcima 0 i $\Pi/2$, visine 2 mm, što u odnosu na traku debljine 1 mm za iste uslove ispitivanja predstavlja porast neravnomjernosti od 4 - 5 puta;

2. Srednji faktor plastične anizotropije opada sa smanjenjem debljine tanke trake/folije, pri čemu se nalazi u intervalu 1,4 - 0,6 respektivno, tako da se može reći da legura AA8079 ima vrlo dobru sposobnost za oblikovanje;

3. Faktor plastične anizotropije se mijenja sa promjenom stepena deformacije zatezanjem. Karakter promjene zavisi od formirane teksture, odnosno od prethodnog termomehaničkog režima. Do sada nije eksplicitno utvrđen stepen deformacije jednoosnim zatezanjem pri kojem se određuju ove vrijednosti. Za epruvete „masivnog poprečnog presjeka” faktor plastične anizotropije se najčešće određuje za stepen zatezanja od 15 - 20%. Zbog naglog pada izduženja sa smanjenjem debljine tanke trake/folije potrebno je definisati način određivanja faktora r u ovim uslovima.

LITERATURA

1. Griffin, p. (1989) Manufacture of light gauge aluminium foils. Alum. Ind. v. 8, oct/nov, p 21 - 23.
2. Falkenstein, H. P , Proizvodnja lima i trake od aluminijuma, VAW Vereinigte Aluminium - Werke Ag, Bonn, Deutschland
3. Kerth, W. et. al. (1975) International Metallurgical Reviews, 1975, Vol 20
4. Dean, R. J. et. al. (1986) Productions of High Quality Aluminium Foil, - BNF, 6th International Conference „Quality in the Metals Industries” 2/3 sept. 1986
5. Bennetch, J. I. et. al (1986) Microstructural investigations of certain continuous cast aluminium foils. Conf. Al - alloys, vol 1., Charettesville Virginia USA 15 - 20, juen 1986, p 561 - 573.
6. Kohara, S. (1987) Mechanical testing of aluminium foils, Vienna 1987. p 585 - 588.
7. Yamaguchi K. (1976) J. Japan Society for technology of plasticity, 17 (1976), 995.
8. Yamanoi T. (1985) Proceedings of Janap Institute of Light Metals, (1985, 5), 181.
9. Дриц М. Е. (1975) „СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЛЕГИРОВАННОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГИ, удк 62 - 416 „Металлургий” Москва, 1975.
10. Sakaguchi M. et al. (1988) „Mechanical Properties of Aluminium Foil Laminated with Plastic Film”, z. Metallkde. Bd. 79 (1988) H. 7 p452 - 458.
11. Dripke M. et. al (1979) Senkrechte Anisotropie r und Verfestigungsexponent n , Bander Bleche Rohre 7 - 1979, p 286 - 291.
12. Constant in V. (1972) Verfahren Ermittlung der Anisotropie - Kennzahlen fur die Beurteilung des Tiefziehverhaltens Kohlenstoffarmer Feibleche, Materialpruf. 14/1972. No 6, Vdi - Verlags.
13. Stankovski V. (1984) Analiza uticajnih parametara na plastičnu anizotropiju pri graničnoj ravnomjernoj deformaciji istezanjem čelika za duboko izvlačenje. IV Međunarodni simpozijum o plastičnosti i otporu deformaciji metala H. Novi 1984; Zbornik radova str. 291 - 331.

INVESTIGATION OF THE DEFORMATION RATIO INFLUENCE ON
THE STRAIN ANISOTROPY RATIO OF THIN SHEETS/FOILS
OF AA8079 ALLOY

by
Svetozar BLEČIĆ and Kemal DELIJIĆ

S u m m a r y

The examinations of the mechanical properties of thin sheets and foils of aluminum and aluminum alloys is associating with a lot of problems and therefore there is very poor systematization of the information about them.

In this paper has been analyzed the influence of the previous cold rolling deformation ratio on values of the strain anisotropy ratio. The thin sheets/foils of 1, 0.5, 0.28, 0.15, 0.09 mm thickness have been used in annealed state.

The range of 0.82-1.5 has been obtained for r for 0.28, 0.5, 1 mm thickness respectively. The range of 0.6 to 0.8 has been obtained for r values for 0.09 and 0.15 mm.

Three types of mutually relations among the r values in the plane of thin sheets/foils have been occurred: increasing of r values as the angle of investigation is increasing from 0 to $\pi/2$; maximum value of r has been obtained for angle $\pi/4$ and approximate values of r have been obtained for angles of 0 and $\pi/2$; minimum value of r has been obtained for angle of $\pi/4$ and maximum for angle of $\pi/2$.

Adress:
Faculty of metallurgical sciences
Cetinjski put b.b.
81000 PODGORICA
MONTENEGRO, YUGOSLAVIA