

Vpliv toplotne predelave in specifične deformacije na preoblikovalno trdnost zlitine AlMg3 pri predelavi v hladnem stanju

Influence of Heat Treatment and Heat Working and Deformation on Yield Stress of the Alloy AlMg3 by Cold Working

Trajanka Vasevska, Impol, Sl. Bistrica

Raziskave so pokazale, da preoblikovalne lastnosti zlitin, pri predelavi v hladnem stanju z valjanjem in vlečenjem, so odvisne od tipa predhodne tople predelave (valjanje, stiskanje ali žarjenje). Dobljeni rezultati so se potrdili v praksi.

Ključne besede: preoblikovalnost, topla in hladna predelava, parcialna redukcija, skupna redukcija, raztržna (natezna) trdnost, raztezna trdnost (meja plastičnosti)

Research showed that cold working properties of alloys by cold rolling and drawing depend on the type of alloy, previous heat working and heat treatment (rolling, extrusion or annealing). Results of this researches are confirmed in the practical work.

Key words; deformability, hot and cold working, partial reduction, total reduction, tensile strength, yield strength.

1 Uvod

V okviru raziskav aluminjskih zlitin, ki so zanimive za tržišče, so bile opravljene tudi obsežnejše raziskave lastnosti zlitine AlMg3. Ta zlitina predstavlja standardni proizvodni program IMPOL-a.

V prispevku je prikazan vpliv toplote predelave in specifične deformacije na preoblikovalno trdnost zlitine AlMg3 pri predelavi z valjanjem in vlečenjem. Za začetno stanje in različne parcialne redukcije ϵ s hladno obdelavo.

- toplo valjana pločevina za $\epsilon = 0,1; 0,2; 0,3$ ter $\epsilon_{sk} = 0,8$
- toplo valjana in mehko žarjena pločevina za $\epsilon = 0,1; 0,2; 0,3$ ter $\epsilon_{sk} = 0,9$
- stiskane palice za $K = 0,1; 0,2$ ter $K_{sk} = 0,5$

Cilj prispevka je prikazati uporabnikom lastnosti zlitine AlMg3 in možnosti uporabe polizdelkov (pločevine, palice) iz teh zlitin.

2 Značilnosti zlitine AlMg3

2.1 Oznaka in kemijska sestava [5]

standard	DIN 1725	Int. Reg. Record	IMPOL
oznaka	AlMg3	5754	P30 (P31; P33)

Kemijska sestava

elementi	Si max.	Fe max.	Cu max.	Mn max.	Mg	Cr max.	Zn max.	Ti max.	Al	Mn+Cr	drugo
	0,4	0,4	0,1	0,5	od 2,6 do 3,6	0,3	0,2	0,15	ost.	od 0,1 do 0,6	posamezno 0,05 skupno 0,15

2.2 Fizikalne lastnosti [5]

Specifična teža	2,66	Kg/dm ³
Tališče	593 - 645	°C
Modul elastičnosti E	6800 - 7200 67088 - 70607	kp/mm ² N/mm ²

Modul torzije G	2700 26477	kp/mm ² N/mm ²
Toplotna prevodnost pri 20 °C	1,25	J · K ⁻¹ cm ⁻¹
Linearni toplotni razteznostni koeficijent	×10 ⁻⁶ 23	cm/cm
20 - 100 °C	24 - 25	cm/cm
20 - 200 °C	25,7	cm/cm
Električna upornost pri 20 °C	za stanje 0 5,5	μΩ × cm ² /cm
Električna prevodnost pri 20 °C	za stanje 0 18	MS. /m ⁻¹

2.3 Mehanske lastnosti

standard	stanje	R _m N/mm ²	R _{p0,2} N/mm ² min.	A ₅ % min	A ₁₀ % min	HB 2,5/62,5 ≈
DIN 1745 za valjane izdelke	W19 (0) odžarjeno F19 top. valj.	190 - 230	80	20	17	50
		min 190	80	10	-	60
DIN 1747 za stiskane palice	W18 (0) odžarjeno F18 stiskano	min. 180	80	16	14	45
		min. 180	80	14	12	45

Z hladno obdelavo se lahko dosežejo večje mehanske lastnosti. Ta zlitina ne spreminja mehanskih lastnosti pri temperaturah do -200 °C [3].

2.4 Korozijska obstojnost

Čeprav te zlitine niso primerne za toplotno utrjevanje, se velikokrat po hladni deformaciji uporablja žarjenje za odpravo napetosti, ki so nastale pri hladni deformaciji. Pri izbiri temperature moramo paziti na to, da se izognemo temperaturnemu intervalu od 100-200°C, ker se v tem območju po mejah zrn izloča faza Mg₂Al₃, ki je anoda glede na osnovo in povzroča napetostno korozijo.

AlMg3 je zlitina, ki v primerjavi z drugimi zlitinami kaže zelo veliko korozijsko obstojnost v podeželski, obmorski, industrijski in tropski atmosferi ter v morski vodi [2].

Njena korozijska obstojnost se poveča s površinsko zaščito z:

- navadnim anodiziranjem z debelino plasti do 25 μm
- trdim anodiziranjem z debelino plasti (57; 93 ; 157) μm in trdoto po Vickers(15g) (489;532;404) in Vickers(50g) (493;522;407) [4].

Elektrodni potencial (V) [1; I]	trdna raztopina ali osnova
- 1,24	Mg ₂ Al ₃ (faza)
- 0,87	Al+ 3Mg (trdna raztopina)
- 0,85	Al99,95

2.5 Spajanje zlitine AlMg3

Pomembna značilnost tega materiala je, da se uporablja pri spajanju konstrukcij iz aluminijevih zlitin:

- kot varilni material S-AlMg3 za naslednje zlitine:
AlMg3; AlMgMn; AlMg1; AlMg2;

(AlMgSi0,5; AlMgSi0,8) neanodizirani

G-AlMg3; G-AlMg3(Cu); G-AlMg3Si

z uporabo postopkov WIG (TIG), MIG in plamenskega varjenja [5].

- posebej če je potreben trdnjši in proti koroziji obstojni lot.
- kot kovice AlMg3 za zlitine:

AlMg3; AlMg5; AlMg2Mn0,8; AlMg4,5Mn;

AlMgSi0,5; AlMgSi0,7

Strižne sile so po viru [5]:

za *AlMg3 (W18) 115 (N/mm²)* in za *AlMg3 (G26) 135 (N/mm²)*

2.6 Tehnološke značilnosti [I;II,III]

Zlitina AlMg3 se lahko predeluje (preoblikuje) z:

- litjem v kokilah in pesek
- valjanjem
- stiskanjem
- kovanjem v utopih in prosto
- vlečenjem
- globokim vlekom

S primerno predelevo se dobijo izdelki kot so: pločevina, trakovi, rondele, palice, žice, ...

Z njihovo finalizacijo dobimo široko paleto proizvodov.

3 Predelava

3.1 Predelava v toplem stanju

Karakteristično za to zlitino je, da način predelave določa temperaturni interval predelave. Pri valjanju v toplem stanju ima zlitina širši temperaturni interval od temperaturnega intervala pri stiskanju.

$$\Delta T = T_{\max} - T_{\min} \quad (1)$$

ΔT je za oba načina predelave majhen v primerjavi s čistim Al in povzroča nerealno oceno o preoblikovalnih lastnostih te zlitine. Zakonitosti, ki veljajo pri predelavi čistega Al, se ne morejo v celoti uporabiti za zlitino AlMg3.

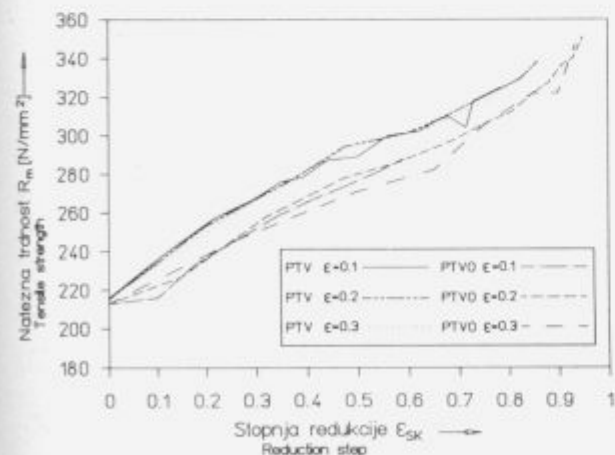
V literaturi se velikokrat navaja, da se ta zlitino zelo težko predeluje v toplem stanju. To je sicer res, a le v primeru, ko niso določeni pravi pogoji predelave. To navaja k temu, da se mnogi uporabniki izogibajo te zlitine in si z uporabo drugih zlitin povečajo stroške za izdelke.

3.2 Predelava v hladnem stanju

Zlitina AlMg3 spada v skupino materialov, katerim z določeno redukcijo zvišamo trdnost. Plastičnost zlitine v hladnem je odvisna od načina tople predelave. V hladnem se predeluje z valjanjem, vlečenjem... Vsak postopek obdelave ima svojo funkcijo utrjevanja materiala. Za pravilno vodenje proizvodnje moramo spoznati to funkcijo.

4 Rezultati raziskav

Podani so rezultati, ki so povprečje preizkusov zelo številnih mehanskih preizkusov ter metalografskih in kemijskih analiz. Raziskana sta bila dva načina hladne predelave: valjanje in vlečenje.

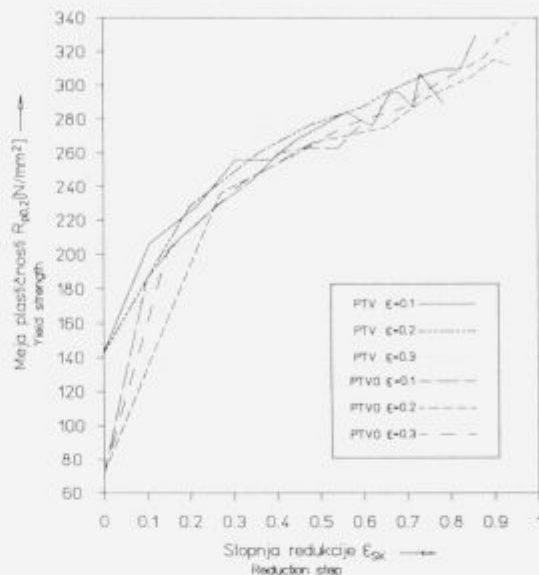


Slika 1: Primerjava spremembe natezne trdnosti R_m za vhodno kvaliteto PTV in PTVO z $\epsilon = 0,1; 0,2; 0,3$ za enako ϵ_{sk}

Picture 1: Comparison of tensile strength between hot rolled (PTV), cold rolled and annealed (PTVO) strip with $\epsilon = 0,1; 0,2; 0,3$ for equal ϵ_{sk}

4.1 Valjana zlitina AlMg3

Prikazan utrjevanja tople valjanega (PTV) in tople valjanega in dodatno odžarjenega (PTVO) materiala. Da je v materialu po toplem valjanju ostalo še nekaj napetosti, vidimo iz spremembe vrednosti meje plastičnosti po žarjenju (Slika 2).



Slika 2: Primerjava spremembe meje plastičnosti $R_{p0,2}$ za vhodno kvaliteto PTV in PTVO z $\epsilon = 0,1; 0,2; 0,3$ za enako ϵ_{sk}

Picture 2: Comparison of yield strength between hot rolled (PTV), cold rolled and annealed (PTVO) strip with $\epsilon = 0,1; 0,2; 0,3$ for equal ϵ_{sk}

Na sliki 1 in sliki 2 so rezultati za natezno trdnost in mejo plastičnosti za material (PTV) in (PTVO) po različnih parcialnih deformacijah $\epsilon=0,1; 0,2; 0,3$ pri hladni predelavi za enako ϵ_{sk} .

$$\epsilon = 1 - \frac{h_{n+1}}{h_n} = (0,1; 0,2; 0,3) \quad (2)$$

$$\epsilon_{sk} = 1 - \frac{h_{n+1}}{h_0} \quad (3)$$

h - debelina pločevine (mm)

n - število prevlekov pri hladni obdelavi

n = 1,2,3... (n=0 za PTV in PTVO)

ϵ - parcialna redukcija

ϵ_{sk} - skupna redukcija

Iz slike 1 in slike 2 je očitno, da način predelave oz. stopnja parcialne redukcije za enako stanje (PTV) ali (PTVO) zelo malo vpliva na vrednosti natezne trdnosti za enako skupno redukcijo

$$R_m(\max) - R_m(\min) = cca 7 \text{ N/mm}^2,$$

medtem, ko je razlika minimalnih vrednosti R_m za (PTV) in (PTVO) večja.

Mejo plastičnosti se hitro poveča pri majhni stopnji redukcije. To pomeni, da pri tej zlitini ni dolge poti do večje trdnosti.

Očitno je, da ni vseeno kakšno vhodno stanje materiala (PTV) in (PTVO) imamo pri hladni predelavi in da so končni rezultati za R_m in $R_{p0,2}$ močno odvisni od vhodnega materiala za dani ϵ_{sk} .

4.2 Predelava zlitine AlMg3 s stiskanjem in vlečenjem

Na **sliki 3** so prikazani rezultati sprememb natezne trdnosti in meje plastičnosti pri vlečenju palic s parcialno redukcije od ene do druge dimenzije $K=0,1; 0,2$ za enako skupno redukcijo K_{sk} .

$$K = 1 - \frac{d_{m+1}^2}{d_m^2} = (0,1; 0,2) \quad (4)$$

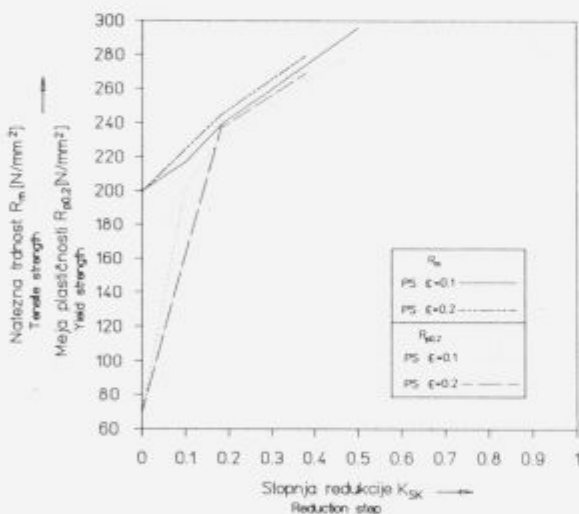
$$K_{sk} = 1 - \frac{d_{m+1}^2}{d_0^2} \quad (5)$$

d - premer palic (mm)

m - zaporedna številka prevleka $m=1,2,3...$ ($m=0$ za stiskano kvaliteto)

K - parcialna redukcije od enega do drugega prevleka

K_{sk} - skupna redukcija



Slika 3: Primerjava spremembe natezne trdnosti R_m in meje plastičnosti $R_{p0,2}$ za PS z $K=0,1; 0,2$ za enaki K_{sk} .

Picture 3: Comparison of tensile strength R_m and yield strength $R_{p0,2}$ for extruded rod (PS) with $K=0,1; 0,2$ for equal K_{sk} .

Ne glede na način hladne predelave (valjanje ali vlečenje) je zakonitost utrjevanja materiala pri obeh enaka, s tem, da z manjšo stopnjo skupne redukcije dosežemo večje vrednosti za R_m in $R_{p0,2}$ pri vlečenju.

5 Zaključek

Iz rezultatov v poglavju 4.1 in 4.2 je očitno, da moramo biti pri hlani predelavi zlitine AlMg3 vedno pozorni na predhodno toplo predelavo (valjanje, stiskanje,... in odžarjenje), saj je njen vpliv na končne vrednosti R_m in $R_{p0,2}$ velik.

Če upoštevamo določene pogoje pri predelavi te zlitine, so lastnosti konstantne.

Zlitina AlMg3 je pri predelavi pokazala izjemno plastičnost. Lahko prenaša velike stopnje redukcije ϵ , ϵ_{sk} , K in K_{sk} , kar je razvidno iz množice drugih podatkov, ki zaradi omejenosti prostora niso predstavljeni.

6 Literatura

- 1 Kent R. Van Horn, ALUMINIUM; Vol.I Properties, Physical Metallurgy and Phase Diagrams; Vol.II Design and Application; Vol.III Fabrication and Finishing, - ASM International Metals Park, Ohio, USA 1967
- 2 Leopold Vehovar, Korozija kovin in korozijsko preizkušanje; samozaložba - Ljubljana 1991
- 3 Čedomir Petrovič, Osnove tehnologije elektrotehničnega materiala; Naučna Knjiga - Beograd 1970
- 4 S.Wernick, R.Pinter and P.G.Sheasby, The Surface Treatment and Finishing of Aluminium and its Alloys; fifth edition vol.2;- ASM International Metals Park, Ohio, U.S.A.; Finishing Publications LTD.-Teddington, Meddlessex, England 1980.
- 5 W. Nufnegel, unter Mitarbeit zahlreich Fachkollegen; ALUMINIUM-Taschenbuch; 3., datenaktualisierter Druck; Aluminium Zenrale, Düsseldorf, 1988.