

Izdelava žice iz zlitine AlMg5 za kovice in vijake

Production of AlMg5 Wire for Rivets and Bolts

T. Vasevska¹, IMPOL, Slovenska Bistrica

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1995-12-22

Namen raziskave je bil ugotoviti možnost izdelave te vrste žice v IMPOL-u z obstoječo opremo. Tehnološka pot je določena na osnovi teoretičnih in praktičnih spoznanj za zlitino in je drugačna od dosedanjega načina obdelave. Mehanske in tehnološke lastnosti dobljenega izdelka so potrdile, da v IMPOL-u lahko izdelamo žico z zahtevano kakovostjo.

Ključne besede: mehanske lastnosti, natezna trdnost, meja plastičnosti, raztezek, skrčitev, strižna trdnost, tehnološke lastnosti, preoblikovalnost, žica, kovice, vijaki

Summary goal was to test the equipment capability of Impol to produce high quality wire suitable for the products. A new technological process based on theoretical and practical conclusions was developed for the alloy. Mechanical and technological properties confirm that the new grade wire can be produced in IMPOL.

Key words: mechanical properties, tensile strength, yield strength, elongation, contraction, shearing strength, technological properties, deformability, wire, rivets, bolts

1 Uvod

Majhna specifična masa aluminija in njegovih zlitin je razlog za vse večje zanimanje za njihovo uporabo.

Povpraševanje po zlitini AlMg5, ki se uporablja v letalski industriji, ladjedelništvu itd. je že staro. Predhodne raziskave zlitine so dale rezultate, ki so bili v veliko pomoč za nadaljnjo raziskavo. Sedaj je na trgu povpraševanje po žici kvalitete H32 za izdelavo kovice in vijakov. Moja naloga je bila, da ugotovim možnosti izdelave žice te vrste v IMPOL-u v obstoječih razmerah in brez dodatnih investicij.

2 Litje

Značilno za zlitino AlMg5 je, da pri legiranju oz. dodajanju Mg v talino pride do izgube Mg. To se je obravnavalo kot "odgor" oz. oksidacijo Mg. Pokazalo pa se je, da je ta izguba rezultat reakcije Mg s Pb in Si iz obloge peči. Ta resorbira Pb iz zlitin, ki se legirajo s Pb in so namenjene za obdelavo na avtomatih. Na **sliki 1** so prikazane spremembe koncentracije Pb in Si pri dodajanju Mg v talino in v odlitku.

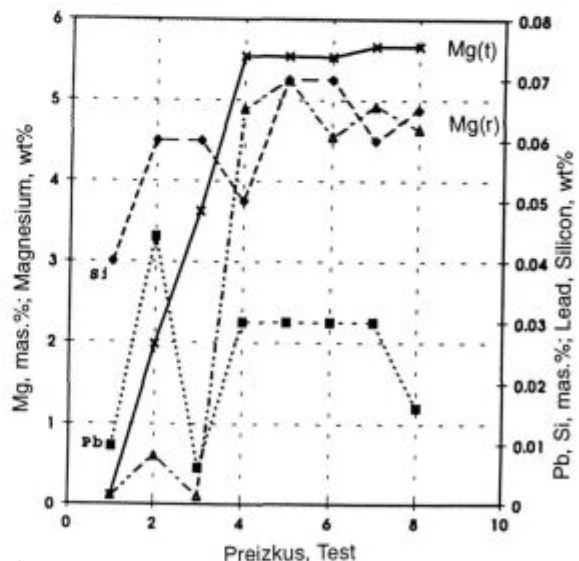
Izračuni, po katerih 4,1% mas. Pb veže 95,9% mas. Mg v obliki Mg₂Pb in 36% mas. Si veže 64% mas. Mg v obliki Mg₂Si, so potrdili te predpostavke. Na **sliki 2** prikazani binarni fazni diagram Mg-Pb je povzet po viru².

Pri odstajanju taline se zmanjšuje koncentracija Pb, ker je težji in se useda, poveča pa se vsebnost Si, ker je dovolj časa, da se veže z Mg in je zato vsebnost Mg v odlitku občutno zmanjšana.

V **tabeli 1** so prikazani razponi kemične sestave za to zlitino, ki so predpisani v posameznih standardih.

3 Homogenizacija

Da bi se izboljšala plastičnost pri topli predelavi (valjanje, stiskanje ali kovanje), se kovina po litju termično obdela z visokotemperaturnim homogenizacijskim žarjenjem. Pri tem se odstranijo segregirane faze po meji kristalov ali zrn (odvisno od tipa trdne raztopine) s celotnim ali delnim raztapljanjem in



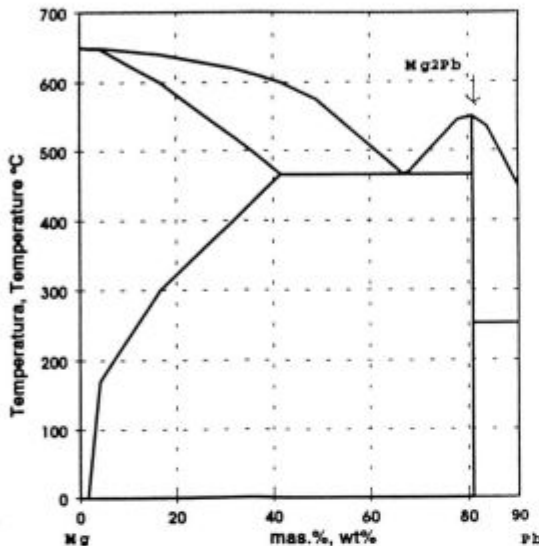
Slika 1: Odvisnost med koncentracijo Mg, Pb in Si ter odstopanje teoretične Mg_(t) in realne koncentracije Mg_(r) med procesom taljenja od 1. do 7. preizkusa in v odlitku 8. Zlitina AlMg5

Figure 1: The change of concentrations of Mg, Pb and Si and difference between the theoretical Mg_(t) and the real Mg_(r) content of Mg during the melting tests No.1 to No.7 and in the as cast No.8 of the alloy AlMg5

¹ Trajanka VASEVSKA, dipl.inž.met.
IMPOL d.o.o., Partizanska ul. 38
2310 Slovenska Bistrica

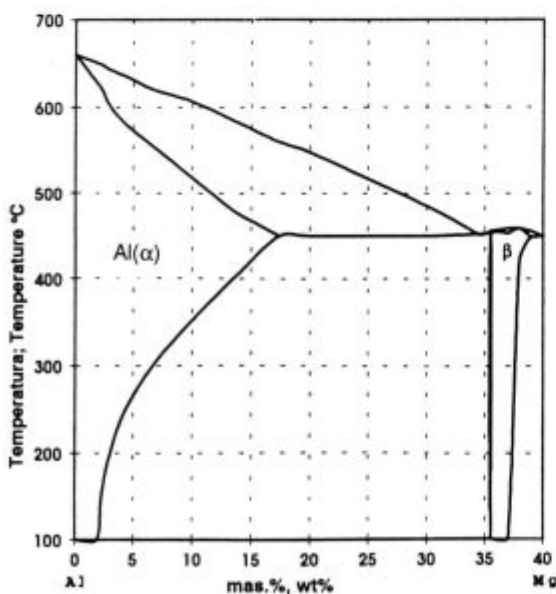
Tabela 1: Kemična sestava AlMg5 v mas. %
Table 1: Chemical composition of the alloy AlMg5 wt. %

Oznaka		Kemijska sestava v %									Ostalo	
Standard	Zlitina	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Mn+Cr	pos.	sk.
DIN-1725	AlMg5	0.4	0.5	0.1	0.1 do	4.5 do	0.2	0.2	0.2	0.1 do	0.05	0.15
EAA	5058A				0.6	5.6				0.6		
AA	5056	0.3	0.4	0.1	0.05 do	4.5 do	0.05 do	0.1	0.05	0.15		
					0.2	5.6	0.2					
IMPOL	P51	0.3	0.4	0.1	0.05 do	4.8 do	0.05 do	0.1	0.05	0.05	0.15	
					0.2	0.2	0.2					



Slika 2: Ravnotežni fazni diagram Mg-Pb
Figure 2: The equilibrium phase diagram magnesium-lead

z difuzijo, ali pa se sferodizirajo v obliko, ki naj bi ustvarjala najmanjši odpor pri topli predelavi. S tem žarjenjem se tudi odpravljajo vse napetosti, ki so nastale med ohlajevanjem odlitka.



Slika 3: Ravnotežni fazni diagram Al-Mg
Figure 3: The equilibrium phase diagram aluminum-magnesium

Iz slike 3 je razvidno, da ima ta zlitina zelo širok temperaturni interval homogenizacije. Pri 451,5°C nastane kot rezultat peritektične reakcije intermetalna β-faza v obliki Al₃Mg₂ s 34,5% Mg². V literaturi³ se β-faza prikazuje kot spojina Al₈Mg₅, ker je taka najprimernejša stehiometrijska sestava te faze^{1,2,3}.

Positivni učinek homogenizacijskega žarjenja je odvisen od temperature in časa segrevanja ter hitrosti ohlajevanja. Z nepravilno določenimi parametri se lahko ustvarijo endogeni vključki¹, ali pa material na koncu predelave celo nima zahtevanih lastnosti.

4 Stiskanje AlMg5 v toplem stanju

Ta zlitina spada v skupino, ki ima majhno hitrost stiskanja. Nanjo vplivata homogenizacija in nastavljeni parametri stiskanja. Če so vse zahteve zadovoljene, se občutno poveča hitrost stiskanja, izboljša se kvaliteta površine stiskanca in zmanjša se delovni pritisk. Navadno je razlika med začetnim in delovnim pritiskom pribl. 30-50 bar, odvisno od % razmerja stiskanja:

$$\%RS = F_{st} \cdot 100 / F_{rec} \quad (1)$$

$$F_{st} = n F_{prof} \quad (2)$$

$$F_{rec} = D^2 \pi / 4 \quad (3)$$

RS - razmerje stiskanja (%)

F_{st} - enkratno iztisnjena površina

n - število žil (n=1,2,3,...)

F_{prof} - površina preseka ene žile

F_{rec} - površina preseka recipienta

D - premer recipienta

Za RS = 1,7% je bila hitrost stiskanja 2m/min.

5 Hladna predelava

V sklop hladne predelave spadajo vlečenje, luščenje, razmastitev, medfazno in končno žarjenje ter ravnanje.

Sprememba mehanskih lastnosti materiala med redukcijo z vlečenjem je prikazana na sliki 4. Opisuje jo enačba:

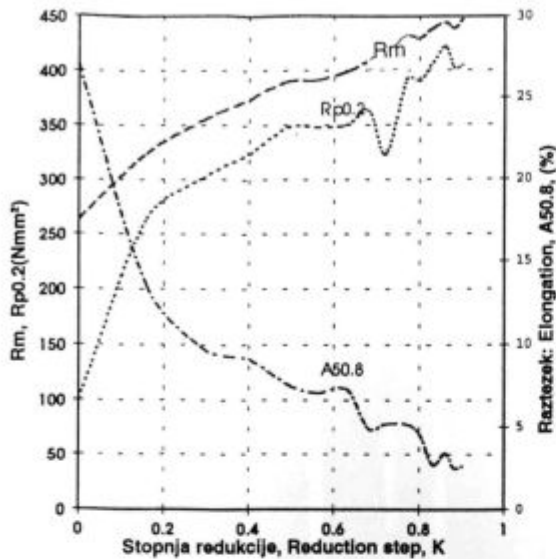
$$K = 1 - d_0^2 / d_n^2 \quad (4)$$

K - stopnja redukcije (%)

d₀ - začetni premer žice

d_n - premer žice po določeni redukciji

Očitno je plastičnost zlitine AlMg5 za hladno predelavo zelo velika in prenese veliko stopnjo redukcije, kar mnogo olajša planiranje proizvodnje.



Slika 4: Sprememba velikosti natezne trdnosti R_m , meje plastičnosti $R_{p0.2}$ in raztezka $A_{50.8}$ vlečene žice v odvisnosti od stopnje redukcije zlitine AlMg5

Figure 4: Variation of tensile strength R_m , yield strength $R_{p0.2}$ and elongation $A_{50.8}$ wire depending on reduction steps of alloy AlMg5

6 Lastnosti zlitine AlMg5

6.1 Mehanske lastnosti^{5,7}

V tabeli 2 so podane vrednosti mehanskih lastnosti, ki so predpisane v posameznih standardih.

6.2 Tehnološke lastnosti^{5,8,9,10}

Zlitina AlMg5 se lahko

- lije v pesek in kokile
- stiska v obliko palice, cevi in žice
- valja v toplem in hladnem stanju
- vleče
- izsekava
- trdo eloksira
- ter je
- odporna na korozijo v morski vodi
- primerna za nosilne konstrukcije, za varjenje, za predelavo na avtomatih in hladno utopno kovanje.

7 Analiza kakovosti žice AlMg5

Za to zlitino so bile izdelane številne kemijske, metalografske in mehanske analize, od litja do končne oblike. V tem delu bodo prikazani samo rezultati končnih preizkusov žice za kovice ϕ 5,25 mm, ki je bila izdelana po petih različnih postopkih.

Vrsta predelave: Končno predelane kakovosti
1 vlečene
2,3,4,5 odžarjene

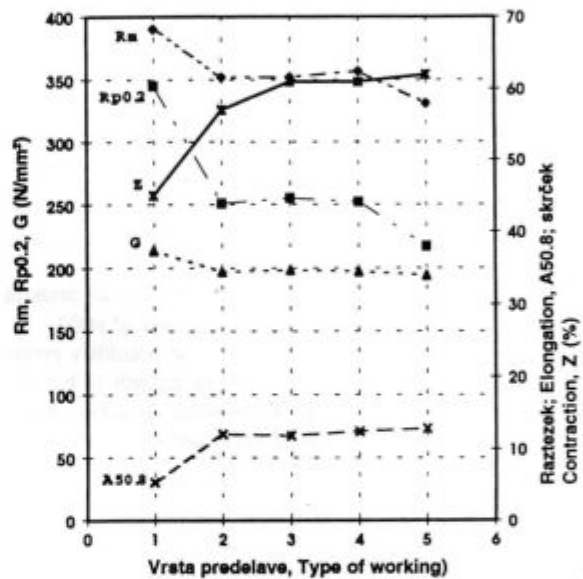
Na sliki 5 so prikazane minimalne vrednosti dobljenih mehanskih lastnosti za vseh pet vrst predelave.

Strižna trdnost G (N/mm^2) za dvorezne kovice je določena z⁹:

$$G = P/2F \quad (5)$$

P - strižna sila (N)

F - presek žice (mm^2)



Slika 5: Vpliv vrste predelave na natezno trdnost R_m , mejo plastičnosti $R_{p0.2}$ in strižno trdnostjo G v (N/mm^2), na raztezek $A_{50.8}$ in skrček Z v (%) zlitine AlMg5

Figure 5: The influence of the working on tensile strength R_m , on yield strength $R_{p0.2}$, on shearing strength G (N/mm^2), on the elongation $A_{50.8}$ and on contraction Z (%) of the alloy AlMg5

Tabela 2: Mehanske lastnosti zlitine AlMg5
Table 2: Mechanical properties of the alloy AlMg5

Predpis		Dimenzija		Natez. trdnost		Meja plastičnosti		Raztezek			Trdota
		Premer žice		R_m		$R_{p0.2}$		A_{10}	$A_{1=100}$	$A_{50.8}$	
Standard	Stanje	mm	in	N/mm^2	Ksi	N/mm^2	Ksi	min	min	min	2.5/62.5
DIN	W27	do 15		270		140		10	5		55
1790	F31	do 15		310		205		5	2		80
A.A.	O		vse		max 46					20	
tab. 10.1	H32		do 0.374		min 44						
tab. 10.3	O		do 1.0		max 46						
tab 10.3	H32		do 1.0		44-52						
Zahteva kupca	H32		do 0.374		44-52					20	

1 ksi = 1000 psi = 6.097 N/mm^2

1" = in = 25.4 mm

$$Z = (1 - d_{zlom}^2/d_o^2)100 \quad (6)$$

Z - skrček (%)

d_{zlom} - premer vzorca na mestu zloma pri določevanju R_m

d_o - začetni premer žice

Ugotavljanje plastičnosti materialov za preoblikovanje s hladnim kovanjem je izvedeno na inštrumentu za torzijski preizkus po predpisu BS-1473:1972⁶ s 6 obrati za 360° v eno smer in 6 obrati za 360° v drugo smer na vzorcih, dolgih 150 mm. Upoštevan pa ni samo rezultat enega ciklusa (6+6), ampak je poskus ponavljan do zloma vzorca. Izvršen je tudi preizkus po JUS C.A.4.016 na vzorcih, dolgih 100d, z obračanjem v eno smer do končnega zloma. Dobljeni rezultati, ki so prikazani v tabeli 3, so pokazali, da se lahko vseh pet kakovosti materiala obdeluje s hladnim kovanjem.

Tabela 3: Obdelovalnost zlitine AlMg5 za hladno kovanje izražena kot maksimalno število obratov

Table 3: Workability of the alloy AlMg5 by cold forging shown as maximum number of revolutions

Vrsta predelave	1	2	3	4	5
Testiranje predpisano s standardom BS 1473 (1972)	25	30	32	28	34
Št.obr.=n(6+6) za l=150 mm					
JUS C.A.4.016	25	56	49	51	60
Št.obr. v eno smer za l=100d(mm)					

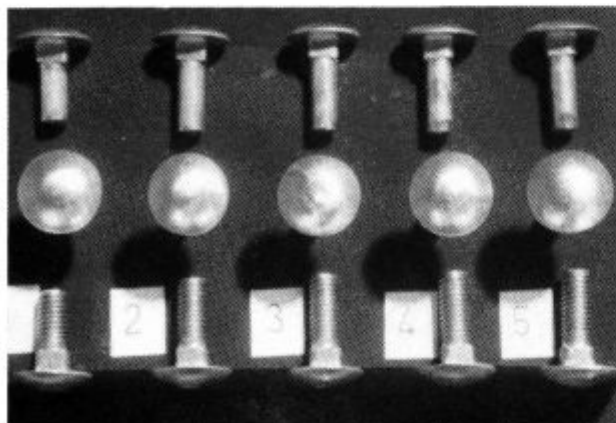
Tlačni preizkus 1,5d/3 je pokazal, da material prenaša predpisano tlačno deformacijo, ker noben vzorec ni počil.

Rezultati laboratorijskih preizkusov so se potrdili v proizvodnji pri izdelavi kovic tipa l<4,5d⁴, na katerih je bil tudi poskusno izvaljan navoj (slika 6). Kljub temu, da je bilo orodje ekcentrično in je material prenesel večjo deformacijo, nobena kovica ni počila.

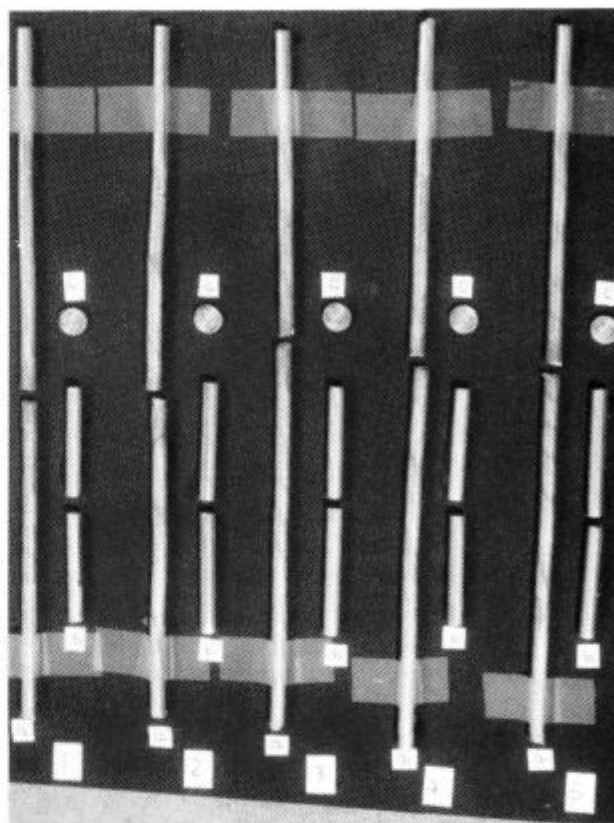
Vsi dobljeni rezultati so potrdili, da je razvit material primeren za obdelavo s hladnim kovanjem.

S preizkusom "navijanja okrog lastnega premera" smo poskušali ugotoviti, ali material to deformacijo prenaša in koliko je plastičen za druge vrste hladne obdelave, n.pr. izdelavo pletilk. Te deformacije ni prenesel samo vzorec z oznako 1, drugi štirje so se navili brez razpok.

Od materiala, namenjenega za predelavo v hladnem stanju, se zahteva tudi brezhibna površina, zato se pogosto v



Slika 6: Kovice, izdelane iz pet vrst žice ϕ 5,25 iz zlitine AlMg5
Figure 6: Rivets, manufactured from five quality grades of the wire from the alloy AlMg5 of diameter 5,25 mm



Slika 7: Vzorci po torzijskem (a), strižnem (b) in tlačnem (c) preizkusu žice ϕ 5,25 mm zlitine AlMg5

Figure 7: Specimens after torsion (a), shearing (b) and compression (c) of test wire diameter 5,25 mm alloy AlMg5

določenem dimenzijskem območju lušči. Uporabljeni vzorci niso bili luščeni.

8 Sklep

Pri razvoju tehnologije se je ugotovilo, da se s spremembo določenih tehnoloških parametrov dobi drugačna kakovost materiala in da je potrebno paralelno z mehanskimi določiti tudi tehnološke lastnosti zlitine, ki so odvisne od namena uporabe (6.2). Ta zlitina se lahko tehnološko za poseben namen uporabe predela tako, da ima v mehkem stanju $R_m > 300 \text{ N/mm}^2$.

Dobljeni rezultati so pokazali, da se plastičnost zlitine AlMg5, ki je namenjena za hladno kovanje, najbolj izraža s skrčkom Z.

Iz tabele 2 je očitno, da kupci, z namenom, da se čim bolj zavarujejo pred napakami, delajo nasprotno in spravljajo sebe in proizvajalca v težave. Kupec se je v tem primeru skliceval na A.A. standard. Napaka v tolmačenju tega standarda je povzročila neprimerno tehnologijo. Zato ni nikoli odveč, če se tehnologi ene in druge strani pri uvajanju novega izdelka večkrat pogovore in ovrednotijo dobljene rezultate.

9 Literatura

- ¹ H. Schumann, *Metallographie, 4., verbesserte Auflage; VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1962, 236, 525*
- ² M. Hansen, K. Anderko, *Constitution of Binary Alloys, Second Edition; McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London, 1958*

³ L. F. Mondolfo, Aluminum Alloys: Structure and Properties, Butter Worths, London-Boston, Sydney-Wellington-Durban-Toronto, 1976

⁴ M. Jež, L. Kosec, K. Kuzman, E. Marek, H. Muren, V. Prosenc, J. Puhar, D. Žvab, J. Žvokelj, Strojnotehnološki priručnik, TZS, Ljubljana, 1987

⁵ DIN-Taschenbuch 27; Nichteisenmetalle 2, Normen über Aluminium, Magnesium, Titan und deren Legierungen; 4. Auflage, Beuth Verlag GmbH BerlinKöln, 1983

⁶ BS 1473: 1972, Specification for Wrought Aluminium and Aluminium Alloys, for general engineering purposes, British Standards Institution, London 1972

⁷ Aluminum standards and data 1984, the Aluminum Association, USA

⁸ S. Wernick, R. Pinner, P. G. Sheasby, The Surface Treatment and Finishing of Aluminium and its Alloys, Fifth edition, Volume 2, ASM International, Metals Park, Ohio, U.S.A. 1987

⁹ Ključ za aluminijum, METALBIRO, Zagreb, 1963

¹⁰ W. Nufnegel, unter Mitarbeit zahlreich Fachkollegen, Aluminium-Taschenbuch. 3., datenaktualisierter Druck; Düsseldorf, 1988