

UNIVERZITET U ZENICI
MAŠINSKI FAKULTET U ZENICI
Katedra za metalne materijale
Predmet: MATERIJALI I

Školska 2007/08

SEMINARSKI RAD

Tema: Aluminij i njegove legure za livenje

Student:
Magdalena Perić

Mentor:
prof.dr.sc. Nađija Haračić

Decembar 2007

ALUMINIJ

UVOD

Tokom školovanja susrećemo se sa predmetom materijali, učimo njihova mehanička, fizička, hemijska svojstva. Obično gledamo na njihovu primjenu, ali takođe na njihovu ekonomičnost. Ovo poglavlje opisuje materijal s kojim veoma često dolazimo u kontakt, ovo poglavlje opisuje aluminij, njegove legure, njihova mehanička, fizička svojstva kao i korozionu sposobnost. Jednom riječju opisuje aluminij i njegove karakteristike.

Kada je šest funti aluminija smješteno na vrh Vašingtonskog spomenika do njegovog završetka 1884 godine, aluminij je bio tako rijedak da je bio smatran dragocjenim materijalom i novitetom. U manje od stotinu godina postaje najčešće korišteni materijal poslije željeza. Njegovu široku primjenu zahvaljujemo samom kvalitetu materijala i njegovih legura, kao i prednostima gledanih sa ekonomske strane. U samoj prirodi aluminij je pronađen sa drugim komponentama kao što su oksigen i silicij. Od 92 elementa koja se nalaze u zemlji, aluminij je treći, njega ima oko 8% dok oksigena ima oko 42%, a silicija oko 28%. Izdvojiti čisti aluminij bilo je veoma teško, čak što više tada je bilo nepojmljivo sve do 1807 godine. Te davne 1807. godine na ovom polju okusao se jedan englez sir Humphry Davy. On je ujedno i materijalu dao ime po alumineu. Njegov pokušaj da se izdvoji čisti aluminij je propao. Godine 1825. Hans Oersted iz Njemačke konačno proizvodi malu dozu aluminijuma, zagrijavajući patasijum-amangan sa aluminij-kloridom. Napoleon III iz Francuske je bio intrigiran mogućim vojnim aplikacijama metala i time je podstakao daljnja istraživanja.

ALUMINIJ I NJEGOVE LEGURE

Aluminij

Aluminij je poslije željeza drugi po redu metal koji se koristi u savremenoj mašinskoj tehnici.

Upotrebljava se kao čist metal u elektrotehnici, metalnoj-prerađivačkoj, predhrambenoj i hemijskoj industriji, ali mu je mnogo značajnija primjena u vidu različitih više komponentnih legura koje se široko upotrebljavaju u mašinskoj idustriji.

Osobine aluminija

Aluminij je elemenat koji pripada trećoj grupi periodnog sistema sa atomskim brojem 13 i atomskom masom od 27.

Gustina čistog aluminijuma iznosi $2,7 \text{ g/cm}^3$, što znači da je za istu veličinu zapremine aluminij skoro tri puta lakši od željeza.

Kristališe se po površinski centriranoj kubnoj rešetci. Aluminij se odlikuje velikoj elektro provodljivosti, koja 57% el. provodljivosti koristi bakar (Cu) koji se u tehnici koristi kao etalon. Temperatura topljenja čistog aluminijuma je 660 C .

Mehanička svojstva aluminijuma su veoma niska; R_m u zavisnosti od prerade se kreće od 90-180 Mpa, a tvrdoća od 20-40 HB, a plastičnost je veoma visoka što omogućava valjanje aluminijuma do veoma malih debljina (folije- nalaze svoju primjenu u predhrambenoj industriji). Veoma se teško obrađuje rezanjem, ima dobru otpornost prema koroziji, a u atmosferskim uslovima tokom vremena obrazuje se na površini zaštitna prevlaka oksida aluminija (Al_2O_3).

Dobijanje aluminija

Aluminij se u prirodi ne sreće u samostalnom obliku, već u obliku različitih minerala kojih ima veoma mnogo. Iako ih prema podacima ima oko 250, ne koriste se svi kao rude za dobijanje aluminijuma. Osnovna ruda iz koje se procesom prerade dobija aluminij je boksit u kojem je aluminij vezan u obliku hidroksida, mada se koriste i druge rude kao što su apatit, alunite i kijanite. Uprošćena šema dobijanja aluminija iz boksita sastoji se iz sljedećih glavnih operacija;

- mljevenje i pečenje boksita,
- rastvaranje u natrijum hidroksidu u autoklavima pri čemu se dobija lužina natrijum aluminijata,
- dobijanje bistre lužine i oslobađanje od jalovine,
- dobijanje i topljenje hemijski skoro čiste glinice (Al_2O_3) sa kriolitom,
- elektrolize rastopa sa izdvajanjem metalnog aluminijuma u tečnom stanju.

Tečni aluminij se zatim pretapa u grafitne lonce i lije.

Ovako dobijeni aluminij se naziva topionički ili tehnički aluminij čistoće 99%-99,8%. Aluminij visoke čistoće 99,99% se dobija elektrolitičkom rafinacijom, a koristi se za zaštitu i izradu dijelova koji su izloženi koroziji.

Uticaj pratećih elemenata

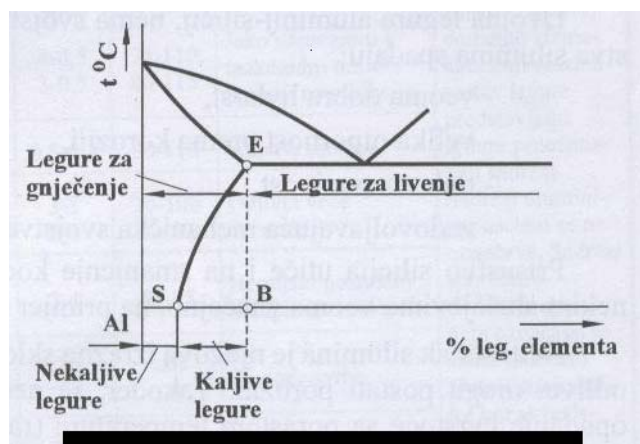
Osobine tehnički čistog aluminija, a posebno fizička svojstva zavise od njegove čistoće. Najčešće primjese prisutne u tehnički čistom aluminijumu su Ti, V, Cr i Mn čij ukupni sadržaj ne smije da bude veći od 0,03%, a osim njih prisutni su u tragovima Si, Fe, Ca, Co, Cu i Zn.

LEGURE ALUMINIJA

Najvažniji legirajući elementi koji značajno povećavaju osobine čistog aluminijuma su: Cu, Mg, Mn, Si, Zn i Li.

Legure aluminijuma se dijele na legure za gnječenje (deformabilne) i legure za livenje.

Legure za gnječenje se dalje dijele na one koje se termički ne obrađuju i one koje se termički obrađuju.



Slika 1. opća šema dijagrama stanja legura

Označavanje legura aluminija

Prema bivšem jugoslovenskom standardu legure aluminija se označavaju slovnim i broječanim simbolima u osnovnoj oznaci i broječanim simbolima koji slijede osnovnu oznaku i od nje su odvojeni tačkom. Prva slovena oznaka u osnovnoj oznaci pripada hemiskom simbolu Al, kao osnovnom metalu, poslije koje se u nizu nalaze hemiski simboli legirajućih elemenata po uticajnosti, i brojčane oznake koje pokazuju njihov procentualni sadržaj. Brojčani simboli koji se nalaze iza osnovne oznake su dvocifreni i označavaju stanje legura Al.

Tabela 1: Oznake stanja legura Al

20–23	30–39	40	42–48	60–89	90–98
proizv odno stanje	stanje meko, meko žareno i rekrist alizova no	proizv odno stanje	stanje hladne plastič ne deform acije	termič ki obrađe no stanje	druga stanja

Naprimjer AlMg₂Mn 1.60 označava leguru aluminijuma sa 2%Mg i 1%Mn, a dodatna oznaka 60 pokazuje da je legura u termički obrađenom stanju.

Klasifikacija legura Al prema glavnim legirajućim elementima

Al-Mn legure za gnječenje; sadrže do 28% Mn

Al-Mg legure za gnječenje i livenje; sadrže do 7% Mg

Al-Si legure za livenje; sadrže do 21 % Si

Al-Si-Mg kaljive legure za gnječenje i livenje; sadrže do 5 % Si i 2,5%Mg

Al-Cu kaljive legure za gnječenje i livenje; sadrže do 12 % Cu

Al-Cu-Mg kaljive legure za livenje; sadrže do 8 % Cu i do 10 % Mg

Al-Zn-Mg kaljive legure za gnječenje i livenje; sadrže do 8 % Zn i do 4 % Mn .

LEGURE ZA LIVENJE

Oznaka	Napon tečenja daN/mm ²	Zatezna čvrstoća daN/mm ²	Proc. Izduž. %	Tvrdoća HB	Smjernice za primjenu	Objašnjenje oznaka
P.Al Si 12 K.Al Si 12 T.Al Si 12	7-9 9-11 9-12	14-20 15-20 18-26	8-3 9-4 4-1	60-80 70-90 60-90	Za srednje opterećene tanke zidne odlivke za opće svrhe: hemijska otpornost dobra.	<p>P-legura za pješčani liv, K-legura za kokilni liv, T-legura za tlačni liv, Brojčane oznake iza hemijskih znakova glavnih dodatnih elemenata koji ulaze u sastav legure predstavljaju njihov procentualni sadržaj. Sadržaj aluminijske posebno se ne označava. Sadržaj sporednih dodatnih elemenata označava se samo izuzetno</p> <p>Ostale mehaničke karakteristike $\rho=2,6-3 \text{ kg/dm}^3$ $E=(0,765-0,85) \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$ $\mu=0,3$ $G=0,27 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$ $\alpha=23 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ Skuplj. pri hlad. ~ 1-1,7 %</p>
P.Al Si 12 Cu K.Al Si 12 Cu	8-10 9-12	15-22 16-26	4-1 4-1	50-65 55-75	Najviše napregnuti odlivci i tankozidni odlivci nepropusni za tečnost.	
P.Al Si 12 Mg K.Al Si 12 Mg	18-25 20-26	24-30 25-30	8-2 8-2	75-90 75-95	Za motore i vozila; legura otporna na udarna opterećenja.	
P.Al Si 10 MgCu K.Al Si 10 MgCu	17-26 18-25	20-26 22-28	4-0,5 3-0,5	75-110 80-115	Jako napregnuti i tankozidni odlivci otporni na vibracije.	
K.Al Si 12 Ni 20 Mg	18-20	18-22	0,5-0,3	80-110	Klipovi motora.	
K.Al Si 8 Cu 3 T.Al Si 8 Cu 3	12-18 12-18	18-24 18-26	3-1 3-1	70-100 80-90	Odlivci veće čvrstoće.	
T.Al Si 8	12-16	17-24	3-1	55-85	Hemijski postojani komplikov. odlivci.	
P.Al Si 5 Cu 3 K.Al Si 5 Cu 3	- -	13-18 17-22	-1,5 2-1	-80 90	Za opće svrhe.	
T.Al Mg 8 K.Al Mg 7 P.Al Mg 4	12-14 11-14 7-9	16-24 24-28 15-17	3-1 10-7 8-5	60-80 65-75 45-55	Za dijelove izložene koroziji.	
P.Al Cu 10Mg K.Al Cu 10 Mg	14-15 14-16	17-20 18-20	-1 -1	85-95 85-100	Klipovi motora.	
P.Al Cu 5 Mg Ti	-	30-35	2-1	100-120	Za odlivke velike čvrstoće.	
P.Al Cu 4 Mg 1 Ni 2 K.Al Cu 4 Mg 1 Ni 2	15-18 16-30	18-25 19-39	-1 -1	80-100 80-115	Za dijelove izložene povišenim temperat.	
P.Al Zn 5 Mg 1 Cr K.Al Zn 5 Mn 1 Cr	13-16 14-17	18-22 22-21	6-3 8-4	60-70 70-80	Samozakaljive legure dobre hem. otpornosti.	

Tabela 2 aluminija za livenje prema JUS C.C2.300

	JUS	DIN	GOST
Aluminijske legure za livenje	P.Al Si 12 K.Al Si 12 T.Al Si 12	G.Al Si (Silumin)	
	P.Al Si 12 Cu K.Al Si 12 Cu	G.Al Si(Cu)	
	P.Al Si 12 Mg K.Al Si 12 Mg	G.Al Si Mg	(Al4)
	P.Al Si 10 Mg Cu K.Al Si 10 Mg Cu	G.Al Si Mg (Cu)	Al4
	K.Al Si 12 Ni 2 Cu Mg	-	(Al2)
	K.Al Si 8 Cu 3 T.Al Si 8 Cu 3	-	(Al6)
	T.Al Si 8	-	
	P.Al Si 5 Cu 3 K.Al Si 5 Cu 3	-	Al6
	T.Al Mg 8	-	
	K.Al Mg 7 P.Al Mg 4	-	
	P.Al Cu 10 Mg K.Al Cu 10 Mg	-	
	P.Al Cu 5 Mg Ti	-	
	P.Al Cu 4 Mg 1 Ni 2 K.Al Cu 4 Mg 1 Ni 2	-	Al11
	P.Al Zn 5 Mn 1 Cr K.Al Zn 5 Mg 1 Cr	-	

Tabela 3 aluminija za livenje prema JUS C.C2.300

Ove legure sadrže veće količine legirajućih elemenata koji grade lakotopljive eutektikume, što im daje dobra svojstva livkosti. Međutim ove legure imaju slabije mehaničke osobine legura za gnječenje (manju čvrstoću, plastičnost i žilavost). Kod jedne određene legure čvrstoća opada sa povećanjem debljine zidova odlivka. Legure aluminija za livenje mogu se podjeliti u tri glavne grupe;

- legure sistema aluminij silicij (silumini),***
- legure sistema aluminij-bakar (AlCu),***
- legure sistema aluminij-mangana (AlMg)***

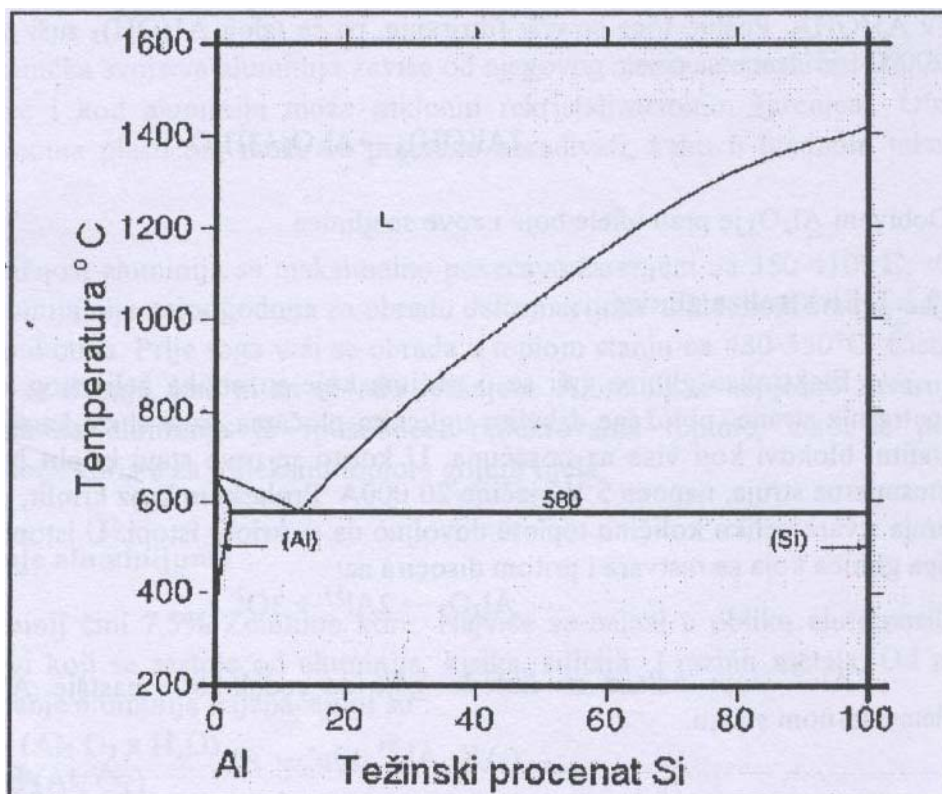
Aluminij-silicij (silumini)

Ovo je najpoznatija legura aluminija za livenje. Sadržaj silicija kao glavog legirajućeg elementa, gdje od 6-13% i oko 0,2-0,5%

magnezija. Silumini nemaju veliku čvrstoću jer se u njima poslije livenja obrazuje relativno gruba lamelasta struktura sa uključcima silicijuma.

Temperatura °C	% Si
577	1,65
500	0,8
400	0,3
300	0,1
250	0,05

Tabela 4 rastvorivosti Al u Si



Dijagram 1 stanja aluminij-silicij Al-Si

Na slici prikazan je diagram stanja Al-Si. Porast tvdoće i čistoće koji se postiže termičkim taloženjem je vrlo mali tako da nije našao praktičnu primjenu. Ove legure se odlikuju izvanrednim livačkim osobinama, one ne propustaju tečnosti niti gasove. Dobro se autogeno zavaruju i imaju zadovoljavajuća mehanička svojstva. Ova legura ima poboljšanu otpornost prema koroziji od čistog aluminija jer se stvara zaštitni sloj $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Prisustvo silicija utiče i na smanjenje koeficijenta toplotnog širenja što je u nekim slučajevima veoma značajno npr. za izradu klipova motora. Nedostatak silumina je njegova izrazita sklonost ka upijanju plinova, uslijed čega odlivci mogu postati porozni. Također se nedostatkom može smatrati primjetno opadanje čvrstoće sa porastom temperature, preporučuje se da radna temperature ne smije da prelazi 300 C.

Aluminij-bakar Al-Cu

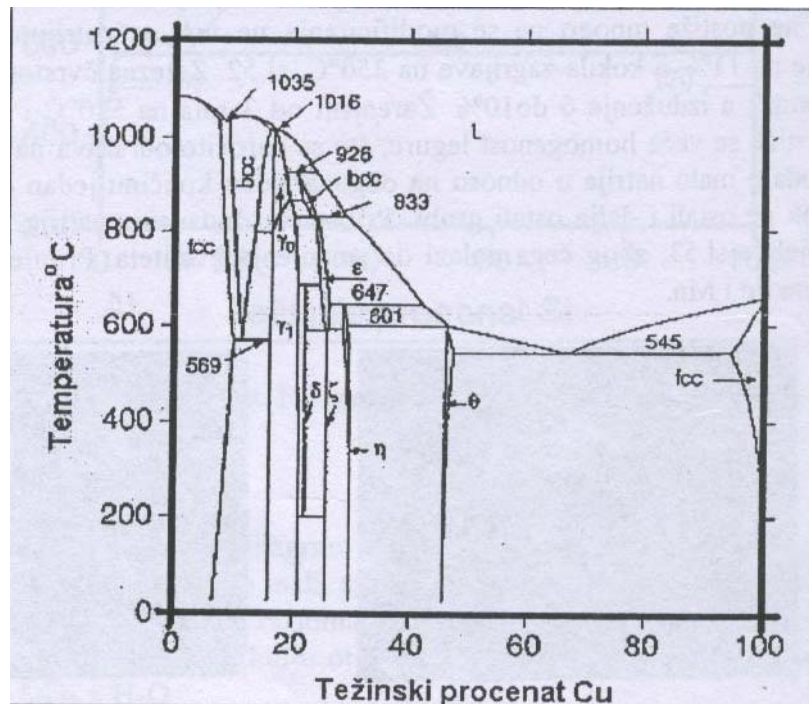
Aluminij gradi sa intermetalnim jedinjenjem Al_2Cu eutektički system. Eutektička koncentracija iznosi 33% Cu, a temperature 548 C. Rastvorivost bakra u aluminiju data je u sljedećoj tabeli;

Temperatura °C	%Cu
548	5,7
500	4,4
400	1,6
300	0,6
200	0,2

Tabela 5 rastvorivost bakra u aluminiju Cu u Al

U strukturi livene legure aluminija sa 5% Cu javljaju se nehomogeni dendritni kristali čvrstog rastvora eutektikuma. U pod eutektičkim

legurama sa 5,7-33%Cu primarni dendrite nalaze se u eutektikumu. Pri vecima sadrzajima Cu izdvajaju se primarni I tvrdi Al_2Cu kristali. Dodatkom od 1% Cu, zatezna čvrstoca se povecavana 210 N/mm². Legure sa vecim sarzajem bakra se mogu poslije kaljenja na 550 C ojacavati termickim talozenjem.



dijagram 2 stanja aluminij bakar Al-Cu

Ove legure poslije silumina imaju najveću livkost, ali su slabo otporne na koroziju. Dodavanjem manjih količina i drugih legirajućih elemenata, kao što su magnezij, mangan, cink, nikl, titan mogu se znatno poboljšati mehanička svojstva.

Aluminij-Magnezij Al-Mg

Ove legure najčešće sadrže 9.5 do 11.5 % Mg i odlikuju se dobrim mehaničkim svojstvima kao i dobrom otpornošću prema

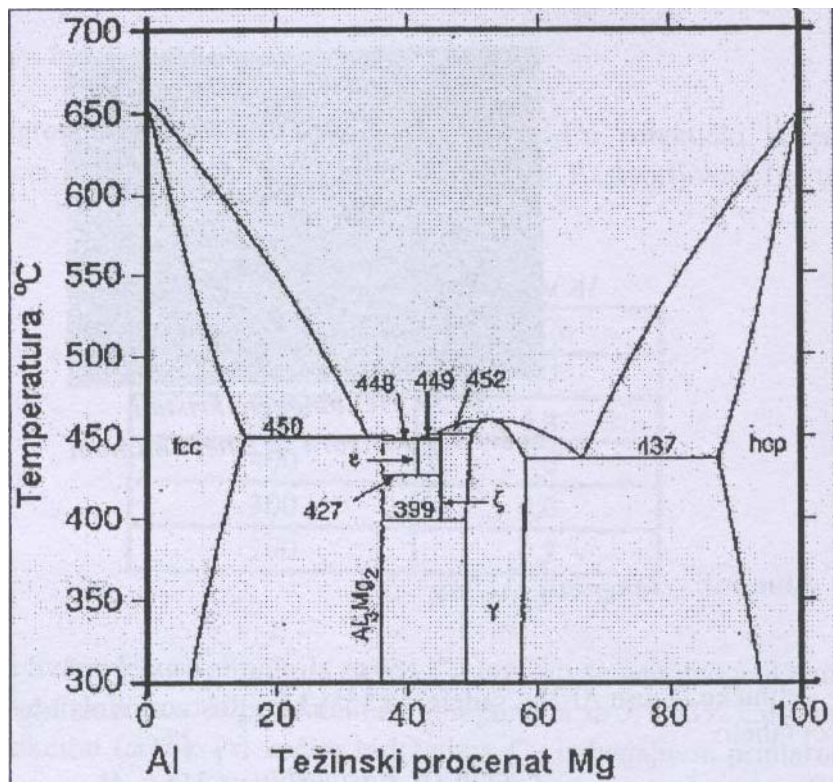
koroziji, a naročito prema morskoj vodi i slabim alkalnim rastvorima. Sa povećanjem sadržaja magnezija a naročito preko 10% opadaju njegove plasticnosti i zavarljivost.

Ove legure se primjenjuju za srednje opterećenje djelove u općem mašinstvu, hemijskoj, predrambenoj industriji, arhitekturi itd. Legure ovog sistema legiranja koriste se kao i za livenje tako i za gnječenje. Praktično su pogodne za termičko taloženje, ali posjeduju visoku čvrstoću i tvrdoću koja ne opada njegovim zagrijavanjem.

Legure aluminij-mangana u pijesku imaju granicu tečenja 100 N/mm², zateznu čvrstoću 180 N/mm² i izduženje 20%

Temperatura °C	% Mg
451	15,35
400	11,5
300	6,5
200	3,5
100	2,95

Tabela 5 rastvorljivost magnezijuma u aluminiju Mg u Al



Dijagram 3 stanja aluminij-magnezijum Al-Mg

Pri neodgovarajućoj termičkoj obradi legure Al-Mg postoji opasnost od naponske korozije. Da bi se spriječila interkristalna korozija, legura se mora termički obraditi posebnim postupkom. Ovaj postupak se sastoji od toga da se ova legura žari na 530 C i tada kafi u vodi. Na taj način se najveći dio taloga pretvori u rastvor i nastaju presićeni kristali čvrstog rastvora. Zatim se kaljena legura odgrijava na 80 C. Jedan dio u Mg u višku se izdvaja kao Al₃Mg₂ u obliku diskontinualne mreže na granicama zrna. Legura Al-Mg u kojoj je Al₃Mg₂ izvodjena na ovaj način postojana je prema koroziji jer se između pojedinih Al₃Mg₂ ponovo nalazi hemiski vrlo postojana faza Čvrstog rastvora, tako da se napad korozije prekida. Ako je temperature odgrijavanja u kojem slučaju veća od 80 C, otpornost prema koroziji je umanjena.

ZAKLJUČAK

U mašinstvu aluminij kao i njegove legure ima veoma veliku primjenu. Ovo je material koji je načinio revoluciju u metalurgiji, ali i u drugim oblastima. Danas je nemoguće zamisliti zrakoplovnu industriju, zamisliti automobilsku industriju, avio industriju bez aluminija. Ovo je material koji je napravio revoluciju u ove dvije oblasti.

Nedavno sprovedena studija dokazala je da upotreba aluminijuma u konstrukciji automobila u Evropi pokazuje stabilan rast, a isti je posebno izražen u posljednje dvije decenije.

Tokom 1990. godine automobili su u prosjeku imali oko 50 kg ovog lakog metala. Do 2005. godine ova brojka je narasla na 132 kg, a očekuje se dodatni rast od 25 kg do 2010. godine. Aluminijum je dosta lakši od konvencionalnog čelika, a omogućava smanjenje težine vozila i poboljšanje njegove ekonočnosti. Jedini problem jeste cijena ovog metala. Studiju je sproveo *Knibb, Gomerzano & Partners* sa *Evropskom asocijacijom za aluminijum*, a studija je bazirana na 15 miliona automobila proizvedenih u Evropi tokom 2006. godine.

Aluminijum se može koristiti za proizvodnju brojnih komponenti automobila, uključujući dijelove motora, karoserije, pa čak i enterijera. Automobili poput Jaguara XJ intenzivno koriste aluminijum za konstrukciju karoserije, omogućavajući smanjenje težine u odnosu na automobile sličnih dimenzija. Sa snižavanjem troškova proizvodnje aluminijuma sigurno je da će njegova primjena u konstrukciji automobila biti sve češća.

Takođe svoju primjenu je našao i u predrambenoj industriji, ali ne samo da je našao nego još uvijek pronalazi.

Korištena literatura:

INŽINJERSKI METALNI I NEMETALNI MATERIJALI

Dr.Nadija Haračić

Izdavač;Mašinski fakultet u Zenici.2005 godina

MATERIJALI U MAŠINSTVU

Dr.Ahmet Hadžipašić

Izdavač,Dom štampe Zenica .2000 godina

KATALOG BOSANSKOHERCEGOVAČKIH STANDARDA 2002

Institut za standarde,mjeriteljstvo i intelektualno vlasništvo BiH

Štampao;MULTIPRINT Sarajevo 2001godina

INTERNET – dostupne stranice