



**UNIVERZITET U ZENICI
MAŠINSKI FAKULTET**

**Školska godina
2007/08**



Katedra za: **Metalne materijale**
Predmet: **Materijali**

SEMINARSKI RAD IZ MATERIJALA

Tema: Aluminijum i njegove legure za gnječenje

Student: **Sivro Muhamed**

Profesorica: **v.prof.dr.sc.Nađija Haračić**

UVOD

Ovaj seminarski rad obuhvata materiju o aluminijumu i njegovim legurama za gnječenje, gdje ću ih pobliže opisati i navesti neke od tih legura.

Aluminijum je metal koji je poslije kisika najrasprostranjeniji element u zemljinoj kori , gdje ga ima oko 8 %. Prvi put se pojavljuje 1855g na svjetskoj izložbi u Parizu.Danas je jedino čelik koristi više od aluminijuma.

Aluminijum pripada grupi lakih metala.Dobija se iz rude boksita (sadrzi oko 50 % Al) koja se prerađuje u glinicu Al_2O_3 ,iz koje se izdvaja elektrolizom pri čemu se troši puno električne energije 16kWh/kg Al.

Boksit se sastoji od mješavine hidroksida aluminijuma(Al_2O_3 , H_2O ili $3H_2O$) sa primjesama silicijum dioksida, zeljeznog oksida , titan oksida itd. U tehničkoj praksi obično se razlikuju crveni boksit sa malo silicijum dioksida i bjeli boksit sa mnogo silicijum dioksida. Tehnička vrijednost boksita je time veća što sadrži manje silicijum i titan oksida.

Za dobijanje 1t aluminijuma potrebno je 2t glinice odnosno 5t boksita, pri potrošnji struje 15 000-20 000 kWh, sto jako poskupljuje process dobijanja aluminijuma. Aluminijum se najviše upotrebljava za proizvodnju legura a malo u čistom satnju za vodove visokih napona.

1. ALUMINIJUM

Neke od osobina aluminijuma:

- Lahki metal, gustoće $\rho=2,7\text{kg / cm}^3$, Oko 2, 9 puta je lakši od čelika.
- Srebrnasto bjele boje.
- Odlikuje se dovoljnom hemijskom stabilnošću.
- Ima dobra mehanička svojstva, pri niskim temperaturama.
- Ima dobru plastičnost, dobro se kuje i valja u hladnom stanju.
- Ima visoku elektro i toplotnu provodljivost.
- Pod dejstvom vazduha odnosno kiseonika u vazduhu aluminijum obrazuje tanak sloj oksida po površini koji ga štiti od korozije (Al_2O_3).
- Nije magnetican.
- Otporan je na dejstvo kiselina osim solne ali je slabo otporan na dejstvo baza. U morskoj vodi aluminijum se vrlo brzo razara.
- Topi se na temperaturi od 658°C .
- Modul elastičnosti $71\ 900\ \text{Mpa}$.
- Prekidna čvrstoća maksimalno do $700\ \text{Mpa}$, uz dobru istezljivost.
- Dobro se obrađuje raznim načinima.
- Za poboljšanje mehaničkih osobina legira se sa Cu, Mg, Mn, Zn.

1.2. Legure aluminijuma

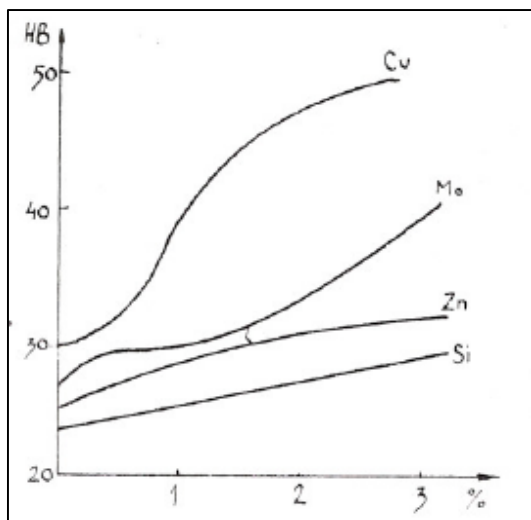
Aluminijum vrlo je podesan za plastično oblikovanje (jer ima dobru istezljivost), ali ima slaba mehanička svojstva. Mehanička svojstva se mogu značajno povećati legirajućim elementima tvoreći tako legure aluminijuma.

Legure aluminijuma obuhvataju vrste sa najmanje 87% aluminijuma i dodatkom lakih i teških metala. Odlikuju se malom masom, znatnom čvrstoćom i tvrdoćom, a pojedine vrste znatnom otpornošću prema koroziji.

Osnovni legirajući elementi su bakar (4,4%), magnezij (1,5%), mangan (0,6%) kod legure duraluminijuma, silicij (4-22%) kod legure silumina, a dodaju se aluminijumu zbog smanjenja atmosferske korozije.

Za legiranje aluminijuma se najčešće koriste:

- **bakar (Cu)**, Dodatkom bakra aluminijumu se naglo povećava zatezna čvrstoća, a smanjuje električna provodljivost
- **magnezijum (Mg)**,
- **mangan (Mn)**, Mangan i magnezijum djeluju povoljno na povećanje zatezne čvrstoće, mada ne tako kao bakar, i znatno povećavaju korozivnu otpornost aluminijumovih legura
- **cink (Zn)** i
- **silicijum (Si)**. Silicijum mu znatno povećava istezljivost i livkost



Slika1.

Na (slici1.) prikazan je uticaj legirajućih elemenata na tvrdoću aluminijevih legura.

1.2.1. Nelegirani aluminij

se razlikuje po čistoći, tj. po učešću pojedinih "nečistoća" Fe, Si u aluminiju. Posjeduje izvanrednu otpornost prema atmosferilijama, odličnu toplinsku i električnu vodljivost i izvanrednu plastičnost (sposobnost oblikovanja). Čvrstoća je mala. Primjena mu je vrlo raširena (elektroindustrija, hemijska industrija, petrokemija, dekorativna upotreba, građevinarstvo). Zavarljivost je odlična.

1.2.2. Legure sa manganom

Mangan je osnovni element u ovoj familiji Al-legura. Ova legura ima izvrsnu plastičnost, otporna je na atmosferilije, dobro je zavarljiva. Upotrebljava se za duboka vučenja, za izmjenjivače topline i sl. Često upotrebljiva legura iz ove familije je Al Mg Mn iz koje se proizvode konzerve za piće (tzv. can stock) kao i za cijevi proizvedene iz trake zavarivanjem.

1.2.3. Legure sa magnezijem

Kod ovih legura osnovni legirajući element je magnezij, obično do 5 %, a ponekad se dodaje mangan i krom. Ove legure posjeduju osrednja mehanička svojstva, dobro se zavaruju i imaju znatno poboljšana mehanička svojstva pri niskim temperaturama. S većim sadržajem magnezija odlično se ponašaju u morskoj atmosferi. Oblikovljivost je dobra ali opada s porastom sadržaja magnezija. Primjena im je vrlo raznovrsna: građevinarstvo, brodogradnja, uređaji za desalinizaciju morske vode, posude, različite cisterne za transport. Zavarljivost je dobra.

1.2.4. Al-legure sa strukturnim očvršćavanjem ("kaljive legure")

Ova grupa Al-legura sadrži bakar (Cu), silicij (Si), magnezij (Mg), litij (Li), cink (Zn) i skandij (Sc). Ima mogućnost strukturnog očvršćavanja. To očvršćavanje se postiže određenim toplinskim postupkom.

Prvu etapu toplinskog postupka predstavlja rastopno žarenje (solution treatment) koje ima za cilj da na povišenim temperaturama (450- 550 oC) rastopi barem jedan od legirajućih elemenata u čvrstoj otopini aluminija.

Slijedeću fazu toplinskog procesa predstavlja naglo hlađenje nazvano gašenje (Quenching) najčešće uranjanjem u hladnu vodu. Gašenjem se omogućava zadržavanje na temperaturi okoline one strukture koju metal ima u zagrijanom stanju u kojem su legirajući elementi "zarobljeni" u prezasićenoj čvrstoj otopini precipitata (izlučevina). Naglo hlađen metal je u nestabilnom stanju i teži stabilnijem stanju pri sobnim temperaturama. Metal postepeno dozrijeva. Ova pojava popraćena sa značajnim povećanjem čvrstoće nazvana je strukturno očvršćavanje.

Treća faza toplinskog procesa može se odvijati pri normalnim – sobnim temperaturama i tada se radi o prirodnom dozrijevanju (natural ageing) metala, a može se odvijati i pri nešto povišenim temperaturama i tada je riječ o umjetnom dozrijevanju (artificial ageing).

Ovu grupu predstavljaju tri vrste legura: legure s bakrom, legure sa silicijem i magnezijem.

1.2.5. Legure s bakrom

Bakar je glavni legirajući element u ovoj porodici čije mehaničke vrijednosti dostižu one kod mekih čelika inače, je poznata po popularnom i tradicionalnom nazivu - durali.

Upotrebljava se najčešće za radne-nosive dijelove. Nema dobra antikorozivna svojstva i u pravilu se loše zavaruju. Ova legura često se oblaže (plakira, plakira) sa čistim aluminijem radi antikorozivne zaštite. Masovno se upotrebljava u avioindustriji, naoružanju i mehaničkim dijelovima (zakovice, vijci).

1.2.6 Legure sa silicijem i magnezijem

Legirajući elementi u ovoj porodici su silicij (Si) i magnezij (Mg) koji tvore spoj Mg_2Si . Posjeduju osrednje mehaničke vrijednosti. Izvanredno dobro se oblikuju. Dobro se zavaruju i posjeduju dobra antikorozivna svojstva. Legure se mogu podijeliti na dva dijela:

a) bogatije na sadržaju silicija i magnezija uz dodatak mangana, kroma, cirkonija. Imaju bolja mehanička svojstva. Upotrebljavaju se u nosivim elementima.

b) siromašnije u sadržaju silicija i magnezija, što im omogućuje velike brzine prešanja i odličnu oblikovljivost uz nešto lošija mehanička svojstva. Ova porodica ima široku primjenu kao na primjer za dekoracije, prozore, vrata, fasade, zavarene dijelove, cijevi, transportnu opremu, karoserije, zavagone vlakova i za metro jarbole i sl.

1.2.7. Legure sa cinkom i magnezijem

Cink zajedno s magnezijem glavni je legirajući element ove porodice čiji predstavnici kad im je još dodan bakar posjeduju najveću čvrstoću od svih Al-legura. Konstruktori je njihov popularni naziv. Legure se dijele na dvije grupe ovisno od toga da li sadrže ili ne sadrže bakar:

a) legure sa bakrom posjeduju najveću čvrstoću. Zavarivati se mogu jedino u specijalnim uvjetima. Loša su im antikorozivna svojstva. Najčešće se upotrebljavaju u avio i svemirskoj tehnici, naoružanju.

b) legure bez bakra posjeduju nešto lošija mehanička svojstva od prethodne grupe. U pravilu su otpornija na koroziju od legura s bakrom. Upotreba u naoružanju, za nosive elemente (npr, potporanj u rudnicima) i sl.

2. ALUMINIJEVE LEGURE ZA GNIJEČENJE

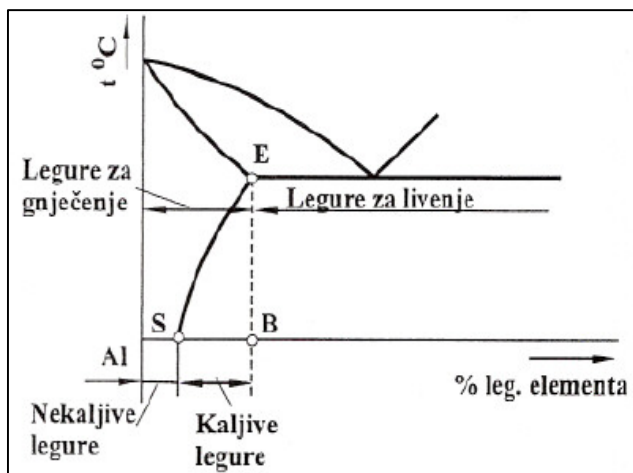
Legure za gnječenje su dvo ili više komponentne legure aluminijuma, dobivene pretapanjem aluminijuma sa odgovarajućim elementima koji će obezbjediti sposobnost materijala da se dobro plastično obrađuje.

Legure namjenjene plastičnoj obradi na toplo ili hladno su najčešće više komponentne legure a legirajući elementi su mangan , magnezijum, bakar, silicij i cink i drugi elementi u zavisnosti od potrebe.

Prema tehnološkoj namjeni legure možemo podjeliti na:

- Legure za obradu deformacijom (gnječenjem)
- Legure za livenje

Odnosi između legura za livenje i legura za gnječenje je dat na **(slici 2.)**



Slika. 2.

Ovdje će biti tema o legurama za obradu deformacijom (legure za gnječenje). Možemo ih podjeliti u dva osnovna tipa:

- Legure ojačane termičkom obradom (kaljive)
- Legure koje se termički ne obrađuju (nekaljive)

2.1. Legure ojačane termičkom obradom

2.1.1 Duraluminijum (dural)

Njemački naučnik Alfred Vilm je pripremio leguru sa

- 95,5% Al ,
- 4% Cu,
- 0,5%Mg , pa je tu leguru zakalio.

Poslije kaljenja više puta je izmjerio tvrdoću legure i dobio različite rezultate, pa je posumnjao u ispravnost aparature, ali kasnija istraživanja su pokazala da se čvrstoća i tvrdoća legure u toku vremena povećava. Tako je otkriven fenomen "starenja" i mada Alfred Vilm nije teoretski objasnio ovu pojavu, on je eksperimentalnim putem odabrao optimalni sastav legure i režim termičke obrade i svoj patent prodao pod nazivom duraluminijum.

Postupak dobijanja legure duraluminijuma

- Zona minimalne otpornosti dobija se zagrijavanjem na temperaturu od 350^o C, što predstavlja praktični interes za tehnološku obradu, jer tada materijal postaje pogodan za obradu za plastičnom deformacijom.
- Poslije završetka obrade sa ovako omekšalim materijalom gotovi dijelovi se podvrgavaju kaljenju.
- Čvrstoća i tvrdoća durala se ne povećava odmah poslije kaljenja, kao što je slučaj kod čelika, već postepeno sa vremenom od nekoliko dana.
- Kaljenje se izvodi na taj način što se legura potapa u kadu sa zagrijanim rastvorom soli natrijuma i kalijuma na temperaturi oko 500^o C, pa se zatim brzo hladi u vodi.
- Hlađenje pri kaljenju se vrši u vodi na sobnoj temperaturi, a zatim se predmet pere u toploj vodi radi uklanjanja soli koje su jako korozivne, potom se odlaže u skladište gdje na vazduhu odpočinje proces "prirodnog starenja".
- Proces starenja se može ubrzati ukoliko se predmet poslije zagrijavanja hladi u vodi, a zatim suši u struji toplog vazduha-vjestackog starenje. Ukoliko se odmah poslije kaljenja dijelovi čuvaju na niskim temperaturama, proces starenja se naglo produžava ili se čak uopšte i ne pojavljuje, što se koristi za čuvanje legura namjenjenih plastičnoj obradi.

Do danas je razvijeno više legura koje se donekle razlikuju po sastavu, načinu termičke obrade i oznakama, ali se svi zovu istim imenom- **durali**.

Legure duraluminijuma dijele se u dva osnovna tipa :

Prvi tip legure sadrži - **Al; 3,8-4,8 %Cu; 0,5%Mg; 0,5%Mn; 7%Si;**

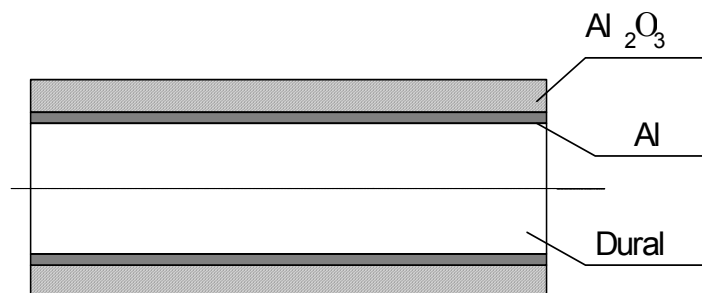
Drugi tip legure sadrži - **Al; 3,8-4,5%Cu; 1,2-1,8%Mg; 0,5%Mn; 5%Si.**

Legure durala se koriste za izradu konstrukcionih dijelova srednje i povišene čvrstoće , kada se traže dobre zamorne karakteristike i zadovoljavajuća postojanost prema koroziji.

Dural od 93,5% Al, 4,4% Cu, 1,5% Mn i 0,6% Mg je jedan od najviše primjenjivanih materijala za izradu vazduhoplova. Legura koja se koristi za izradu spoljnje oplata aviona, za izradu krila aviona za završni deo trupa AlCu4Mg1

Kada se aluminijumu dodaje cink u kombinaciji sa magnezijumom, dobija se veoma čvrsta legura koja ima oznaku AlZn5Mg3 koja se koristi za jako napregnute konstrukcije u avijaciji.

Duraluminijim u korodirajućoj slanoj sredini vrlo brzi korodira i propadne pa je bilo neophodno pronaći tehniku da se zaštiti od korozije. Tako je stvoren materijal koji se naziva **Al-klad** (Al-clad). Dobija se postupkom koji se u engleskom jeziku naziva **cladding**. Ideja je bila da se po površini duraluminijuma nanese tanak sloj čistog aluminijuma koji vrlo brzo oksidira i stvara zaštitni sloj oksida (Al_2O_3) koji štiti od dalje korozije, vidi **sliku 3**:



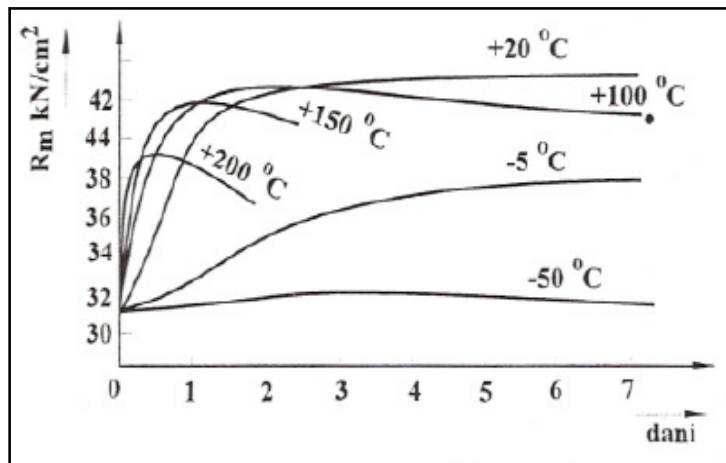
slika 3.

Debljina sloja sa svake strane materijala ne smije biti tanja od 0,4 % debljine lista .

Kaljenje duraluminijuma sastoji se u zagrijavanju do 500 ± 10 °C sa hlađenjem u vodi sobne temperature. Određene temperature kaljenja treba se pridržavati radi uspješnog zakaljivanja jer zagrijavanje niže od 490°C dovodi do nepotpunog kaljenja, a zagrijavanjem više od 510°C izaziva forsirani porast zrna što dovodi do povećanja krtosti.

Specifičnost duraluminijuma je ta što se nakon kaljenja ne postiže odmah čvrstoća i tvrdoća, kao kod čelika već tek u toku 5 -6 dana, a najveći prirast čvrstoće i tvrdoće je u toku prvih 12 sati .Ovaj proces postepenog očvršćavanja naziva se starenje. Starenje pri sobnoj temperaturi u vremenu od 5-6 dana naziva se prirodnim starenjem. Starenje nakon kaljenja može biti ubrzano zagrijavanjem do 100-150 °C i traje 3-4 sata. Ovako starenje naziva se vještačko starenje.

Promjena čvrstoće duraluminijuma u toku starenja na različitim temperaturama vidi se iz dijagrama na (slici 4.)



Slika 4.

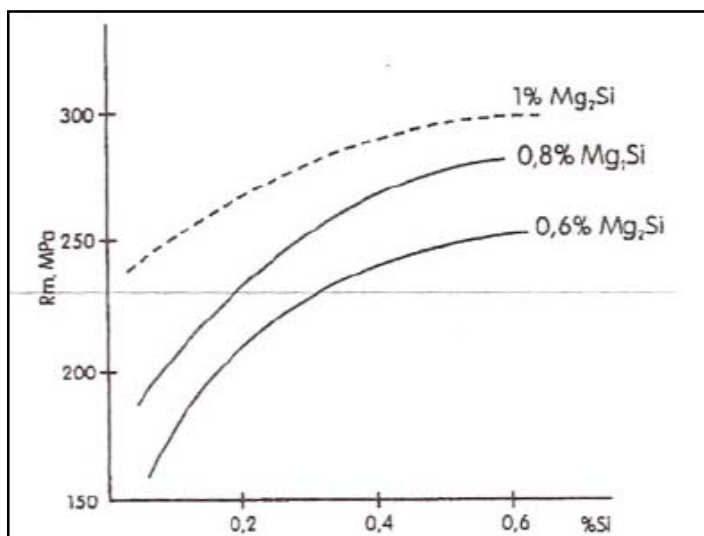
Žarenje se primjenjuje prije obrade duralumnijuma savijanjem , presovanjem , razvrtanjem, itd. Bezopasna obrada na hladnom moguća je tek nakon predhodnog zarenja duraluminijuma. Zarenje duraluminijuma sastoji se u zagrijavanju na 350 ± 10 °C na neznatnom drzanju na toj tem. i zatim hlađenjem. Zarenjem se smanjuje tvrdoća i čvrstoća duraluminijuma.

2.1.2. Avijali

Kod ovog tipa legure, sadržaj Cu u odnosu na dural je znatno snižen, dok je sadržaj Si relativno visok takođe sadrži i Mg.

Ima niži nivo čvrstoćnih karakteristika ali bolje duktilne osobine u odnosu na dural. Zavarivi su i imaju korozivnu postojanost. Njihova prednost je i dobra otpornost prema lomu usljed zamora. Ojačanje u avijalima je rezultat djelovanja intermetalne faze Mg_2Si .

Uticaj dodatka silicija (Mg_2Si) na čvrstoću kod legure Al-Mg-Si (**slika 5.**)



Slika 5.

Legura avijal se kalli sa temperature 515 do 525°C u vodi, a ojačavanje bilo prirodnim bilo vještačkim starenjem na temperaturi 160 °C traje 12 sati. Vještačko starenje treba realizirati odmah nakon kaljenja, u protivnom se dostiže niži novo čvrstoćnih osobina.

Iz legura tipa avijal izrađuju se limovi, profili, cijevi i sl. Ova legura se obično koristi za konstrukcione dijelove koji nisu izloženi naročitim opterećenjima, ali uglavnom gdje se traži visoka plastičnost na normalnim i povišenim temperaturama.

2.1.3. "visokočvrste" legure aluminijuma

Samostalnu skupinu termički obrađenih legura čine tzv. visokočvrste legure. Nivo čvrstoće im je 500 do 600 Mpa, uz nižu plastičnost u odnosu na duralu. Ove legure su pored bakra i magnezija obično legirane i sa cinkom (5-8 %). U svojstvu ojačavajućih intermetalnih faza javljaju se :

-MgZn₂; Al₂Mg₃ (T faza)
-Al₂CuMg (S faza)

Sa povišenim sadržajem cinka i magnezija povećava se čvrstoća navedenih legura ali se i djelom snižava nivo duktilnih osobina, kao i korozione postojanosti. Dodatkom kroma i mangana dolazi do povišenja korozione postojanosti. Visokočvrste legure aluminijuma se obično kale na temperaturama od 456 do 480°C hlađenjem u hladnij ili zagrijanoj vodi a zatim se podvrgavaju starenju na temperaturama od 120 do 145°C u trajanju od 8 do 16 sati.

2.1.4. Legure aluminijuma namjenjene kovanju i presovanju

Legure aluminijuma namjenjene preradi kovanjem i presovanjem karakteristične su po izvanrednim osobinama plastičnosti na temperaturi obrade od 380 do 470°C.

Navedeni tipovi legura se obično legiraju sa bakrom i magnezijem te dodatno sa manganom. Radi se o legurama slijedećeg sastava:

-(1,8-12,6)%Cu ; (0,4-0,8)%Mg ; (0,4-0,8)%Mn ; (0,7-1,2)%Si
-(3,9-4,2) %Cu ; (0,4-1) %Mg ; (0,4-1) %Mn ; (0,5-1) %Si

Ova posljednja legura svojim sastavom je veoma slična duralu. Dostiže se čvrstoća od 430 do 480 Mpa uz izduženje od 10 do 13%, pri čemu se ovaj drugi tip legure (sa više bakra) koristi za jače opterećene kovane elemente. Kaljenje ovih legura se vrši sa temperature od 490 do 515 °C zatim se hlade u vodi , zatim se podvrgava starenju na temperaturi 150 do 165°C u trajanju od 6 do 15 sati.

2.2. Legure aluminijuma koje se termički ne obrađuju

Osnovni tip ovih legura su legure sa dodacima magnezija i mangana. Kod legure aluminijum-magnezijum sadržaj magnezija ne ide preko 5,5% jer pri većem sadržaju dolazi do jače interkristalne korozije. Odlikuju se velikom antikorozijskom otpornošću naročito prema morskoj vodi.

Glavni izvor ojačanja je povišena čvrstoća osnovnog čvrstog rastvora, dok izlučene faze samo minorno doprinose ukupnom nivou dostignute čvrstoće.

Legure Al-Mg se dodatno legiraju manganom, što omogućava precipitaciju čestica Al_6Mn koje imaju dvojako dejstvo (ojačavaju matricu i profinjuju zrno). Ove legure se primjenjuju u žarenom stanju ili u stanju nakon plastične deformacije. Žarenje se obično vrši na temperaturama 310 do 410°C sa naknadnim hlađenjem na zraku.

Navedene legure se dobro oblikuju, zavaruju i dostižu dobar nivo korozione postojanosti. Obrada rezanjem naročito u žarenom stanju prilično je otežana. Ove legure se mogu uspješno koristiti za dijelove konstrukcija od kojih se traži visoka koroziona postojanost kod nižih nivoa mehaničkih opterećenja.

Uopšteno se može reći da se ove legure odlikuju velikom plastičnošću, korozivnom otpornošću i sposobnošću zavarivanja ali im čvrstoća nije naročito velika.

U tabelama 1 i 2 dat je pregled legura za gnječenje sa mehaničkim osobinama i načinima upotrebe po JUS standardu

Oznaka	Mehaničke karakteristike																	
	Profil, šipke i žice (vučeno, presovano)						Limovi i trake (vučeno)						Cijevi (vučeno)					
	Zatezna čvrstoća daN/mm ²	Napon tečenja daN/mm ²	Proc. izluz. A _{11,3} %	As ₆₅ %	Tvrd. HB daN/mm ²	Tvrd. HB daN/mm ²	Zatezna čvrstoća daN/mm ²	Napon tečenja daN/mm ²	Proc. izluz. A _{11,3} %	As ₆₅ %	Tvrd. HB daN/mm ²	Tvrd. HB daN/mm ²	Zatezna čvrstoća daN/mm ²	Napon tečenja daN/mm ²	Proc. izluz. A _{11,3} %	As ₆₅ %	Tvrd. HB daN/mm ²	Tvrd. HB daN/mm ²
Al 99,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al 99,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al 99,5	7-17	-	18-2	20-3	18-35	7-13	2-10	30-4	35-5	18-53	18-53	7-13	3-10	18-2	20-2	20-35	20-35	
Al 99,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al 99,0	8-18	-	18-2	20-3	20-35	8-14	2,5-11	25-3	30-4	20-35	20-35	8-14	2-9	18-2	20-3	20-35	20-35	
Al Mn 1	10-15	5-12	12-3	14-4	25-45	9-15	4-12	20-3	22-4	25-40	25-40	10-15	4-12	20-3	22-4	20-40	20-40	
Al Mn 2	12-18	6-12	12-4	14-5	25-50	13-20	5-17	15-3	17-4	30-55	30-55	-	-	-	-	-	-	
Al Mn 3	18-25	8-18	15-4	17-5	45-75	18-26	8-18	15-3	17-4	45-75	45-75	18-16	8-18	12-3	15-4	45-75	45-75	
Al Mn 4	23	12	15	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Al Mn 5	24-30	10-20	10-3	12-4	55-80	24-32	11-24	15-3	17-4	55-90	55-90	24-32	11-24	12-3	15-4	55-90	55-90	
Al Mn 1 Si 1	19-25	9-15	18-8	12-10	40-70	11-17	5-15	15-3	18-4	35-55	35-55	11-28	5-18	15-10	18-12	35-80	35-80	
Al Mn 1 Si Cu	13-28	9-22	10-8	12-10	10-80	15	9	12	14	-	-	15-29	9-24	12-8	14-10	65-80	65-80	
Al Cu 3 Mg	26	15	17	18	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Al Cu 5 Mg 1	18-35	8-22	8	10	70-90	25-28	14-22	12-2	15-3	60-75	60-75	18-38	8-25	10-12	12-14	70-100	70-100	
Al Cu 5 Mg 2	44-42	28-25	8-6	10-8	110-100	44-45	29-32	10-2	12-3	100-120	100-120	42-44	28-30	8	10	110	110	
Al Cu 6 Pb	31-36	26-28	8-10	10-12	80-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Al Zn 5 Mg	46-44	39-35	6-7	7-8	120	40-44	26-35	12-8	15-9	110-120	110-120	44	35	8	9	120	120	
Al Zn 5 Mg 3 Cu 2	28-53	46	10-6	12-7	140	28-52	14-44	10-6	12-7	70-140	70-140	28-52	17-45	8-6	10-7	70-140	70-140	
Primjeube:	Mehaničke karakteristike zavise od stanja materijala i od debljine, odnosno površine presjeka.												Modul elastičnosti E=0,72 · 10 ⁶ daN/cm ² G=0,72 · 10 ⁶ daN/cm ² μ=0,26 · 0,33 α=23 · 10 ⁻⁶ K ⁻¹ ρ=2,7 · 2,8 kg/dm ³					
	Prva vrijednost odnosi se na meko, druga na tvrdo ili kaljeno stanje.												Modul klizanja					
	Prva vrijednost odnosi se na veće debljine (u slučaju profila, šipki i žica - na veće površine) a druga vrijednost na manje debljine odnosno površine.												Poisson-ov koeficijent					
													Koef. lin. širenja					
													Gustina					

Tabela 1. mehaničke osobine legura za gnječenje po JUS_u

Oznaka	Oblici polufabrikata	Smjernice za primjenu	Primjedbe o stanju materijala
Al 99,8	Šipke, profili cijevi, žice, limovi, trake, folije, presovani komadi.	Za hemijsku industriju sa naročito velikim zahtjevima.	meko četvrtvrdo polutvrdo tvrdo opružno tvrdo
Al 99,7		Za hemijsku industriju i brodogradnju.	
Al 99,5		Za robu široke potrošnje.	
Al 99,3		Za opće svrhe.	
Al 99			
Al Mn 1	Šipke, profili, cijevi, žice, limovi i trake.	Za dijelove izložene jakoj koroziji, za arhitekturu, građevinarstvo i hemijsku industriju, za anodnu oksidaciju i za zavarivanje.	meko polutvrdo tvrdo
Al Mg 2		Legure odlične hemijske postojanosti, za dijelove konstrukcija, za brodogradnju, arhitekturu, hemijsku i prehrambenu industriju, za anodnu oksidaciju, za zavarivanje, za zakovice.	
Al Mg 3			četvrtvrdo
Al Mg 4			
Al Mg 5			
Al Mg 1 Si 1	Šipke, profili, žice, limovi i trake	Legura dobre hemijske postojanosti za srednje napregnute dijelove konstrukcija, za dekorativne svrhe za zakovice.	meko kaljeno
Al Mg 1 SiCu	Šipke, profili, cijevi	Legure srednje vrijednosti, za dekorativne svrhe, građevinski okovi, namještaj i sl.	
Al Cu 3 Mg	Žice	Za zakovice, za dijelove od legura AlCuMg koje se zakivaju u termički očvršćenom stanju	kaljeno
Al Cu 5 Mg 1	Šipke, profili, cijevi, limovi i trake	Za jako napregnute konstrukcije	kaljeno
Al Cu 5 Mg 2			
Al Cu 6 Pb	Šipke	Legura velike čvrstoće za obradu na automatima	
Al Zn 5 Mg 3	Šipke, profili, cijevi, limovi i trake	Za jako napregnute konstrukcije, za avijaciju, građevinarstvo i sl.	vještački staren
Al Zn 5 Mg 3 Cu 2	Šipke, profili, limovi i trake		meko vještački staren
Objašnjenje oznaka	Al...-- Čist aluminij: brojka označava procentualni sadržaj čistog aluminija. Kod aluminijskih legura, brojne oznake iza hemijskih znakova dodatnih elemenata predstavljaju procentualni sadržaj glavnih dodatnih elemenata koji ulaze u sastav legure. Sadržaj aluminija posebno se ne označava kao i ni sadržaj sporednih dodatnih elemenata.		

Tabela 2. smjernice za upotrebu legura za gnječenje

Dodatak temi

Utjecaji na zavarljivost aluminijuma su:

1. ***Al₂O₃ prirodna oksidna kožica*** na hladnom materijalu je debljine oko 0,01 mm. Daje dobru hemijsku otpornost. Aluminij oksid Al₂O₃ ima visoku temperaturu taljenja (2050 oC) i čini teškoće pri zavarivanju. Sam Al₂O₃ je bezbojan i vrlo tvrd. U prirodi se javlja obojen od prisustva drugih metala i u malim količinama kao rubin, safir, korund ili glinica. Al₂O₃ kao troska je teška 3.2 gcm⁻³ i ulazi u talinu. Pri visokim temperaturama toplinske obrade ili zavarivanja krutog ili rastaljenog Al stvara se na površini deblji sloj oksida kao i na kapima metala, pa se ne može dobiti homogen zavareni ili lemljeni spoj zbog uključaka oksida. Kožica oksida se uključuje u zavareni spoj kao nemetalni uključak. Za uspješno zavarivanje potrebno je odstraniti ili razoriti oksidnu kožicu prije početka i za zavarivanja djelovanjem električnog luka u inertnoj atmosferi (elektroda na "+" polu), prašcima za zavarivanje pri plinskom zavarivanju i lemljenju, kemijskim nagrizanjem površine osnovnog i dodatnog materijala ili mehaničkim odstranjivanjem. Kod elektrootpornog zavarivanja deblji sloj oksida predstavlja i izolator, pa je potrebno posebno čišćenje. Deblji sloj se javlja napr. pri toplinskoj obradi.

2. ***Dobra toplinska vodljivost.*** za čisti Al iznosi 240 Wm⁻¹ oC⁻¹, a za Al - legure između 117 i 155 W m⁻¹ oC⁻¹ pa su za zavarivanje potrebni snažni koncentrirani tokovi energije i visoki toplinski input unatoč niskoj temperaturi tališta. Ako se zavaruje sa slabim i nedovoljno koncentriranim tokovima energije, nastaje široka ZUT sa omekšanom strukturom. Zbog visoke toplinske vodljivosti čistog Al, velika je vjerojatnost pojave poroznosti. Kod zavarivanja većih debljina potrebno je predgrijavanje da se izbjegne poroznost.

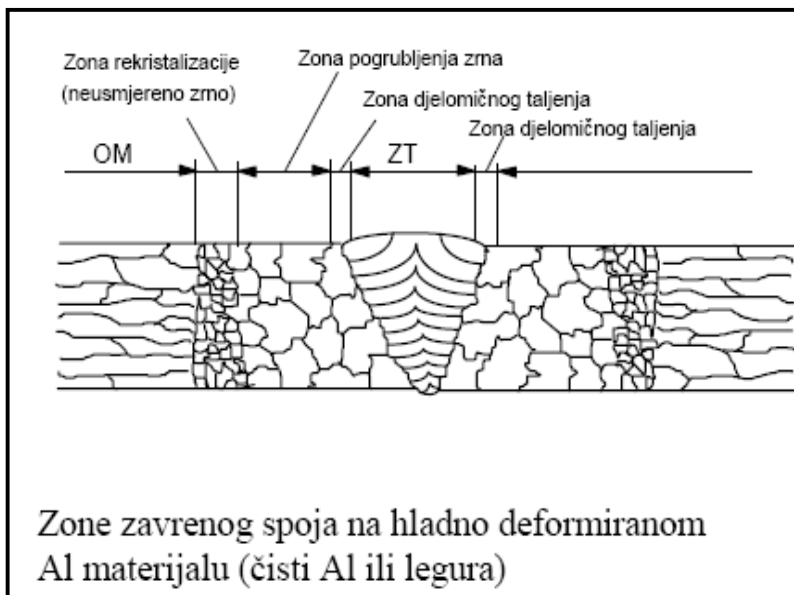
3. ***Jaka električna vodljivost*** zahtijeva velike jakost struje i kratko vrijeme elektrootpornog zavarivanja.

4. ***Veliki koeficijent toplinskog istezanja*** uzrokuje veća stezanja i deformacije pri hlađenju, pa je moguća pojava pukotina zbog jakog stezanja.

5. Rastvorljivost vodika u rastaljenom materijalu je velika. Pri kristalizaciji, zbog naglog pada rastvorljivosti, oslobađaju se mjehurići vodika, koji mogu uzrokovati poroznost. **slika 1.**



Slika1.



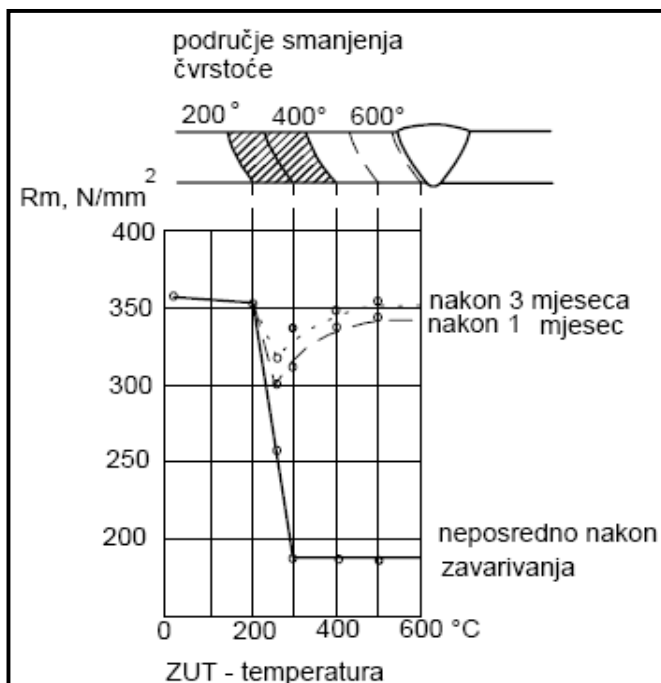
Slika2.

Na slici 2 vidimo zone spoja hladnom deformacijom

6. Pri zagrijavanju se ne mijenja boja kao kod čelika, pa se ne može procijeniti temperatura na temelju boje pri zagrijavanju do tališta, što pričinjava poteškoće kod zavarivanja i lemljenja.

7. Sklonost vrućim, a u manjoj mjeri i hladnim pukotinama ovisi o kemijskom sastavu i uvjetima zavarivanja

8. Omekšanje na mjestu zavarenog spoja. Hladnom deformacijom Al – materijali postaju znatno čvršći. Na mjestu zavarenog spoja zbog ljevačke strukture čvrstoća je najmanja, kao u meko žarenom stanju. Ovo slabljenje je razlog da se u avio industriji još uvijek mnogo koriste zakovani spojevi i svornjaci slični zakovicama (engl. lockbolt fastener) napravljeni od titan legure 6Al-4V. Za takav slučaj bi se moglo računati s koeficijentom slabljenja zavarenog spoja oko 0.6 zbog mehaničkog slabljenja (omekšanja) zavara.

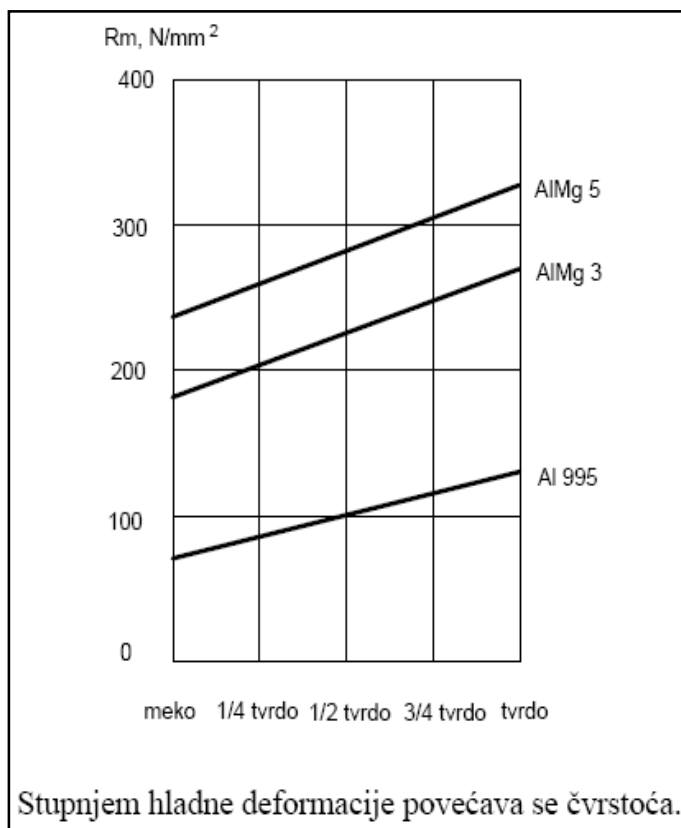


Slika3

Iz **slike 3** vidimo da najniža čvrstoća je u zoni pod utjecajem toplote kod vara

Čvrstoća i grupe Al materijala: Čisti Al ima čvrstoću 90 - 190 MPa, ovisno o stanju isporuke (tvrdi, 1/2 tvrdi, 1/4 tvrdi, meki - prema stupnju hladne deformacije). Čvrstoća Al materijala se može povisiti na više načina:

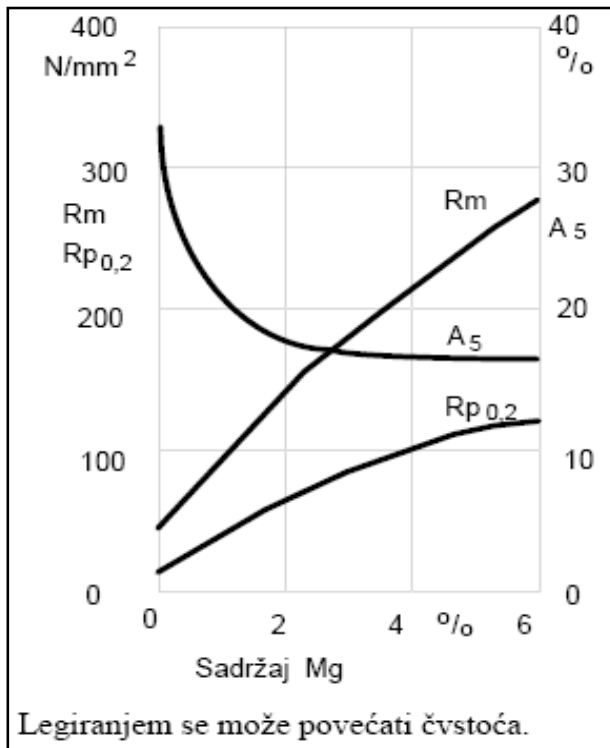
1. hladnom deformacijom,
2. legiranjem,
3. toplinskom obradom
4. kombinacijom, npr. legiranjem i hladnom deformacijom.



Mehanička svojstva se mogu značajno povećati legirajućim elementima tvoreći tako legure aluminija. Pri tome se razlikuju dvije grupe:

1. Al-legure bez strukturnog očvršćavanja tzv. "nekaljive legure" Grupe nekaljivih legura: Al Mn, Al Mg Mn, AlMg.

2. Al-legure sa strukturnim očvršćavanjem tzv. "kaljive legure". Grupa kaljivih Al legura: Al Cu Mg, Al Mg Si, Al Mg Si, Al Zn Mg, Al Li Cu Zr, Al Li Cu Mg Zr
U inženjerskoj praksi najvećim dijelom se koriste valjani i prešani (ekstrudirani) proizvodi, zatim lijevani



Zaključak

Aluminijum spada u obojene metale, a primjena obojenih materijala je po pravilu vezana za specijalne uslove eksploatacije tj. za posebne namjene. Svi obojeni metali se zbog svoje cijene, ne primjenjuju bez posebnog zahtjeva.

Upotrebljavaju kada je potrebna određena vrsta materijala za određene uslove a to može biti kada je potrebna naročita plastičnost, električna vodljivost , toplinska vodljivost, antikorozivnost, nemagnetičnost, niska specifična težina itd.

Jedan od tih metala koji zadovoljavaju te uslove je aluminijum i njegove legure koji su našli široku primjenu u mašinstvu gde se koristi u velikoj mjeri i ne samo u mašinstvu nego i u prehranbenoj industriji za izradu konzervi i ambalaže zatim u elektro tehnici i u građevinarstvu.

Literatura

Metalni materijali, Vladislav Đukić, Beograd 1989g.

Materijali u mašinstvu, dr. Ahmet Hadžipašić, Zenica 2000.g.

Savremeni metalni materijali, dr. Mirsada Oruč, mr. Raza Sunulahpašić, Zenica 2005.g.

Internet