

TRATAREA ALUMINIULUI ÎN VEDEREA CREȘTERII DURITĂȚII

IUGA¹Ana-Cristina¹, NASTASE² Gabriel²

¹Facultatea de Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea:Tehnologia Construcțiilor de Mașini, Anul de studii: I, e-mail: iugaanacristina@gmail.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Claudia BORDA**
S.l.dr.ing. **Larisa BUȚU**

REZUMAT: Importanța uriașă a aluminiului în tehnică este deja cunoscută. Fără a vorbi de industria aeronautică, pentru care greutatea specifică mică a materialului este deosebit de importantă, reducerea greutății construcțiilor metalice prezintă un avantaj enorm pentru numeroase domenii ale tehnicii. Nu există nici o ramură a industriei moderne care să poată exista și dezvolta fără aluminiu și aliajele sale sub formă de piese turnate, forjate sau matrițate, de tablă, benzi, folii, sârma, profile etc. Este foarte folosit în industrie datorită rezistenței sale la oxidare, proprietăților mecanice bune și densității sale mici. De asemenea, este folosit și ca material conductor.

CUVINTE CHEIE: aliajele, industrie, proprietăți mecanice.

1. Introducere

Aluminiul este un metal de culoare albă, ușor ($2,7\text{g/cm}^3$), care se topește la 658°C , este foarte moale și plastic, conduce foarte bine căldura și electricitatea. Are rezistență mare la coroziune, datorită fenomenelor de pasivizare, care constă în autoacoperirea cu o peliculă subțire, densă și aderentă de oxid de aluminiu, care-l protejează împotriva oxidării ulterioare. Datorită acestei proprietăți, precum și plasticității sale, se folosește în industria chimică și alimentară. Datorită conductibilității electrice mari se folosește drept conductor electric. Aluminiul are însă rezistența mecanică mai mică decât a cuprului, chiar prin trefilare, el nu ajunge la o rezistență mai mare de 25 N/mm^2 , deci rezistența rămâne insuficientă pentru condițiile de eforturi la care sunt supuse conductoarele aeriene. Din această cauză se fabrică conductoare de aluminiu cu inima de oțel sau conductoare din aliaje cu baza de aluminiu cu tratamente termice pentru mărirea rezistenței mecanice [3].

Aliajele de aluminiu pot fi: aliaje deformabile prin presare și aliaje de turnatorie. Aliajele de aluminiu deformabile prin presare se clasifică în: aliaje anticorozive și aliaje durificabile prin tratamente termice.

În aliajele anticorozive, aluminiul este aliat cu mici cantități de magneziu sau de mangan. Un astfel de aliaj este anticorodantul care se utilizează la fabricarea pieselor cărora li se cere rezistență la coroziune în medii chimice, fără să li se ceară însă rezistență mecanică ridicată.

În aliajele durificabile prin tratament termic, aluminiul este aliat cu elemente care au proprietăți de a forma compuși definiți fie cu aluminiul, fie între ele. Astfel, aluminiul formează compuși definiți cu cuprul și cu magneziul. Dacă în aliaje se găsesc în același timp, magneziu și siliciu, aceste două elemente pot forma compusul definit. Compușii definiți, fiind duri, conferă aliajului duritate mai mare.

Pentru a se obține o combinație optimă între rezistență, plasticitate și tenacitate, aliajele de aluminiu se supun unui tratament termic de durificare, care constă din două tratamente succesive: călire și îmbătrânire. De exemplu, dacă un aliaj aluminiu-cupru, 40% cupru, este încălzit la 530°C , structura sa va fi constituită numai din soluție solidă. Printr-o răcire lentă, în structura aliajului apare compusul definit Al_2Cu , care face ca aliajul să fie dur și rezistent, însă insuficient de plastic și tenace. Dacă răcirea de la 530°C este rapidă, compusul Al_2Cu nu se mai formează și aliajul ajunge la temperatura ambiantă, având în structura sa soluție solidă. Pentru a-l durifica, aliajul se supune în continuare, unui tratament termic de

îmbătrânire, încălzindu-se la circa 180°C, timp în care compusul definit Al₂Cu se reprecipită în mod uniform în masa de soluție solidă, astfel încât aliajul devine rezistent, dur, plastic și tenace.

2. Aliajele de aluminiu durificabile

Aluminiul formează soluții solide cu majoritatea elementelor cu care se aliază. Probabilitatea de a fi tratat termic este dată de creșterea solubilității în soluția solidă a elementelor de aliere, cu temperatura. La aliajele cu durificare structurală "călibile" durificarea se obține în trei etape după cum urmează: punerea în soluție a elementelor durificatoare (faze secundare), răcirea rapidă pentru a aduce soluția solidă metastabilă la temperatura ambiantă (călirea), precipitarea fazelor secundare durificatoare prin descompunerea parțială a soluției solide (îmbătrânire naturală) sau descompunerea la temperaturi ridicate (îmbătrânire artificială) în general sub 220°C [4].

O largă utilizare o au aliajele Al (-Mg) -Sn (seria 6000) sub formă de produse deformate în arhitectura sau aeronautică. Aceste aliaje au caracteristici mecanice medii $R_{001} = 200$ MPa, $R_m = 250$ MPa. Faza durificatoare este Mg₂Si dimensiunile fazei fiind determinate de prezența fierului și siliciului.

Aliajele Al-Cu(-Mg) (seria 2000) se utilizează rar în industrie ca aliaje binare, a căror durificare ar fi asigurată numai de faza Al₂Cu, motiv pentru a majora efectul de durificare prin prezența altor compuși asigurați de mai multe elemente de aliere. Sunt utilizate în practică o multitudine de aliaje cunoscute sub denumirea de duraluminiu și simbolizate 2014, 2016, 2024, 2058 etc. Cel mai des, ca element suplimentar de aliere, este folosit Mg, care modifică procesul de precipitare prin contribuția unor compuși cunoscuți sub denumirea de faza S, Al₂CuMg. Procesele de precipitare se complică cu atât mai mult cu cât participă un număr mai mare de faze secundare. În funcție de caracteristica urmărită se introduc elemente de aliere după cum urmează: Si – pentru stabilitate la cald, Ni – pentru rezistența la fluaj, Zr, Cr – pentru diminuarea sensibilității de creștere a grăunțurilor.

Condițiile de tratament termic (călire – îmbătrânire) sunt cele care influențează comportarea aliajelor în exploatare. S-a constatat că viteza de călire are influență mai mică asupra proprietăților mecanice și mai mare asupra rezistenței la coroziune. Stabilirea mărimii vitezei de călire se face cu ajutorul curbelor *temperatura - timp - procesare TTP*, asemănătoare curbelor *TTT* ale oțelurilor. De obicei vitezele de călire trebuie să fie de ordinul 500 °C/s în intervale de temperaturi strânse, ceea ce conduce inevitabil la deformarea produselor în timpul călirii. Se accelerează în acest mod formarea zonelor Guiner-Preston (ZGP) și îmbătrânirea naturală.

Aliajele Al-Zn-Mg(-Cu) (seria 7000) au în compoziția lor de cele mai multe ori combinația de elemente Cu și Mg, fiind din mai multe puncte de vedere superioare aliajelor prezentate anterior, prin proprietățile lor de sudabilitate, rezistență la rupere și la coroziune ridicate. Efectul durificator maxim este dat de prezența Zn care formează compusul Al₂MgZn₃, solubil în Al, dar și ai altor compuși, cum ar fi: ZnAl, Mg₅Al₈. Tratamentele termice se efectuează mai ușor, unele dintre aliajele acestei serii fiind autocălibile. Așa se explică îmbunătățirea unor caracteristici mecanice prin îmbătrânirea naturală a construcțiilor sudate. Aliajele autocălibile, nu-și vor mări duritatea dacă conținutul în Zn este mic.

3. Utilizări

Folosirea aluminiului ca material pentru construcții mecanice și metalice este limitată din cauza proprietăților de rezistență scăzute. Totuși, o serie dintre proprietățile aluminiului fac ca acest metal să fie deosebit de apreciat pentru o serie de aplicații industriale. Astfel, plasticitatea mare a aluminiului permite ca din el să se obțină prin deformare plastică produse foarte subțiri ca foliile, utilizate pentru ambalaje în industria alimentară; conductibilitatea electrică mare, în jur de 65% din cea a cuprului face ca aluminiul să fie mai mult utilizat ca material pentru conductorii electrici; rezistența mare la coroziune permite folosirea aluminiului în industria chimică și alimentară. Aluminiul este utilizat pe scară largă ca bază pentru o serie importantă de aliaje.

O imagine, cu caracter general, asupra influenței elementelor însoțitoare (impurități metalice, elemente de aliere, adaosuri de modificare) asupra proprietăților aluminiului (rezistența la rupere, alungire) este prezentată în diagrama din figura 1.

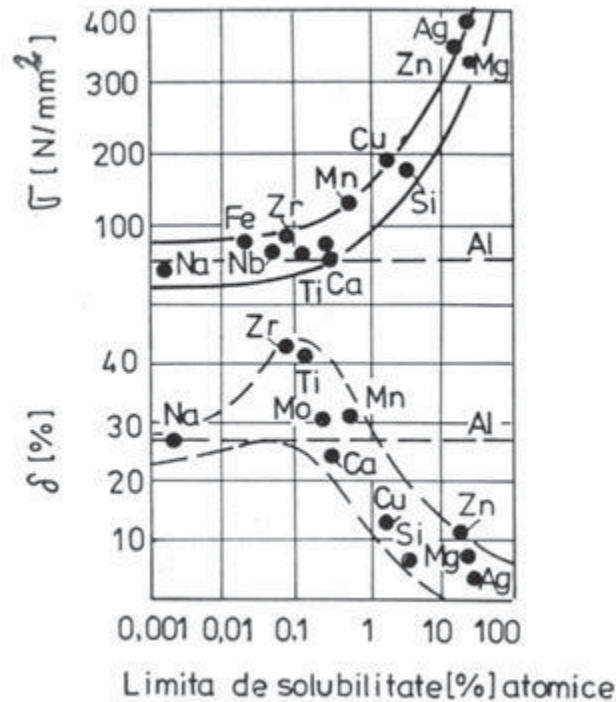


Fig. 1. Variația caracteristicilor mecanice în sistemele binare aluminiu-element însoțitor, în funcție de solubilitatea maximă a acestuia în aluminiu.[4]

Așa cum se observă din figură, rezistența la rupere a aliajelor pe bază de aluminiu crește odată cu solubilitatea limită a elementului de aliere în aluminiu. Aceste elemente de aliere determină durificarea soluției solide pe bază de aluminiu când concentrația lor depășește valoarea de 0,01 % atomice.

4. Stadiul actual

Noi cercetări în domeniu arată cum se poate modifica microstructura aluminiului pentru a conferi o rezistență mare și ductilitate.

Structura cristalină a metalului este alcătuită dintr-o succesiune de straturi atomice. Dacă un strat lipsește se poate spune că există un *defect de stivuire*. S-a constatat experimental că se pot forma așa-numitele „granițe gemene” alcătuite din două straturi de defecte de stivuire. Un astfel de defect de stivuire a fost denumit de către cercetători "faza 9R", care s-a dovedit a fi deosebit de promițătoare în creșterea durtății aliajelor de aluminiu.

În timpul analizării noului proiect s-a dovedit că „granițele gemene” sunt greu de realizat, de introdus în compoziția chimică a aluminiului. Formarea fazei 9R din aluminiu este mai dificilă datorită energiei sale de stivuire. În general, aluminiul se deformează doar prin generarea de defecte de tipul dislocărilor (Fig.2.).

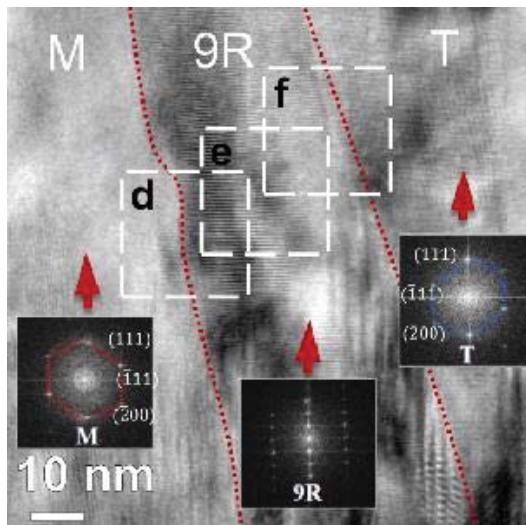


Fig.2. Faza 9R [1]

Trecând printr-o mulțime de combinații pentru a determina chimia potrivită pentru a definitiva aliajul de aluminiu de înaltă rezistență, s-a constatat faptul că fierul tinde să fie foarte important pentru a îmbunătăți rezistența mecanică.

Pentru realizarea acestei cercetări s-au folosit proiectile de mare viteză pentru a introduce faza 9R în eșantioanele de aliaj de aluminiu. După impact eșantioanele s-au analizat la un microscop electronic cu transmisie (MET), pentru a vedea microstructura fumului după impact și pentru a explora noi mecanisme de deformare în structura materialului.

În urma acestor experimente s-a constatat că se poate combina aluminiul cu atomi fier în vederea creșterii durității. Rezistența aliajelor noi descoperite se mărește la aproximativ 1-1,5 GPa, plecând de la aproximativ 200MPa. Acest nivel este comparabil cu rezistența ridicată a oțelului inoxidabil martensitic 492MPa și va avea un impact imens asupra industriei aliajelor de aluminiu.



Fig.3. Proba pregătită pentru a fi analizată la MET.[2]

5. Concluzii

În această lucrare am prezentat un nou studiu care va avea un impact uriaș, benefic din punct de vedere tehnico-științific. De asemenea, prin modificarea structurii aluminiului multe ramuri ale industriei vor avea de câștigat.

Aluminiul se deformează de obicei prin dislocări complete, datorită energiei sale înalte de stivuire. Faza 9R din aluminiu, deși dificil, poate apărea la temperaturi scăzute și viteză mare de întindere. Prin utilizarea unei tehnici de testare a impactului unui proiectil se introduce o fază 9R de deformare, cu zeci de nm în lățime în aluminiu granulat, ultrafină cu o dimensiune medie a granulelor de 140 nm, confirmată de analizele de la MET.

Aliajele de aluminiu au aplicații multiple. Cu toate acestea, majoritatea aliajelor au rezistență mecanică scăzută. Noua fază 9R poate induce o rezistență ridicată și o ductilitate în materialele metalice. Suprafețele de aluminiu nt Al-Fe ating o rezistență maximă de aproximativ 5,5 GPa, comparabilă cu oțelurile cu rezistență ridicată.

6. Bibliografie

- [1]. <https://www.nextbigfuture.com/2018/01/super-strong-aluminum-as-strong-as-steel.html>;
- [2]. <https://www.youtube.com/watch?v=Y3dYq-N4xSY>;
- [3]. Borda, C. s.a, „Tehnologia de prelucrare a materialelor”. Editura POLITEHNICA PRESS, ISBN 978-606-515-758-3, Bucuresti, 2017.
- [4]. Oprea Fl., Constantin I., Roman R., Moldovan P., Panait N., Petrescu M.I., Geantă V, Tripsa I., Ștefănoiu R. - "Tratat de știința și ingineria materialelor", Editura AGIR, Bucuresti, 2008.