

STUDII PRIVIND EVIDENȚIEREA PROCESĂRII ALIAJELOR DE ALUMINIU

STUDIES CONCERNING THE ALUMINIUM ALLOYS POINTING OUT PROCESS

Indira ANDREESCU

Prof. univ. dr. ing. Facultatea de Utilaj Tehnologic
Universitatea Tehnică de Construcții București, B-dul Lacul Tei nr. 124, Romania
e-mail : indira_utbc@yahoo.com

Rezumat: *Articolul conține denumirile aferente tratării prin călire corespunzătoare aliajelor de aluminiu forjabile și turnabile.*

Cuvinte cheie: *aluminiu, aliaj, călire, rezistență, deformație*

Abstract: *The article contains forgeable and moulding aluminium alloys names due to hardening treatment.*

Keywords: *aluminium, alloy, hardening,, strength, strain*

1. GENERALITĂȚI

Aluminiul este un material structural ușor, rezistent la coroziune, putându-i-se mări rezistența prin aliere, în funcție de compoziție și, mai departe, prin tratamente termice și/sau prelucrare la rece. Dintre avantajele sale pentru aplicații specifice menționăm: densitate scăzută, raport rezistență/greutate înalt, buna rezistență la coroziune, ușurința de fabricare și diversitate mare de forme pe care le poate lua.

Aluminiul și aliajele de aluminiu forjabile și turnabile sunt identificabile printr-o denumire numerică de patru cifre: prima cifră indică grupul de aluminiu așa cum se arată în tabelul 1. Pentru aliajele de aluminiu structurale forjate ultimile două cifre identifică aliajul respectiv. A doua cifră indică modificările aliajului original sau limitele de impuritate. Pentru aliajele de aluminiu turnate cea de-a doua și cea de-a treia cifră identifică aliajul respectiv sau indică procentul minim de aluminiu. Ultima cifră, care se află la dreapta virgulei (punctul în notație engleză) de zecimală, indică forma produsului: XXX,0 indică turnarea, iar XXX.1 și XX.2 indică lingoul.

Denumiri (simbolizări) de bază pentru aliaje de aluminiu turnate și forjate

Grupul de aliaje	Elemente majore de aliere	Grupul de aliaje	Grupuri majore de aliere
	Aliaje forjate		Aliaje turnate
1XXX	99,00 procente minime de aluminiu	1XX.0	99,00 procente minime de aluminiu
2XXX	Cupru	2XX.0	Cupru
3XXX	Mangan	3XX.0	Siliciu cu adaos de cupru și/sau magneziu
4XXX	Siliciu	4XX.0	Siliciu
5XXX	Magneziu	5XX.0	Magneziu
6XXX	Magneziu și Siliciu	6XX.0	Serie inuzitata
7XXX	Zinc	7XX.0	Zinc
8XXX	Alte elemente	8XX.0	Cositor
9XXX	Serie inuzitata	9XX.0	Alte elemente

2. PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR

Proprietățile aliajelor de aluminiu sunt determinate de conținutul lor chimic și de metodele de fabricare. Rezistența unora din aceste aliaje este mărită, în principal, prin prelucrare la rece, în timp ce altele sunt fortificate prin tratamente termice în soluție și prin precipitații de călire. Prezentarea călirii din tabelul 2 reprezintă un indicativ al mecanismului de mărire a rezistenței utilizat.

Dintre proprietățile prezentate, unele, cum sunt temperatura camerei, tensiunea de întindere, cea de compresiune, de forfecare, precum și presiunea de contact, sunt fie proprietăți specifice minime, fie proprietăți derivate minime. Acestea pot fi aplicate direct în proiectare. Alte proprietăți, cum sunt curba tensiune-deformație, datele asupra oboselii și tenacității la rupere, precum și valorile modulelor de elasticitate, sunt prezentate ca valori medii sau tipice, care pot servi la stabilirea utilității unor materiale pentru diverse aplicații. Comentarii privind efectele temperaturii asupra proprietăților de mai sus, asupra efectelor practicilor de fabricare, se vor studia într-un articol ulterior.

Sistemul de desemnare a călirii pentru aliajele de aluminiu**Sistemul de desemnare a călirii^{ab}**

Sistemul de desemnare a călirii este utilizat pentru toate formele de produse din aluminiu și aliaje de aluminiu, forjate sau turnate. Sistemul se bazează pe secvențele tratamentelor utilizate pentru producerea diferitelor tipuri de călire. Desemnarea călirii urmează desemnării aliajului, ambele fiind separate printr-o cratimă. În esență, desemnarea călirii constă în litere. Subdiviziuni ale călirilor de bază, atunci când este necesar, sunt indicate de una sau mai multe cifre care urmează literelor. Acestea indică secvențe specifice ale tratamentelor de bază, dar numai operațiile recunoscute ca influențând semnificativ caracteristicile produsului sunt prezentate. Dacă există unele variații ale aceleiași secvențe a operațiilor de bază aplicate aceluiși aliaj, ceea ce conduce la caracteristici diferite, atunci se adaugă desemnării respective cifre adiționale.

Desemnări de bază ale călirii

F așa cum este fabricat. Se aplică proceselor de formare în care nu se întrebunțează un control special al condițiilor termice sau al rezistenței la deformare. Pentru produsele forjate nu există limite ale proprietăților mecanice.

O revenit. Se aplică la produsele forjate care sunt supuse revenirii pentru a se obține o călire puternică, precum și la produsele turnate pentru care revenirea are drept scop obținerea unei ductibilități convenabile și a unei stabilități dimensionale.

H rezistența la deformare (numai pentru produsele turnate). Se aplică la produsele care au căpătat o rezistență mai mare prin acest procedeu, cu sau fără tratamente termice suplimentare, în scopul de a le reduce ceva din această rezistență. H este întotdeauna urmat de două sau mai multe cifre.

W tratat la cald în soluție. Este o călire instabilă aplicabilă numai la aliajele ce îmbătrânesc spontan la temperatura camerei după tratamentul la cald în soluție. Această desemnare este specifică numai când perioada de îmbătrânire naturală este indicată; de ex.: W 1/2 ore.

T tratat termic pentru a produce o călire stabilă, alta decât F, O sau H. Se aplică la produsele care sunt tratate termic, cu sau fără mărirea rezistenței la deformare. T este urmat întotdeauna de una sau mai multe cifre.

Subdiviziuni ale călirii H: rezistența la deformare

Prima cifră ce urmează după H indică combinația specifică a operațiilor de bază, după cum urmează:

H1 numai întărirea rezistenței la deformare. Se aplică pentru obținerea rezistenței dorite a produselor respective fără utilizarea de tratamente suplimentare. Numărul ce urmează acestei desemnări indică gradul de întărire la deformație.

^a Din referința 2.

^b Desemnarea călirii în conformitate cu acest standard pentru forjate din aluminiu și din aliaje de aluminiu, precum și pentru turnate din aliaje de aluminiu, se poate considera, conf. Asociației Aluminiului, ca: (1) calirea se folosește (sau este disponibilă) de mai mult de un utilizator; (2) limitele proprietăților mecanice sunt înregistrate; (3) caracteristicile călirii sunt semnificativ diferite de cele ale altor tipuri de revenire care au aceeași secvență a tratamentelor de bază și pentru care desemnarile au fost deja identificate pentru același aliaj și produs; și (4) în cazul când unele caracteristici, altele decât proprietățile mecanice, sunt înregistrate și următoarele: (a) metodele de testare și limitele caracteristicilor sau (b) practicile specifice utilizate la calire.

H2 Întărirea rezistenței la deformare și recoacere parțială. Se aplică la produsele care au fost întărite la deformații prea mult urmând ca printr-o recoacere parțială să li se reducă nivelul de rezistență până la valoarea dorită. Pentru aliajele îmbătrânite la temperatura camerei, călirile H2 conduc la o rezistență ultima minimă la fel ca cele desemnate cu H3. Pentru alte aliaje, călirile H2 conduc la aceeași rezistență ultima minimă ca cea corespunzătoare călirilor H1 și la o elongație ușor mai ridicată. Numărul ce urmează acestei desemnări indică gradul de întărire la deformații care rămâne după ce produsul a fost parțial recoapt.

H3 Întărirea rezistenței la deformare și stabilizare. Se aplică la produsele care sunt întărite la deformații și ale căror proprietăți mecanice sunt stabilizate, fie printr-un tratament termic la temperatură joasă, fie ca rezultat al încălzirii pe timpul fabricației. Stabilizarea îmbunătățește, de obicei, ductilitatea. Această desemnare este aplicabilă numai la acele aliaje care, în afară de cele stabilizate, se relaxează prin îmbătrânire graduală la temperatura camerei. Numărul care urmează desemnării respective indică gradul de întărire la deformații care rămâne după tratamentul de stabilizare.

Cifra ce urmează desemnărilor H1, H2 și H3 indică gradul de întărire la deformații. Numeralul 8 a fost atribuit pentru a indica călirile ce duc la o rezistență ultimă echivalentă cu cea obținută printr-o reducere la rece (temperatura pe timpul reducăției nu depășește $\sim 50^{\circ}\text{C}$) de aprox. 75 procente, urmând unei recoaceri totale. Călirile între 0 (recoacere) și 8 sunt desemnate prin numerele de la 1 la 7.

Materialul cu o rezistență ultimă la

întindere având aprox. media valorilor rezistențelor respective corespunzătoare călirii 0 și călirii 8 este desemnat prin cifra 4; dacă este aprox. media între călirile 4 și 8, cifra 6. Numeralul (cifra) 9 desemnează călirile ale căror rezistențe ultime la întindere minime depășesc pe cele ale călirii 8 cu $1,4\text{ daN/mm}^2$ sau mai mult. Pentru căliri, H urmat de două cifre, a doua cifră fiind fără soț, limitele standard pentru rezistența ultimă la întindere sunt exact media celor două căliri adiacente H cu două cifre, având, fiecare, cea de-a doua cifră cu soț.

NOTĂ: În cazul aliajelor care nu pot fi reduse suficient la rece pentru a stabili o rezistență ultimă la întindere aplicabilă la călirea 8 (75 procente de reducere la rece după o recoacere totală), se poate stabili rezistența la întindere de la călirea 6 printr-o reducere de aprox. 55 procente urmând după o recoacere totală, sau de la călirea 4, printr-o reducere de aprox. 35 procente, tot după o recoacere totală.

A treia cifră, când este cazul, indică o variație a unei căliri cu două cifre. Ea se utilizează când gradul de control al călirii sau proprietățile mecanice sau ambele diferă, dar sunt apropiate, de cele ale călirii desemnate H cu două cifre (la care se adaugă cea de a treia), sau când unele caracteristici sunt afectate semnificativ.

NOTĂ: Rezistența ultimă la tensiune minimă după o călire H cu trei cifre trebuie să fie cel puțin la fel de aproape față de cea corespunzătoare călirii cu două cifre la fel cum aceasta din urmă este față de cele de după călirile adiacente cu două cifre. Produsele călite H ale căror proprietăți mecanice sunt

sub H_1 pot fi variații ale H_1.

Căliri H cu trei cifre

H_11 Se aplică la produsele care dobândesc o suficientă rezistență la deformații după o recoacere finală, care nu sunt însă considerate ca recoapte, dar nu atât de mult ca rezistența la deformații a materialelor călite H_1.

H111 Se aplică la produsele care pot fi oarecum călite prin prelucrare la o temperatură ridicată și pentru care există limite ale proprietăților mecanice.

Subdiviziuni ale călirii T: Tratament termic

Numerele de la 1 la 10 ce urmează după T indică secvențele specifice ale tratamentelor de bază, după cum urmează:

T1 răcit de la o temperatură ridicată a procesului de formare și îmbătrânit natural în condiții de stabilitate.

Se aplică la produsele care nu sunt prelucrate la rece după răcirea din urma unui proces de formare la temperatură înaltă sau în care efectele prelucrării de aplatizare sau rectificare la rece nu se regăsesc în limitele proprietăților mecanice.

T2 răcit de la o temperatură ridicată a procesului de formare, prelucrat la rece și îmbătrânit natural în condiție stabilă substanțial.

Se aplică la produsele care sunt prelucrate la rece pentru a se obține o mai mare rezistență după răcirea de la temperatura ridicată a procesului de formare sau la care efectele prelucrării la rece de aplatizare sau rectificare se regăsesc în limitele proprietăților mecanice.

T3 tratat la cald în soluție, prelucrat la rece și îmbătrânit natural în condiție substanțial stabilă. Se aplică la produsele ce sunt prelucrate la rece pentru a se obține rezistență mărită după tratamentul la cald în soluție sau pentru care efectele prelucrării la rece, de aplatizare sau rectificare, sunt regăsite în limitele proprietăților mecanice.

T4 tratat la cald în soluție și îmbătrânit natural în condiție substanțial stabilă. Se aplică la produsele ce nu sunt prelucrate la rece sau pentru care efectele prelucrării la rece, de aplatizare sau rectificare, nu se regăsesc în limitele proprietăților mecanice.

T5 răcit de la o temperatură înaltă a procesului de formare și îmbătrânit artificial. Se aplică la produsele ce nu sunt prelucrate la rece după răcirea de la temperatura înaltă a procesului de formare sau în care efectele prelucrării la rece, de aplatizare sau rectificare, nu pot fi regăsite în limitele proprietăților mecanice.

T6 tratat la cald în soluție și îmbătrânit artificial. Se aplică la produsele care nu sunt prelucrate la rece după tratarea la cald în soluție sau în care efectele prelucrării, de aplatizare sau rectificare, la rece nu se regăsesc în limitele proprietăților mecanice.

T7 tratat la cald în soluție și îmbătrânit / stabilizat. Se aplică la produsele forjate care sunt îmbătrânite artificial după tratarea la cald în soluție, pentru a le aduce sub un punct de rezistență maximă în scopul obținerii unui control asupra unor caracteristici semnificative. Se aplică și la produsele turnate, îmbătrânite artificial după tratamentul la cald în soluție, în scopul de a se

obține o stabilitate dimensională și de rezistență.

Tije și bare de la 1 la 3% set permanent;
Forjate în matriță sau inelar (?); și
Inele roluite (?) .. de la 1 la 5% set permanent.

T8 tratat la cald în soluție, prelucrat la rece și îmbătrânit. Se aplică la produsele prelucrate la rece pentru mărirea rezistenței lor sau la care efectele prelucrării la rece se regăsesc în limitele proprietăților lor mecanice.

T_510 Se aplică la tije extrudate, bare, profile și tuburi, precum și la tuburile înecate când sunt supuse unei alungiri într-o măsură prestabilită, după tratament la cald în soluție sau după răcire de la temperatura ridicată a procesului de formare. Aceste produse nu sunt rectificat după extensie.

T9 tratat la cald în soluție, îmbătrânit artificial și prelucrat la rece. Se aplică la produsele prelucrate la rece pentru mărirea rezistenței lor.

Tije extrudate, bare, profile și tuburi... de la 1 la 3% set permanent;
Tuburi înecate de la 1,5 la 3% set permanent.

T10 răcit de la temperatura ridicată a procesului de formare, prelucrat la rece și îmbătrânit artificial.

Se aplică la produsele prelucrate la rece pentru mărirea rezistenței lor sau la care efectele prelucrării, de aplatisare sau rectificare, la rece se regăsesc în limitele proprietăților lor mecanice.

T_511 Se aplică la tije extrudate, bare, profile și tuburi, precum și la tuburile înecate când sunt supuse unei alungiri într-o măsură prestabilită, după tratament la cald în soluție sau după răcire de la temperatura ridicată a procesului de formare. Acestor produse li se poate aplica o rectificare minoră în vederea conformării lor cu toleranțele standardizate.

Cifre adiționale, dintre care prima nu trebuie să fie zero, pot fi adăugate desemnărilor T1 ... T10, pentru a se indica o variație în tratament care alterează semnificativ caracteristicile produsului respectiv care sunt, sau pot fi, obținute prin utilizarea tratamentului de bază.

Următoarele cifre adiționale specifice au fost atribuite pentru căliri de relaxare a stresului ale produselor forjate:

T_52 Se aplică la produsele care sunt relaxate prin comprimare după tratament la cald în soluție sau după răcire de la temperatura ridicată a procesului de formare, în scopul de a produce un set de 1 până la 3 procente.

Relaxare prin extensie

T_51 Se aplică la bare plate și roluite sau finisate la rece, prin alungire într-o măsură prestabilită, după tratament la cald în soluție sau după răcire de la temperatura ridicată a procesului de formare. În continuare, produsele nu sunt rectificat după extensie.

Relaxare prin compresie

Relaxare prin extensie și compresie combinate

T_54 Se aplică la forjate în matrițe care sunt relaxate prin răcire de restabilire la rece în matricea finală.

Plăci de la 1,5 la 3% set permanent;
Roluite sau finisate la rece;

NOTĂ: Aceleași cifre (51, 52, 54) pot fi adăugate pentru desemnarea W pentru a indica soluția instabilă tratată la cald și tratamentul de relaxare.

Următoarele desemnări pentru călire au fost atribuite pentru produsele-test forjate din material tratat la cald după recoacere (O, O1, etc) sau călire F.

T₅₂ Soluție tratată la cald după recoacere sau călire F și îmbătrânire naturală la o substanțială condiție stabilă.

T₅₂ Soluție tratată la cald după recoacere sau călire F și îmbătrânire artificială.

Desemnările pentru călire T42 și T62 pot fi, de asemenea, aplicate la produse forjate tratate la cald după orice călire de către utilizator, atunci când astfel de tratamente termice conduc la proprietățile mecanice aplicabile acestor tipuri de călire.

Variante ale călirii O: recoacerea

O cifra ce urmează după O, când este cazul, arată că un produs în condiții de recoacere are caracteristici speciale.

NOTĂ: Așa cum călirea O nu este parte din seria H a operațiilor de întărire la deformății, variantele călirii O nu se vor aplica produselor făcute rezistente la deformății după recoacere și la care efectele întăririi la deformății se regăsesc în proprietățile mecanice sau în alte caracteristici.

Desemnări ale variantelor călirii O

Următoarele desemnări au fost atribuite pentru produsele forjate recoapte la temperatură înaltă pentru a se accentua răspunsul ultrasonic și a se obține stabilitate dimensională.

O1 Tratat termic la aproximativ același timp și temperatură necesare pentru tratamentul la cald în soluție și răcit lent până la temperatura camerei. Aplicabil la produsele care trebuie să fie prelucrate de către utilizator înainte de tratamentul la cald în soluție. Limitele proprietăților mecanice nu sunt aplicabile.

Desemnarea călirilor neînregistrate

Litera P a fost desemnată pentru variantele călirilor H, T și O, care sunt negociabile între fabricant și cumpărător. Litera P urmează imediat după desemnarea călirii respective. Exemple specifice, în care o astfel de desemnare poate fi aplicată, includ următoarele:

Utilizarea călirii este limitată suficient pentru a preceda înregistrarea sa. (Variantele călirii H negociate au fost, la început, indicate printr-o a treia cifră zero).

Condițiile de testare (locația probei, numărul de probe, configurația specimenelor testate etc.) diferă de cele cerute pentru înregistrare de Asociația Aluminiului.

Limitele proprietăților mecanice nu sunt stabilite pe aceleași baze ca cele necesare înregistrării de Asociația Aluminiului.

3. CONCLUZII

Îndexarea aliajelor de aluminiu turnate și forjate ilustrează ușurarea apelării acestor materiale de către specialiștii interesați.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Andrescu, I., Mușiu, T.A., Stere, M.**, *Studii și cercetări experimentale privind caracteristicile mecanice de rezistență, de plasticitate și de comportare la coroziune a aliajelor experimentale*, Proiect de cercetare, E2/2003, contract ÎNCAS/SAR – MEC/ASR
- [2] **Niu, C.Y.**, *Airframe Structural Design*, Conmilit Press Ltd., P.O. Box 23250, Wanchai Post Office, Lockheed Aeronautical Systems Company, Burbank, California, 1995
- [3] **Sertour, G.**, *Choix des matériaux entrant dans la construction des cellules d'avions*, Ecole d'Eté sur la Rupture, la Colle-sur-Loup, 7 au 18/9/1970
- [4] *** *MIL-HDBK-5 (Military Handbook), Metallic Materials and Elements for Flight Vehicle Structures*, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 2001
- [5] *** *Report of the AdHoc Committee on Air Force Aircraft Jet Engine Manufacturing and Production Processes*, United States Air Force Scientific Advisory Board, SAF/AQQS: the Pentagon, Washington, D.C., USA, 1992