

STUDII PRIVIND EVIDENȚIEREA PROCESĂRII ALIAJELOR DE ALUMINIU (III)

STUDIES CONCERNING THE ALUMINIUM ALLOYS POINTING OUT PROCESS (III)

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_utcb@yahoo.com

Rezumat: *Articolul prezintă valori privind rezistența la coroziune pentru aliajele de aluminiu forjabile și turnabile.*

Cuvinte cheie: *aluminiu, aliaj, tensiune, coroziune*

Abstract: *The article contents forgeable and moulding aluminium alloys corrosion strength properties values*

Key words: *aluminium, alloys, strength, corrosion*

REZISTENȚA LA COROZIUNE

Rezistența la fisurare de coroziune sub sarcină – În serviciu, defectarea prin fisurare la coroziune sub sarcină poate fi cauzată de stresul produs de o mare varietate de surse, incluzând tratamentul termic în soluție, rectificarea, formarea, ajustarea, fixarea prin strângere și sarcinile îndelungate în funcționare. Stresul poate fi de întindere sau defectările SSC pot fi cauzate de tensiuni îndelungate la forfecare. Sufluri în unele cămășuri de protecție contra coroziunii pot fi suficiente pentru apariția defectărilor SSC. Aliajele de aluminiu de înaltă rezistență, forjate, tratabile termic, sunt susceptibile, în cazul unor tratamente de călire, la fisurarea de coroziune sub sarcină, fapt care depinde de tipul produsului, mărimea secțiunii, direcția și mărimea încărcării. Aceste aliaje de aluminiu includ: 2014, 2015, 2618, 7075, 7150 și 7475 în cadrul tipului T6 de călire și 2024, 2124, 2219 și 2519, pentru T3 și T4. Pentru alte combinații de tratamente de călire, îndeosebi în cazul aliajelor 2024, 2124, 2219 și 2519, pentru T3 și T4. Pentru alte combinații de tratamente de călire, îndeosebi în cazul aliajelor 2024, 2124, 2219 în tipurile T6 sau T8 de călire și 7010, 7049, 7050, 7075, 7149, 7175 și 7475 în tipul T73, materialele sunt categoric mai rezistente, permițând suportarea unor tensiuni de întindere de până la 50-75% din tensiunea minimă de curgere, fără pericolul de fisurare la coroziune. Tratamentele de călire T74 și T76 pentru aliajele 7010, 7075, 7475, 7049, 7149 și 7050 conduc la un grad intermediar de rezistență la coroziune sub tensiune, adică superior călirii T6, dar nu atât de bun

ca T73 pentru 7075. Pentru asistență în selectarea materialelor, în tabelul 1 se prezintă litere de evaluare ce indică rezistența relativă la fisurare corozivă sub tensiune pentru o varietate de forme de produse din forjate din seriile de aliaje de aluminiu tratate termic 2000, 6000 și 7000. În adaos, informații cantitative mai detaliate, sub forma tensiunilor maxime specifice de întindere alternative până la care pot fi supuse probele imerse în mediu coroziv fără să se fisureze, sunt prezentate în tabelele nr. 2 și 3, pentru diferite forme de produse din aliaje de aluminiu tratate termic.

Aliajele 5083, 5086 și 5046 nu vor fi utilizate sub sarcini înalte, constant aplicate în timpul unei funcționări continue la temperaturi ce depășesc -65°C , deoarece prezintă susceptibilitatea fisurării aleatoare la coroziune sub sarcină. În general, călirile H34 până la H38 pentru 5086 și H32 până la H38 pentru 5083 și 5456 nu sunt recomandate, din cauza susceptibilității aliajelor respective astfel tratate la fisurare de coroziune sub sarcină.

Pentru formarea la rece a pânzelor și plăcilor din aliaj 5083 tratate H112, H321, H323 și H343 și din aliaj 5456 tratate H112 și H321, trebuie să se utilizeze o rază minimă de curbura de 5T. Se recomandă formarea la cald în cazul tratamentului de călire O pentru aliajele 5083 și 5456 și este de preferat temperări prin prelucrare la rece pentru a se evita prelucrările excesive la rece și tensiunile reziduale înalte. Dacă temperările prin prelucrare la rece se referă la aliaje tratabile termic, acestea sunt încălzite pentru formare la cald, putând însă rezulta o ușoară scădere a proprietăților mecanice, în particular a rezistenței la curgere.

Rezistența la exfoliere - Aliajele de aluminiu forjabile, de înaltă rezistență, sunt susceptibile, în cazul unor anumite tipuri de tratamente de călire, la exfoliere datorită coroziunii. Această susceptibilitate depinde de produs și de dimensiunea secțiunii. În general, acele aliaje și tipuri de călire care prezintă o slabă rezistență la fisurare de coroziune sub sarcină, prezintă și o slabă rezistență la exfoliere, pe când aliajele și călirile cu o bună rezistență la fisurare de coroziune sub sarcină au și o bună rezistență la exfoliere, uneori chiar imunitate. De exemplu, călirea T76 la aliajele 7075, 7049, 7050 și 7475 conduce la o foarte înaltă rezistență la exfoliere, cu siguranță superioară călirii T6, iar călirea T73 pentru aliajul 7075 conduce aproape la imunitate .

Tabelul nr. 1.

Rezistența la coroziune sub sarcină^a pentru produse din aliaje de aluminiu înalt rezistente

Aliajul și călirea ^b	Direcția de testare ^c	Plăci roluite	Tije și bare ^d	Profile extrudate	Forjate
2014 –T6	L	A	A	A	B
	LT	B ^e	D	B ^e	B ^e
	ST	D	D	D	D
2024 –T3, T4	L	A	A	A	f
	LT	B ^e	D	B ^e	f
	ST	D	D	D	f
2024 –T6	L	f	A	f	A
	LT	f	B	f	A ^e
	ST	f	B	f	D
2024 –T8	L	A	A	A	A
	LT	A	A	A	A
	ST	B	A	B	C
2124 –T8	L	A	f	f	f
	LT	A	f	f	f
	ST	B	f	f	f
2219 -T351X, T37	L	A	f	A	f
	LT	B	f	B	f
	ST	D	f	D	f
2219 –T6	L	A	A	A	A
	LT	A	A	A	A
	ST	A	A	A	A
2219 –TXXX, T87	L	A	f	A	A
	LT	A	f	A	A
	ST	A	f	A	A
6061 –T6	L	A	A	A	A
	LT	A	A	A	A
	ST	A	A	A	A

**Rezistența la coroziune sub sarcină^a pentru produse din aliaje de aluminiu
înalt rezistente – continuare**

Aliajul și călirea ^b	Direcția de testare ^c	Plăci roluite	Tije și bare ^d	Profile extrudate	Forjate
7040 –T7451	L	A	f	f	f
	LT	A	f	f	f
	ST	B	f	f	f
7049 –T73	L	A	f	A	A
	LT	A	f	A	A
	ST	A	f	B	A
7049 –T76	L	f	f	A	f
	LT	f	f	A	f
	ST	f	f	C	f
7050 –T74	L	A	f	A	A
	LT	A	f	A	A
	ST	B	f	B	B
7050 –T76	L	A	A	A	f
	LT	A	B	A	f
	ST	C	B	C	f
7075 –T6	L	A	A	A	A
	LT	B ^e	D	B ^e	B ^e
	ST	D	D	D	D
7075 –T73	L	A	A	A	A
	LT	A	A	A	A
	ST	A	A	A	A
7075 –T74	L	f	f	f	A
	LT	f	f	f	A
	ST	f	f	f	B
7075 –T76	L	A	f	A	f
	LT	A	f	A	f
	ST	C	f	C	f
7149 –T73	L	f	f	A	A
	LT	f	f	A	A
	ST	f	f	B	A
7175 –T74	L	f	f	f	A
	LT	f	f	f	A
	ST	f	f	f	B
7475 –T6	L	A	f	f	f
	LT	B ^e	f	f	f
	ST	D	f	f	f
T475 –T73	L	A	f	f	f
	LT	A	f	f	f
	ST	A	f	f	f
7475 –T76	L	A	f	f	f
	LT	A	f	f	f
	ST	C	f	f	f

Studii privind evidențierea procesării aliajelor de aluminiu (III)

- a Determinările s-au făcut prin măsurarea valorilor a cel puțin zece loturi aleatoare pentru care rezultatele au arătat o conformare de 90%, când au fost testate la următoarele sarcini:
- A - egală sau mai mare decât 75% din rezistența de curgere specifică minimă. Valoare foarte înaltă. SSC nu este anticipat în aplicațiile generale dacă tensiunea continuă totală la întindere* este mai mică decât 75% din rezistența de curgere specifică minimă pentru aliaj, tratament termic, forma produsului și orientare.
 - B - egală sau mai mare decât 50% din rezistența de curgere specifică minimă. Valoare înaltă. SSC nu este anticipat dacă tensiunea continuă totală la întindere* este mai mică decât 50% din rezistența de curgere specifică minimă.
 - C - egală sau mai mare decât 25% din rezistența de curgere specifică minimă sau 14,5 ksi (10 daN/mm²) ceea ce este mai mult. Valoare intermediară. SSC nu este anticipat dacă tensiunea continuă totală la întindere* este mai mică decât 25% din rezistența de curgere specifică minimă. Acest tip (A) este desemnat pentru direcția transversală scurtă la piesele utilizate în primul rând pentru rezistența lor înaltă la exfoliere din cauza coroziunii, în cazul structurilor subțiri, unde aplicarea unor sarcini pe direcția transversală scurtă nu se agreează.
 - D - nu atinge criteriile de mai sus (pentru C). Nivel scăzut. Defectările SSC au avut loc în timpul funcționării (serviciului) sau sunt anticipate dacă apare orice stres în direcția de test desemnată. Acest nivel se desemnează numai pentru direcția transversală scurtă la anumite materiale.
- NOTĂ: Nivelele de tensiune de mai sus nu trebuie interpretate ca stresuri “de prag” și nu sunt recomandate pentru proiectare.
- * Suma tuturor tensiunilor, inclusiv a celor provenind din: încărcările pe timpul serviciului, tratamente termice, rectificare, formare etc.
- b Evaluările se aplică la produsele prelucrate standard în tipurile de călire indicate, inclusiv călirile cu tensiunile relaxate și pot fi invalidate în unele cazuri prin aplicarea de către utilizator a unor tratamente nestandardizate privind deformările la temperatura camerei.
 - c Direcția de testare se referă la orientarea direcției de încărcare relativ la direcția grăunților structurii unor materiale forjabile, care în cazul extrudatelor și forjatelor nu pot fi predictibile pornind de la secțiunea lor transversală. **L** – longitudinală: paralela cu direcția principală de întindere a metalului pe timpul manufacturării produsului. **LT** – transversala lungă: perpendicular pe direcția extensiei principale a produsului. În cazul produselor a căror structură granulară arată clar direcționalitatea (raportul lățime pe grosime mai mare decât doi) LT va fi perpendiculară pe direcția dimensiunii majore a grăunților. **ST** – transversala scurtă: perpendiculară pe direcția principalei extensii a metalului și paralela cu dimensiunea minoră a grăunților, în cazul produselor cu o direcționalitate semnificativă.
 - d Secțiuni cu raportul lățime pe grosime egal sau mai mic decât doi, pentru care nu există distincție între LT și ST.
 - e Valorile sunt cu o clasă mai scăzute pentru secțiunile groase: extrudate, 25,4 mm și peste; plăci și forjate, 38,1 mm și peste.
 - f Evaluarea nu este stabilă deoarece produsul nu este oferit comercial.

Tabelul nr. 2.

Tensiunea de întindere maximă specificată până la care probele-test nu cedează, determinată prin teste alternate efectuate în imersie de 3½% NaCl^a, pentru piese forjate în matriță din aliaje de aluminiu rezistente la coroziune sub sarcină.

Aliajul și călirea	Direcția de testare	Grosimea, mm	Tensiunea, daN/mm ²	Specificații referențiale
7049 -T73	ST	19,05-50,8 50,83-127,0	32,3 ^b 31,6 ^b	QQ-A-367, AMS 4111, ASTM B 247
7050 -T74	ST	19,05-152,4	24,6	AMS 4107
7050 -T7452	ST	19,05-101,6	24,6	AMS 4333
7050 -T73	ST	19,05-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	29,5 ^b 28,8 ^b 27,4 ^b 26,7 ^b	MIL-A-22771, QQ-A-367 AMS 4241, ASTM B 247 AMS 4141
7075 -T7352	ST	19,05-101,8 76,23-101,8	29,5 ^b 27,4 ^b	MIL-A-22771, QQ-A-367, AMS 4147, ASTM B 247
7075 -T7354 ^c	ST	19,05-76,2	29,5	Specificatia companiei
7075 -T74 ^c	ST	19,05-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	24,6 21,8 ^d 21,1 ^d 20,4 ^d	AMS 4131
7149 -T73	ST	19,05-50,8 50,83-127,0	32,3 ^b 31,6 ^b	AMS 4320
7175 -T74	ST	19,05-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	24,6 21,8 ^d 21,1 ^d 20,4 ^d	AMS 4149, ASTM B 247 AMS 4149
7475 -T7452 ^c	ST	19,05-76,2	24,6	AMS 4179

^a Cele mai multe specificații se referă la ASTM G 47, care cere o expunere de 20 de zile pentru aliajele 7XXX, pe direcția ST.

^b 75% din rezistența minimă de curgere specificată pe direcția transversală lungă.

^c Valorile de proiectare nu sunt incluse în MIL-HDBK-5

^d 50% din rezistența minimă de curgere specificată pe direcția transversală lungă.

A NU SE UTILIZA VALORILE TENSIUNII ÎN PROIECTARE

Tensiunea de întindere maximă specificată până la care probele-test nu cedează, determinată prin teste alternate efectuate în imersie de 3½% NaCl^a, pentru piese forjate manual din aliaje de aluminiu rezistente la coroziune sub sarcină.

Aliajul și călirea	Direcția de testare	Grosimea, mm	Tensiunea, daN/mm ²	Specificații referențiale
7049 -T73	ST	50,83-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0	31,6 ^b 30,9 ^b 29,5 ^b	Q-A-367, AMS 4111, ASTM B 247
7049 -T7351 ^c	ST	19,05-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0	30,9 ^b 30,2 ^b 28,1 ^b	AMS 4247
7050 -T7452	ST	19,05-203,2	24,6	AMS 4108
7075 -T73	ST	19,05-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	29,5 ^b 28,8 ^b 27,4 ^b 26,7 ^b	MIL-A-22771, Q-A-367, ASTM B 247
7075 -T7352	ST	19,05-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	27,4 ^d 26,0 ^d 25,3 ^d 23,9 ^d	AMS 4147
7075 -T74 ^c	ST	19,05-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	24,6 21,1 ^c 19,7 ^c 19,0 ^c	AMS 4131
7075 -T7452 ^c	ST	19,05-50,8 50,83-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	24,6 20,4 ^f 19,7 ^f 18,3 ^f 16,9 ^f	AMS 4323
7149 -T73	ST	50,8-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0	30,9 ^d 30,2 ^d 29,5 ^d	AMS 4320*
7175 -T74	ST	19,06-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	24,6 20,4 ^f 19,7 ^f 18,3 ^f	AMS 4149
7075 -T7651	ST	9,06-76,2 76,23-101,6 101,63-127,0 127,03-152,4	24,6 19,0 ^f 18,3 ^f 16,9 ^f	AMS 4179

^a Cele mai multe specificații se referă la ASTM G 47, care cere o expunere de 20 de zile pentru aliajele 7XXX, pe direcția ST.

^b 75% din rezistența minimă de curgere specificată pe direcția transversală lungă.

^c Valorile de proiectare nu sunt incluse în MIL-HDBK-5

^d 75% din rezistența minimă de curgere specificată pe direcția transversală lungă.

^e 50% din rezistența minimă de curgere specificată pe direcția longitudinală.

^f 50% din rezistența minimă de curgere specificată pe direcția transversală lungă.

A NU SE UTILIZA VALORILE TENSIUNII IN PROIECTARE

CONCLUZII

Cunoașterea rezistenței la coroziune sub sarcină pentru aliajele de aluminiu turnate și forjate poate ajuta apelarea acestor materiale în proiectare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *** *MIL-HDBK-5 (Military Handbook), Metallic Materials and Elements for Flight Vehicle Structures* U.S. Government Printing Office Washington D.C. 2001

[2] *** *Report of the AdHoc Committee on Air Force Aircraft Jet Engine Manufacturing and Production Process, United State Air Force Scientific Advisory Board, SAF/AQQS the Pentagon Washington D.C. U.S.A 1992*

[3] **Niu C.Y.**, *Airframe Structural Design*, Conmilit Press Ltd., P.O.Box 23250, Wanchai Post Office Lockheed Aeronautical Systems Company, Burbank, California, 1995