



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”  
SEBEȘ, 2017

## **BRAZARE NICHEL-ALUMINIU**

Nicu Marian TRANDAFIR, George ARGHIR, Liviu BRÂNDUȘAN

### **BRAZING OF NICKEL-ALUMINIUM**

The brazing between nickel and aluminium plates is a very sensible process being influenced by type of used materials and by brazing devices which maintain in contact the metal plates. These brazing devices have a very important purpose, their pressure affect directly the capillarity force. If the brazing devices are too tight (like 7 bar pressure), the filler melted metal escape from the grip, causing presence of defects in the joint; if the brazing devices are not tight enough (like 5 bar pressure) the capillarity forces become weak, allowing the voids inside the joint. Therefore, it' is optimal for a nickel-aluminium brazed joint without defects a 6 bar pressure, created by brazing devices,

Keywords: brazing, Ni-Al

Cuvinte cheie: brazare, Ni-Al

#### **1. Introducere**

După cum se știe, combustibilul petrolifer este epuizabil, necesarul mondial aflându-se într-o scădere exponențială. Mai mult decât atât, acest combustibil este deosebit de poluant și dăunător atât pentru atmosfera terestră, cât și pentru biosferă, faună și întreaga societate umană. În acest sens, pentru a diminua consumul excesiv de petrol și produse petrolifere, precum și pentru a elimina efectele dezastruoase ale arderii acestora, se dorește realizarea unor autovehicule electrice, respectiv a unor autovehicule hibrid. Acest gen de autovehicule au în componența lor un anumit tip de schimbător de

căldură cu aripioare, ce realizează răcirea fluidelor provenite de la motor.

Schimbătorul de căldură, reprezintă subiectul acestui articol; articolul de fapt, ce își propune cercetarea îmbinării părților componente ale răcitorului, îmbinare obținută prin brazare.

Brazarea componentelor răcitorului se realizează într-un cuptor orizontal continuu; plăcile din aluminiu se brazează printr-un proces sensibil, dar odată stabiliți parametrii de brazare și dispozitivele de montaj adecvate, nu întâmpină probleme majore. Provocarea e mult mai mare atunci când se dorește lipirea tare dintre un metal cu punct de topire înalt (cum e nichelul, 1455 °C) și alt metal cu punct de topire mult mai mic (alumiuniul, 660 °C).

Examinarea brazării dintre nichel și aluminiu, se face printr-un control nedistructiv, metoda optimă folosită fiind **scanarea acustică microscopică**. Această scanare, se realizează cu ajutorul scanner-ului SAM 301, ce folosește ultrasunetele pentru a crea imagini 2D și 3D. Prin această metodă este posibilă o analiză detaliată a îmbinării brazate, la nivel micrometric, depistarea și observarea defectelor fiind realizată cu o acuratețe înaltă [1].

## 2. Dimensiuni. Materiale utilizate. Compoziție chimică

Schimbătorul de căldură este compus din 4 plăci de aluminiu, de formă pătrată, cu latura de 175 mm, având grosimea: prima placă (superioară) de 11 mm, placa a doua și a treia 3 mm și placa a patra de 2 mm. De asemeni, deasupra primei plăci sunt dispuse 6 plăcuțe din nichel groase de 1,05 mm; trei plăcuțe din nichel au dimensiunile 35,5x25 mm, iar celelalte trei au 33,5x25 mm. Aripioarele (numite turbulatori), fiind în număr de 3 bucăți, cu grosimea de 0,5 mm, celelalte dimensiuni fiind 72x20 mm.

**Brazarea (lipirea tare)** este un procedeu de îmbinare la cald, folosind ca material de adaos un aliaj de lipit (material de aport) diferit de materialele de bază [2]. Ea se realizează într-un cuptor, la o temperatură mai mare de 450 °C, respectiv în jurul valorii de 600 °C, timp de maximum 25 de minute, în atmosferă controlată (azot).

Materialele de bază folosite pentru realizarea acestei brazări sunt selectate conform Standardului Internațional NO2201(*Unified Numbering System-UNS*), și sunt următoarele:

- **Nichel, W 2.4068 HV100** (nichel aproape pur)
- **Aliaj de Aluminiu, LL 93003/2x7,5 % EN AW 4045 O**, la care "4045", reprezintă aliajul AlSi10 cu care este placat metalul de

bază din aluminiu (7,5% din grosimea plăcii).

Materialul de aport utilizat este:

- **Nocolok Flux Binder** (suspensie)

Compoziția chimică a metalelor de bază apare în tabelul 1 [3].

Tabel 1

Compoziție chimică, %			
Elemente	Nichel(W 2.4068)	Aliaj Al(LL 93003)	Placaj 4045
Ni	99...100	0	0
Fe	0...0,4	0	0,8
Si	0...0.35	0...0,6	9...11
Mn	0...0,35	1...1,5	0,05
Cu	0...0,25	0,05...0,2	0,3
C	0...0.02	0	0
Al	0	98,6...99	89...91
Zn	0	0...0,1	0,1
Ti	0	0	0,2
Mg	0	0	0,05

Materialul de aport este o suspensie care se pulverizează pe acea suprafață a plăcuțelor din nichel ce se va braza cu aluminiul. El conține 35 % flux Nocolok ( $\text{KAIF}_4$ ), 15 % Binder (N-metil-2-pirolidon-agent surfactant), 5 % agent de îngroșare și 45 % apă dedurizată. Acest material de aport la peste 570 °C se lichefiază, dizolvând urmele de oxizi și protejându-se atât pe sine, cât și suprafața metalelor de bază, până la brazare [4].

Așadar, prin brazarea metalelor de bază cu materialul de aport, se vor obține atât legături intermetalice Ni-Al, cât și eutectice ternare Ni-Al-Si, deosebit de rezistente la solicitările mecanice la care este supus răcitorul în timpul funcționării autovehiculului.

### 3. Dispozitive de montaj

Componentele schimbătorului de căldură spălate și prefluxate, se aduc în contact pentru obținerea îmbinării brazate dorite, cu ajutorul unor dispozitive de strângere. Acestea trebuie să asigure un contact intim optim care să faciliteze fenomenul fizic de capilaritate, de bază în procesul de brazare. Dispozitivele de montaj trebuie să fie confecționate dintr-un metal mult mai dur decât metalele pe care le strâng (oțel inoxidabil refractar W 1.4742), deoarece vor suferi solicitări mecanice la montaj și termice repetate în cuptorul de brazare.

Montajul părților componente ale răcitorului este semi-automatizat și ilustrat în figura 1.

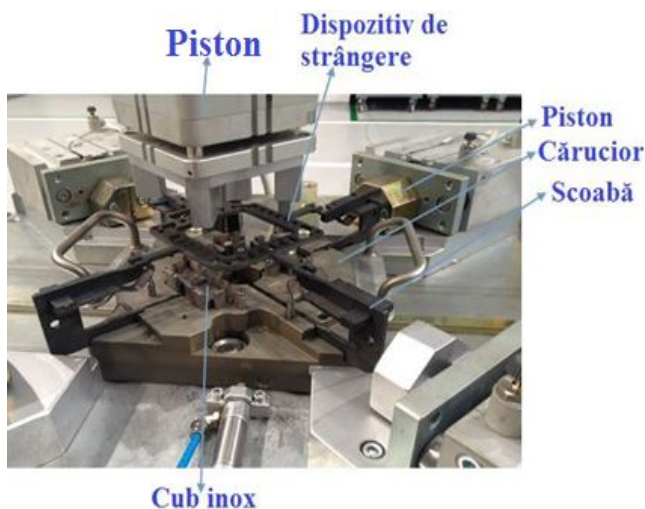


Fig. 1 Răcitorul în dispozitivul de montaj

Răcitorul se poziționează cu fața în jos pe un cărucior mobil ce conține șase cuburi de inox, corespunzător celor șase plăcuțe din nichel. Cuburile de inox au rolul de a

realiza o presiune uniformă pe întreaga suprafață a plăcuțelor din nichel. De asemeni, aceste cuburi împreună cu dispozitivele de strângere sunt aduse în contact cu produsul prin intermediul a 4 scoabe din oțel inoxidabil. Scoabele, la rândul lor, sunt acționate de 4 pistoane ce exercită o anumită presiune cu ajutorul aerului comprimat. Presiunea scoabelor este deosebit de importantă, întrucât ea influențează în mod direct calitatea îmbinării brazate. Din acest punct de vedere, s-au realizat trei experimente:

- montaj cu dispozitive ce strâng la o presiune de 5 bar;
- montaj cu dispozitive ce strâng la o presiune de 6 bar;
- montaj cu dispozitive ce strâng la o presiune de 7 bar.

### 3.1 Montaj la presiune de 5 bar

Manometrul anexat standului de montaj, indică presiunea pistoanelor reglată pentru acest experiment și anume 5 bar. Componentele prefluxate ale răcitorului sunt aduse în contact la această presiune și apoi, produsul montat se așează pe banda cuptorului de brazare orizontal continuu. Jocul dintre materialele de bază și cel de aport este de 1 mm, figura 2.

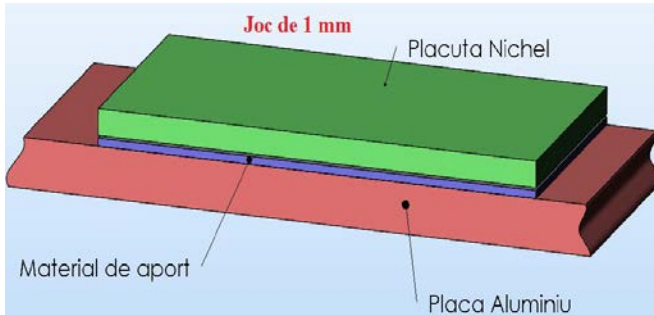


Fig. 2 Ordinea așezării materialelor în dispozitivul de montaj

După parcurgerea traseului din cuptor, produsul brazat este supus unui control nedistructiv, în speță, îmbinarea brazată nichel-aluminiu. Controlul nedistructiv se referă la scanare acustică microscopică la scanner-ul SAM 301. Rezultatele sunt ilustrate în figura 3.

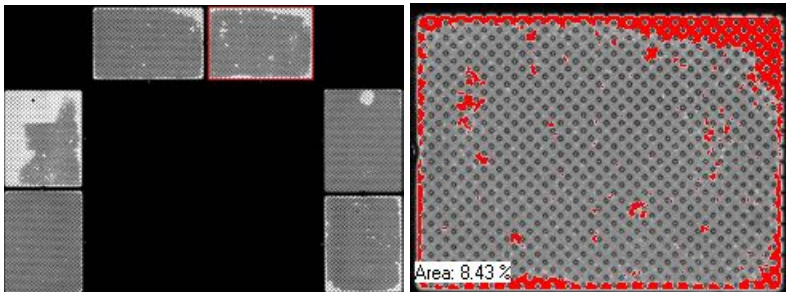


Fig. 3 Scanarea acustică microscopică a brazării

Valorile obținute sunt centralizate în tabelul 2

Tabel 2

Presiune, bar	Joc, mm	Suprafață brazată, %	Suprafață nebrazată, %	Adâncime defect, mm
5	1	91,57	8,43	0,16

### 3.2 Montaj la presiune de 6 bar

În scopul îmbunătățirii contactului dintre materialele de bază și cel de aport, s-a mărit presiunea pistoanelor ce acționează cele 4 scoabe la 6 bar. Imaginea, figura 4, sugerează un joc mai mic (0,05-0,08 mm) decât în primul experiment, ce denotă un contact mai bun.

În urma controlului cu ultrasunete, scanarea a relevat o scădere a numărului de defecte, precum și o reducere considerabilă a suprafețelor lor, figura 5.

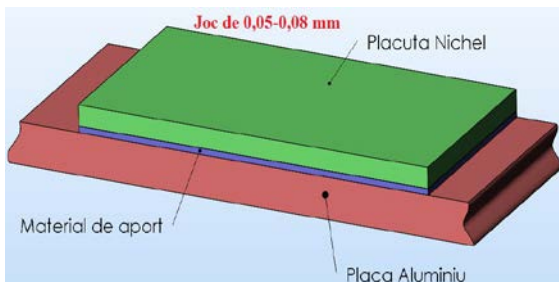


Fig. 4 Ordinea așezării materialelor în dispozitivul de montaj,  $p = 6$  bar

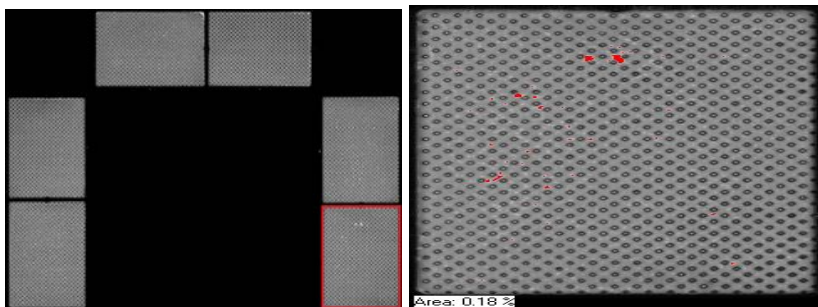


Fig. 5 Scanarea acustică a brazării cu  $p = 6$  bar

În tabelul 3 sunt puse în evidență valorile obținute.

Tabel 3

Presiune, bar	Joc, mm	Suprafață brazată, %	Suprafață nebrazată, %	Adâncime defect, mm
6	0,03-0,05	99,82	0,18	0,07

### 3.3 Montaj la presiune de 7 bar

S-a mai încercat și presiunea de 7 bar pentru pistoanele ce acționează dispozitivele de strângere, jocul dintre metalele de bază și materialul de aport, fiind unul minim și anume mai puțin de 0,01 mm, așa cum o arată în figura 6.

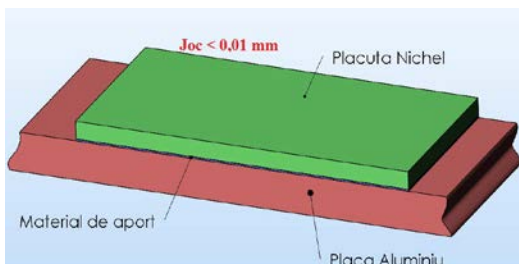


Fig. 6 Ordinea așezării materialelor în dispozitivul de montaj,  $p = 7$  bar

În urma presiunii ridicate, pot avea loc deformații locale ale materialelor de bază, rezultatul scanării acustice microscopice fiind cel reprezentat în figura 7 și rezultatele în tabelul 4.

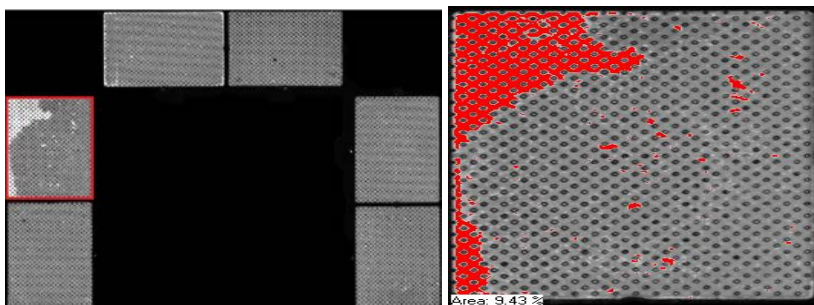


Fig. 7 Scanarea acustică a brazării cu  $p = 7$  bar

Tabel 4

Presiune, bar	Joc, mm	Suprafață brazată, %	Suprafață nebrazată, %	Adâncime defect, mm
7	max. 0,01	90,57	9,43	0,14

#### 4. Interpretarea rezultatelor. Concluzii

- Se consideră că, datorită aducerii în contact prin suprapunere a două metale la cel mult 4 Å, cele două metale vor forma o legătură intermetalică permanentă; acest lucru este datorat, practic, atracțiilor dintre atomii metalelor.

- Fenomenul de capilaritate favorizează o foarte bună brazare atunci când suprafețele puse în contact sunt umectate de materialul de aport topit, lucru realizat doar dacă dispozitivele de strângere asigură contactul adecvat. De fapt, capilaritatea este rezultatul atracției dintre moleculele lichidului între ele și acestea cu moleculele solidului; această atracție este o forță, ce guvernează acțiunea lichidului față de solid, în suprafețe mici [5].

- Forța de compresiune a acestor dispozitive, nu trebuie să fie prea mică, (vezi 3.1) pentru că un contact superficial conduce la o brazare parțială a plăcilor respective, la pierderea parțială a materialului de aport sau o brazare greșită datorită deplasării plăcilor.

- Pe de altă parte, o strângere prea puternică este de nedorit (vezi 3.3), pentru că ar produce deformarea plăcuțelor din nichel, modificând negativ planeitatea lor și, în consecință, accesul aerului în îmbinarea brazată (deci, pori).

■ Mai mult decât atât, un rol deosebit de important îl are și jocul dintre materialele de bază și materialul de aport. Astfel, dacă dispozitivele strâng prea tare, jocul devine minim sau nul; acest lucru conduce la obstrucționarea curgerii materialului de aport topit și la apariția de zone umplute parțial sau neumplute în îmbinarea brazată. Pe de altă parte, dacă dispozitivele au o strângere prea slabă, jocul devine mare; acest lucru conduce la reducerea cantității de material de aport și, implicit, apariția golurilor de aer în îmbinarea brazată.

■ Totodată, tensiunile de comprimare exercitate de materialele de bază asupra materialului de aport scad considerabil, pierzându-se controlul asupra curgerii materialului de aport.

■ În consecință, jocul dintre materialele de bază și cel de aport trebuie astfel reglat, încât să fie capabil să mențină o poziție de echilibru a materialului de aport, care să favorizeze creșterea rezistenței la forfecare a îmbinării și o umplere completă (experimentul 3.2).

## BIBLIOGRAFIE

[1] \* \* \* PVA TePla Analytical Systems, *Winsam 5 User Manual*, Westhausen, Germania, 2015, pag. 5-15, 20-25.

[2] \* \* \* *Suport Curs, Inginer Sudor Internațional/European IWE/EWE*, ASR (Asociația de Sudură din România), Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 20014-2015, pag.1-3.

[3] \* \* \* Standarde, 2016, Canada Ltd., online [www.makeltform.com](http://www.makeltform.com), [26 decembrie 2016, EST:11:48].

[4] \* \* \* *Solvay*, online [www.solvay.com](http://www.solvay.com), [25 februarie 2017, EST: 11:12]

[5] Schwartz Mel M., Sicorsky Aircraft, Toshi Oyama, Mizuhara Howord, WESCO INC., Mary B. Vollaro, Universitatea din Conneticut, Miller Jule A., *ASM Handbook, Welding, Brazing and Soldering*, vol.6, The Materials Information Society, 1993, pag.109, 117.

Drd.Ing.Nicu Marian TRANDAFIR  
Prof.em.Dr. Ing., Fiz. George ARGHIR  
Prof.Dr. Ing. Liviu BRÂNDUȘAN  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, membri AGIR