

SUDAREA LA RECE PE SUPRAFEȚE ZIMȚATE

Șef lucrări dr. inginer **Bogdan GEORGESCU**
Profesor dr. inginer **Valeriu GEORGESCU**
Universitatea “Dunărea de Jos” - Galați

Rezumat

Sudarea la rece pe suprafețe zimțate urmărește sudarea unei componente dintr-un metal ușor deformabil prin presare pe suprafața zimțată a unei componente mai dure. Au fost realizate îmbinări sudate între aluminiu (componenta moale, ușor deformabilă) și cupru, alamă, oțel carbon, oțel inoxidabil (componenta mai dură, zimțată). Rezultatele experimentale arată că sudarea poate fi efectuată folosind grade de deformare cu mult mai mici ca la sudarea clasică la rece. Sudarea este obținută prin deformarea, numai a componentei din aluminiu, cu un grad de deformare 20...30%. Sudarea pe suprafețe zimțate a unor materiale cu plasticitate mult diferită (material moale + material tare) oferă posibilitatea obținerii comode a unor elemente bimetalice sau multistrat. Rezistența la tracțiune este redusă, de până la 10% din rezistența la rupere a aluminiului, ceva mai bună fiind rezistența la forfecare. Rezistența mecanică poate fi îmbunătățită prin tratament termic. Rezistența electrică de contact a îmbinării este neglijabilă, aspect ce recomandă această metodă de îmbinare a aluminiului cu alte metale, în special în domeniul electrotehnic.
Cuvinte cheie: sudare la rece, sudare prin presiune, îmbinări cu aluminiu.

1. Introducere

Aluminiul și aliajele sale pot fi asamblate prin diferite metode mecanice, prin lipire, prin sudare sau prin metode hibride (mixte) [1].

Dintre procedeele de sudare prin presiune sudarea la rece este foarte simplu de executat, prezentând însă următoarele particularități [7]:

➤ curățirea deosebit de îngrijită a suprafețelor de sudat, obligatoriu înainte de momentul presării;

➤ realizarea unor deformări plastice însemnate, de peste 70% în cazul aluminiului și peste 90% în cazul cuprului;

➤ folosirea unor presiuni de refulare ridicate ca urmare a ecruisării puternice a materialului; spre exemplu, în cazul aluminiului moale (recopt) presiunea necesară este de 800...1000 Mpa, de 8...10 ori mai mare decât rezistența la rupere a acestuia.

Sudarea la rece se aplică în prezent în variantele cap la cap, în puncte sau prin laminare [8].

Sudarea prin presare pe suprafețe zimțate reprezintă o nouă variantă tehnologică de sudare la rece. A fost dezvoltată de un colectiv de cadre didactice aparținând catedrei de Robotică și Sudare a Universității “Dunărea de Jos” din Galați.

Componentele din metale ușor deformabile, având suprafețele plane, se presează pe componente din materiale mai dure având suprafețele zimțate [6]. Se urmărește deformarea numai a componentei plastice.

Din punct de vedere practic, avantajul principal al zimțării îl constituie însă posibilitatea sudării la rece prin deformarea numai a componentei din metalul ușor deformabil, cu un grad de deformare (implicit cu o presiune) cu mult mai mic decât în cazul sudării clasice. Acest aspect este evidențiat foarte simplu în figura 1. Probele presate pe suprafețe zimțate s-au sudat pe când cele presate pe suprafețe plane, la același grad de deformare, nu s-au sudat [4].

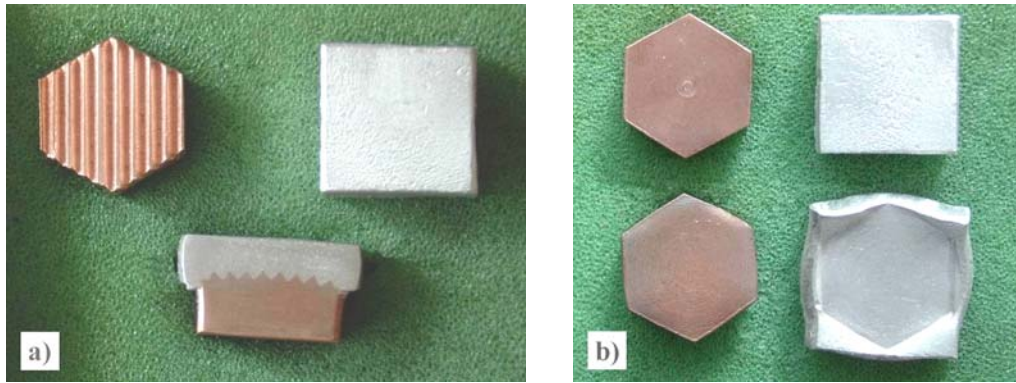


Fig. 1 Probe din aluminiu+cupru presate cu același grad de deformare:
a) sudate pe suprafața zimțată; b) nesudate pe suprafețe plane

Sudarea la rece pe suprafețe zimțate se poate realiza:

- direct, între două componente cu plasticitate diferită;
- indirect, între două componente cu aceeași plasticitate, folosind însă un material intermediar diferit.

2. Sudarea directă

Sudarea directă, prin presare la rece pe suprafețe zimțate, urmărește sudarea prin

presarea unui metal ușor deformabil pe suprafața zimțată a unui metal mai dur. Au fost folosite probe cilindrice cu diametrul de 20 mm și înălțimea de 20...40 mm (figura 2). Suprafețele de sudat au fost curățate mecanic cu peria rotativă din sârmă din oțel inoxidabil, la o turație de 2800 rot./min. Imediat după curățire s-a făcut presarea liberă (fără a limita deformarea aluminiului) pe o presă hidraulică [5].

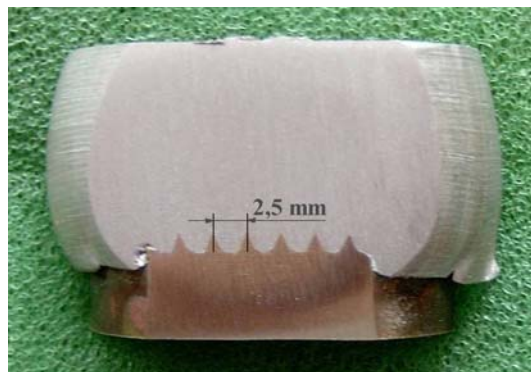


Fig. 2 Probă cilindrică sudată pe suprafețe zimțate

Au fost realizate îmbinări sudate între aluminiu (componenta moale, ușor deformabilă) și cupru, alamă, oțel carbon, oțel inoxidabil (componenta mai dură, zimțată). Pe baza rezultatelor încercărilor efectuate, putem prezenta următoarele caracteristici ale îmbinărilor pe suprafețe zimțate:

A) Geometria zimțării trebuie aleasă în funcție de dimensiunile pieselor de sudat. Pentru piese mici, unghiul de la vârful zimților e bine să fie sub 45 de grade, iar pasul zimțării peste 2,5 mm (figura 3).

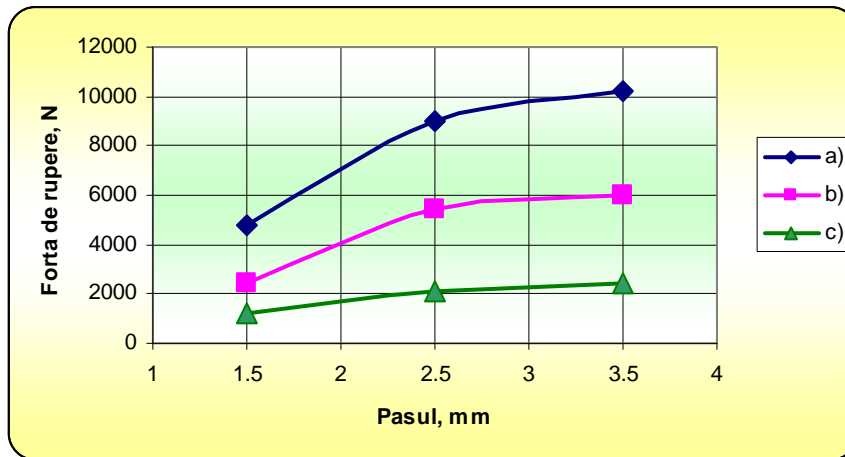


Fig. 3 Forța de rupere a îmbinării pentru pași diferiți:
a) la forfecare transversală; b) la forfecare longitudinală; c) la tracțiune

B) Gradul de deformare. Sudarea are loc la un grad de deformare de 20-30%, prin deformarea numai a componentei din

aluminiiu. Folosirea unui grad de deformare exagerat este inoportun și chiar dăunător [2].

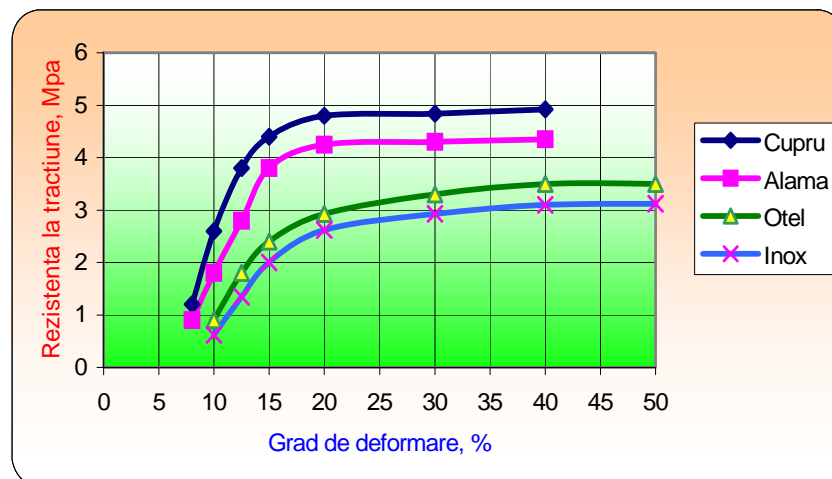


Fig. 4 Variația rezistenței la tracțiune cu gradul de deformare, la sudarea aluminiului cu diverse materiale

În figura 4 putem observa că este asemănător modul de variație al rezistenței la tracțiune cu gradul de deformare, la sudarea aluminiului cu diverse materiale.

Există mici diferențe care permit gruparea materialelor în două categorii:

➤ Cuprul și alama, la care rezistența maximă este ceva mai bună și se obține la un grad de deformare de cca. 20%;

➤ Oțelul carbon și inoxidabil, cu rezistența ceva mai mică și care se obține la un grad de deformare de cca. 30%.

C) Caracteristicile mecanice sunt reduse. Rezistența la tracțiune a îmbinărilor zimțate este de până la 10% din rezistența aluminiului moale ($50 \dots 80 \text{ N/mm}^2$). Rezistența la forfecare este mai bună, mergând până la peste dublul acesteia (figura 5).

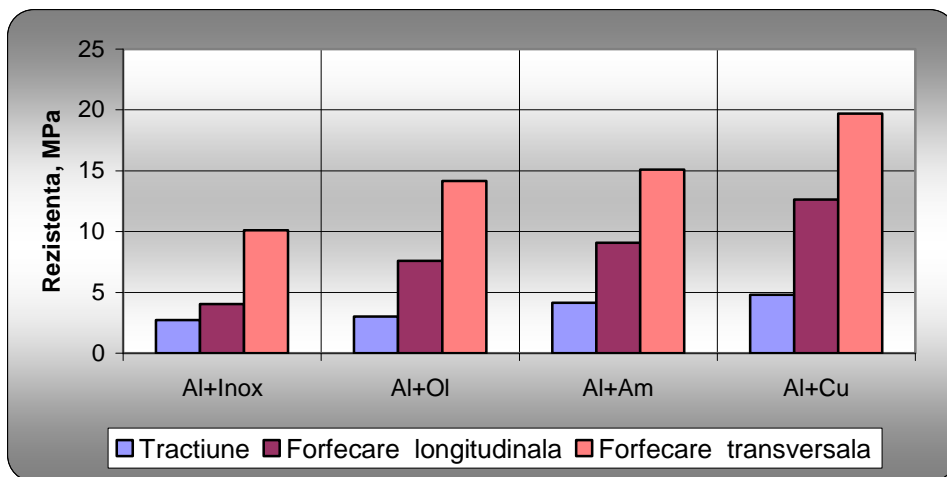


Fig. 5 Rezistența la rupere pentru diferite materiale sudate pe suprafețe zimțate [3]

D) Tratamente termice.

Caracteristicile mecanice pot fi îmbunătățite prin tratament termic. Se

obține o creștere de circa trei ori a acestora prin încălzire la 500° C timp de 30 minute, în mediu atmosferic normal (figura 6).

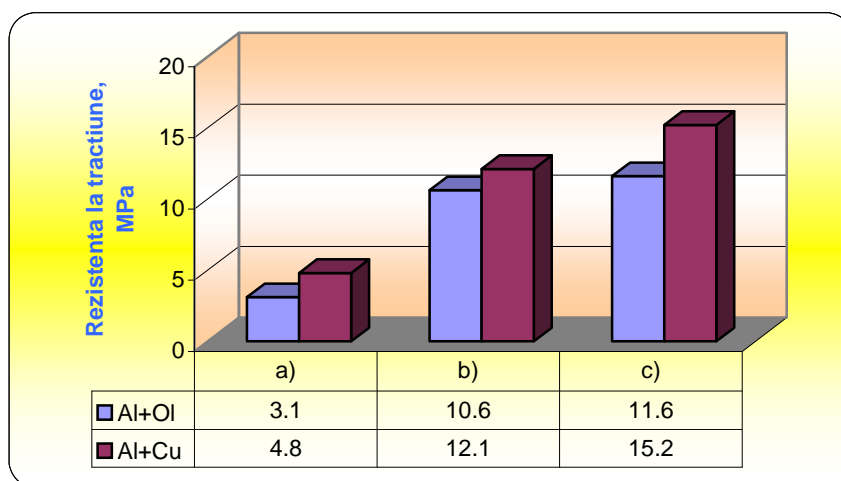


Fig. 6 Influența tratamentului termic asupra rezistenței îmbinării:
a)- fără tratament termic; b)- tratat termic liber; c)- tratat termic precomprimat

E) Rezistența electrică de contact.

Măsurarea rezistenței de contact la probele sudate pe suprafețe zimțate (figura 7) au arătat că acestea au rezistențe neglijabile, între 1 microohmi (pentru Al+Cu) și 6

microohmi (pentru Al+OI). De asemenea, s-a constatat stabilitatea în timp a acestei rezistențe de contact și fără a fi influențată de forța de strângere.



Fig. 7 Măsurarea rezistenței de contact.

3. Sudarea indirectă

La sudarea indirectă, elementul principal îl constituie stratul intermediar care trebuie să fie sudabil cu fiecare componentă în parte. În funcție de plasticitatea acestuia în comparație cu materialele de sudat, putem deosebi situațiile:

- sudare la rece pe suprafețe zimțate cu strat intermediar moale;
- sudare la rece pe suprafețe zimțate cu strat intermediar dur.

Să reținem că această caracterizare a plasticității este relativă, nu absolută. De exemplu, cuprul este mai ușor deformabil (mai moale) decât oțelul, dar este mai dur (mai greu deformabil decât aluminiul sau plumbul).

- *Sudarea indirectă cu strat intermediar moale.*

Constituie o continuitate firească a probelor sudate de tip Cu+Al, Am+Al, Ol+Al, Inox+Al pentru a încerca combinații de tipul Cu+Al+Inox, Am+Al+Ol etc.

Din punct de vedere teoretic, ne propunem sudarea unor componente din materiale rigide, greu deformabile (care au prelucrate anterior o suprafață zimțată), cu ajutorul unui strat intermediar dintr-un metal plastic, ușor deformabil (cu suprafețe netede).

Am folosit probe din cupru, oțel și alamă iar ca material intermediar aluminiu Al 99,5 recopt (figura 8) și plumb. Față de cazul utilizării aluminiului, diferența a fost evidentă în sensul curgerii foarte ușoare a plumbului spre exterior, în lungul zimților ca în figura 9. Este evident că putem suda orice combinație între materialele încercate.

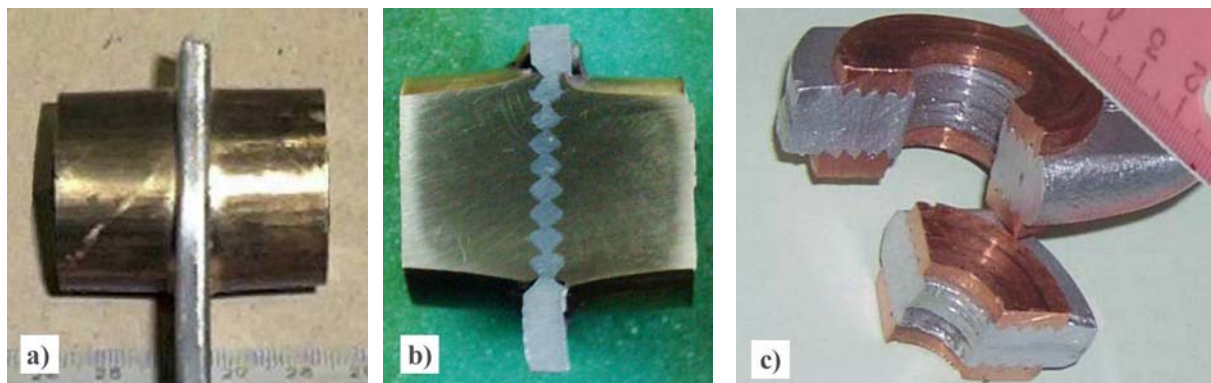


Fig. 8 Sudarea la rece a două componente cu strat de adaos intermediar din aluminiu

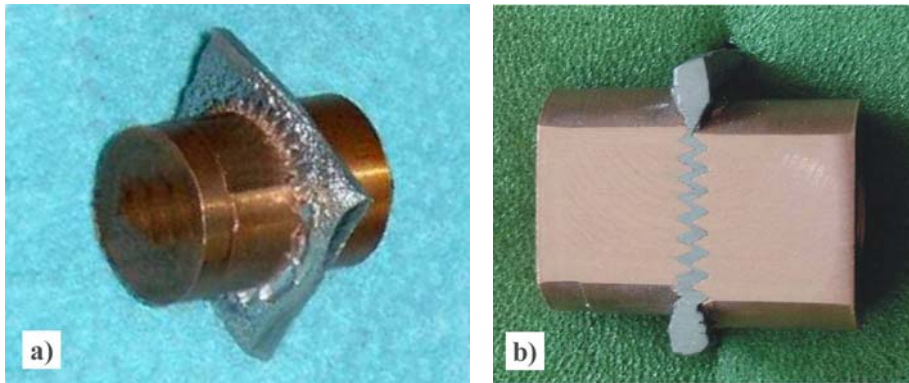


Fig. 9 Probe din cupru sudate cu material intermediar din plumb

- *Sudarea indirectă cu strat intermediar dur.*

Se sudează două componente din metale ușor deformabile, cu suprafețe plane, pe un element zimțat din metal mai greu deformabil. Elementul intermediar poate avea o formă corespunzătoare componentelor de sudat (poligonal, disc, șaibă) și poate fi obținut prin așchiere, matrițare, laminare, îndoire.

Au fost executate probe sudate ca în figura 10 cu elementul intermediar înglobat în

interior. La poziția a) este elementul intermediar pătrat 60x60 mm, la poziția b) este o îmbinare între două plăci de aluminiu de 10 mm, iar la poziția c) o îmbinare între o platbandă de 5 mm din aluminiu și o placă din plumb. Îmbinarea poate fi realizată și cu elementul intermediar intercalat complet între suprafețe (vizibil din exterior), situație în care obținem piese multistrat din metale cu plasticitate diferită.

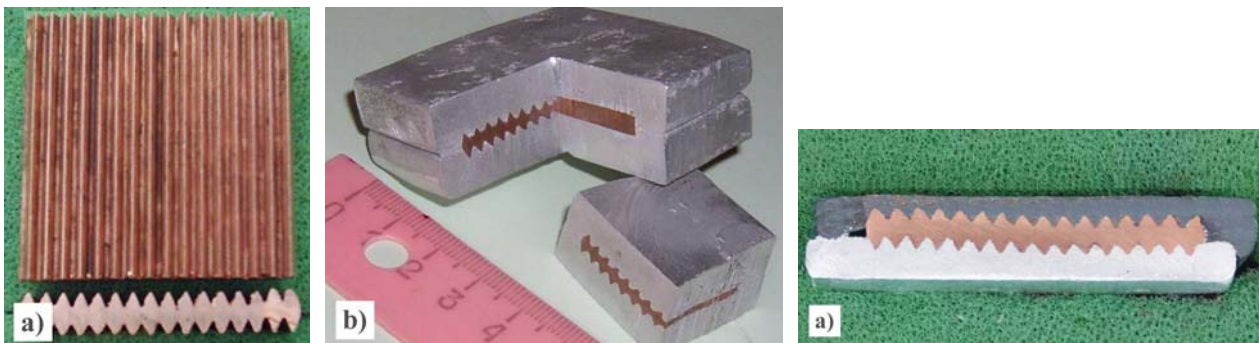


Fig. 10 Îmbinări sudate la rece cu element intermediar zimțat

4. Concluzii

Sudarea la rece pe suprafețe zimțate este o metodă simplă, ușor de executat în orice atelier mecanic. Necesită curățarea îngrijită a suprafețelor de sudat înaintea presării componentelor, în condițiile obișnuite ale mediului ambiant, pe orice tip de presă disponibilă. Prezintă următoarele caracteristici:

- Sudarea prin presare la rece pe suprafețe zimțate poate fi efectuată folosind grade de deformare cu mult mai mici ca la sudarea clasică la rece.

Sudarea este obținută prin deformarea numai a componentei din aluminiu cu un grad de deformare 20...30%.

- Sudarea pe suprafețe zimțate a unor materiale cu plasticitate mult diferită (material moale + material tare), oferă posibilitatea obținerii comode a unor elemente bimetalice sau multistrat prismatice sau plate.
- Rezistența la tracțiune este redusă, putând fi îmbunătățită prin tratament

termic de difuzie, în mediu atmosferic normal.

- Rezistența electrică de contact a îmbinării este neglijabilă, aspect ce

recomandă această metodă de îmbinare a aluminiului cu alte metale, în special în domeniul electrotehnic.

Bibliografie

- [1] *** American Welding Society, - „*Welding handbook, volume 2, Welding processes*” Miami, 1991;
- [2] **GEORGESCU B., CONSTANTIN E., GEORGESCU V.** – „*Gradul minim de deformare necesar sudării la rece pe suprafețe zimțate*”, Revista Asociației de Sudură din România “SUDURA”, ISSN 1453-0384, Nr. 3 din 2005, pag. 23-26;
- [3] **GEORGESCU B., IORDĂCHESCU M., GEORGESCU V.** – „*Characteristic of the cold welded joints on cogged surfaces*”, International Institute of Welding (IIW), International Conference, Prague – Czech Republic, 14-15 July 2005, ISSN 0043-2288, pag. 435-442;
- [4] **GEORGESCU B., IORDĂCHESCU M., GEORGESCU V.** – „*Several aspects concerning cold welding of cogged parts*”, The Annals of “Dunărea de Jos” University of Galați, Fascicle XII, Year XVI, 2005, ISSN 1221-4639, pag. 5-12;
- [5] **GEORGESCU B.** – „*Pressure cold welding on cogged surfaces*” – *Sudarea prin presiune la rece între suprafețe zimțate*. TEZĂ DE DOCTORAT, Universitatea Dunărea de Jos din Galați, 2006;
- [6] **GEORGESCU B.**, - “*Sudarea prin presare la rece pe suprafețe zimțate*” – Cerere de brevet de invenție nr. 2006 00639 / 10.08.2006;
- [7] **GEORGESCU V., IORDĂCHESCU M., GEORGESCU B.** – „*Practica sudării prin presiune la rece*”, ISBN 973-31-1558-4, Editura Tehnică, București, 2001;
- [8] **IORDĂCHESCU M.** – „*Contributions to the butt cold welding*” – *Contribuții la sudarea prin presiune la rece cap la cap*. TEZĂ DE DOCTORAT. Universitatea Dunărea de Jos din Galați, 2005.