



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00254**

(22) Data de depozit: **02/04/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2019** BOPI nr. **11/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/10/2015 BOPI nr. **10/2015**

(73) Titular:

• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE ÎN SUDURĂ
ȘI ÎNCERCĂRI DE MATERIALE - ISIM
TIMIȘOARA, BD.MIHAI VITEAZU NR.30,
TIMIȘOARA, TM, RO**

(72) Inventatori:

• **COJOCARU RADU, BD.REGELE CAROL I
NR.2, AP.4 A, TIMIȘOARA, TM, RO;**

• **VERBIȚCHI VICTOR,
STR.DUMITRU KIRIAC, NR.10, AP.11,
TIMIȘOARA, TM, RO;**
• **DAȘCĂU HORIA FLORIN,
STR. BRÎNDUȘEI NR. 14, BL. 24, SC. A,
ET. 3, AP. 14, TIMIȘOARA, TM, RO;**
• **BOȚILĂ LIA NICOLETA,
STR.ANA IPĂTESCU NR.17, SC.A, ET. 1,
AP.8, TIMIȘOARA, TM, RO;**
• **CIUCĂ CRISTIAN, SAT NOAPTEȘA,
COMUNA SISEȘTI, MH, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

**JP 2007253172 (A); EP 2689882 A2;
US 7905383 B1**

(54) **PROCEDEU DE LIPIRE PRIN FRECARÉ CU ELEMENT ACTIV
ROTITOR (FSS)**



1 Invenția se referă la un procedeu de îmbinare prin lipire cu element activ rotitor a anumitor materiale de bază metalice.

3 Procedeul utilizează frecarea metal-metal în scopul topirii metalului de adaos, pentru lipirea moale a unor table de metal de bază, similare sau disimilare. Principiul procedurii constă în apăsarea, rotirea și deplasarea unui element activ rotitor, pe suprafața unor table suprapuse, din metale de bază.

7 În prezent se cunosc în tehnica actuală unele procedee de îmbinare prin lipire moale (la temperatura de 230...350°C) a materialelor metalice, utilizând aliaje de adaos: lipire cu ciocan de lipit având încălzire cu combustibili fosili, sau având încălzire electrică; lipire cu pistolul de lipit cu încălzire electrică; lipire cu pistolul de lipit cu termostat; lipire în baie de aliaj cu val; lipire cu flacără de gaz combustibil; lipire în cuptor cu vid; lipire în cuptor cu atmosferă controlată; lipire în baie de aliaj cu procesare ultrasonică; lipire cu laser etc.

13 În procesele de lipire nu trebuie atinsă o temperatură foarte ridicată a metalelor de bază, ci numai temperatura de topire a metalului de adaos. În cazul temperaturii prea mari există chiar riscul volatilizării anumitor componente ale aliajului de adaos, ceea ce duce la neconformități în privința îndeplinirii cerințelor tehnice ale îmbinării. Pentru anumite aplicații de lipire a unor piese de dimensiuni relativ mari nu este necesară concentrarea energiei, ci este mai adecvată distribuirea energiei pe o anumită zonă, unde se amplasează metalul de adaos, și unde trebuie realizată îmbinarea. În acest caz este importantă realizarea unei anumite valori a densității de energie pe suprafață.

21 Utilizarea unei surse concentrate de energie sau a unei surse de temperatură prea ridicată conduce la creșterea temperaturii metalului de bază și la anumite variații rapide de temperatură în timpul procesului de lipire, ceea ce are drept consecință producerea unor modificări structurale ale metalului de bază, modificări care nu se află complet sub controlul executantului îmbinării. De asemenea, cantitatea de căldură acumulată în metalul de bază provoacă deformații ale metalului de bază, iar acestea cauzează probleme tehnologice dificile, întrucât este necesară îndreptarea tablelor sau a pieselor de metal de bază, ceea ce necesită utilaje și dispozitive speciale, precum și timp de lucru suplimentar, care contribuie la creșterea costului lucrării de îmbinare.

31 Procedeele cu energie ridicată (flacără, arc electric etc.) au dezavantajul că nu permit un control suficient asupra desfășurării procesului de sudare, și pot produce la supraîncălziri locale, cu volatilizarea unor componente, formarea de constituenți fragili ca urmare a variațiilor rapide de temperatură, tensiuni interne și deformații ale metalelor de bază.

37 Din documentul **EP 2689882 A2** este cunoscut un procedeu de îmbinare a două sau mai multe materiale similare sau disimilare, prin utilizarea unei îmbinări de sudare prin frecare în puncte (friction spot welding), cu material de adaos consumabil, având caracteristici superioare, cuprinzând etapele:

39 a) crearea unei cavități în centrul suprafeței de sudat suprapuse, a unui prim material și a unui al doilea material, prin îndepărtarea unei porțiuni de geometrie predefinită din acesta, cel puțin la unul dintre materiale, pentru a forma o zonă de îmbinare;

41 b) adăugarea fie a unui material de armătură, fie a unui element de aliere sau a unei combinații a celor două, în cavitatea creată în zona de îmbinare;

43 c) penetrarea unui material de umplutură cilindrică, conică, cu o geometrie asemănătoare cu cea a cavității menționate în regiunea de îmbinare, prin rotirea materialului de umplutură cilindrică sau conică în combinație cu forța de compresie;

47 d) interblocarea materialului de umplutură cilindrică-conică, devenită tronconică, cu cel puțin unul dintre primul și cel de-al doilea material, care poate fi sudabil cu materialul de umplutură pentru a forma o legătură inter-materială;

RO 130621 B1

e) sudarea primului material cu al doilea material, prin umplerea cavității formate în zona de îmbinare cu materialul de umplutură cilindrică-conică devenită tronconică;	1
f) generarea unei structuri de compoziție la interfața de sudură, cu proprietățile materialului de interfață.	3
De asemenea, documentul JP 2007253172 (A) prezintă un procedeu de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW-friction stir welding) a unui prim material metalic (aliaj de aluminiu) și a unui al doilea material metalic (oțel), având punct de topire mai ridicat decât punctul de topire al primului material metalic, și care are un strat de acoperire depus prin placare, caracterizat prin aceea că pe suprafața primului material metalic, în zona regiunii de contact cu cel de-al doilea material metalic, este aplicat un știft rotitor, ce realizează sudarea celor două materiale prin introducerea și amestecarea prin frecare, și difuzarea stratului de acoperire în fluxul din material plasticizat al celui de-al doilea material metalic, precum și răcirea zonei de joncțiune astfel formată.	5
Documentul US 7905383 B1 prezintă un procedeu de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW), pentru fabricarea unui material compozit cu matrice metalică, prin care o suprafață metalică din cupru, argint sau nichel este depusă pe particule de armare (pulbere de oxid de aluminiu sau de carbură de siliciu) prin placare neelectrică, particulele de armare, acoperite cu metal cu o fracție de volum adecvată, fiind introduse în spațiul dintre două plăci metalice sau două plăci compozite cu matrice metalică (MMC), care sunt îmbinate prin sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW), formând un metal de sudură cap la cap, ce conține particule de armare acoperite cu metal, care formează un aliaj cu legătură metalurgică cu materialele de bază.	7
Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în stabilirea unor parametri caracteristici unui procedeu de lipire, care să permită realizarea de îmbinări, conform anumitor cerințe tehnice, utilizând aliaj pentru lipire de joasă temperatură și flux decapant, ca materiale de adaos, având consum relativ redus de energie, și deformății minime la table sau piese de metal de bază cu grosimea de câțiva milimetri.	9
Procedeeul conform invenției, de lipire prin frecare cu element activ rotitor (FSS), rezolvă această problemă tehnică prin aceea că realizează lipirea prin frecare a unui prim material metalic tip tablă superioară (amplasată sus), și a unui al doilea material metalic tip tablă inferioară (amplasată jos), prin includerea între cele două table a unui material de adaos (metal și flux) subțire, cu temperatură joasă de topire, și acționarea cu un element activ rotitor pe suprafața tablei superioare, în zona de contact cu materialul de adaos și cu cel de-al doilea material metalic tip tablă inferioară, până la topirea metalului de adaos, și apoi răcirea zonei de joncțiune astfel formată.	11
Conform invenției, elementul activ rotitor exercită o forță de apăsare $F = 10...20$ kN, are o turație $n = 900...1500$ rot/min și se deplasează cu o viteză de avans $v = 50...200$ mm/min, pentru o grosime a tablelor superioară și inferioară de 1..3 mm, iar materialul de adaos are o temperatură de topire de $230^{\circ}...350^{\circ}\text{C}$ și este introdus sub formă de bandă, tablă sau folie între cele două table de lipit, în interiorul unui interstițiu, în cantitatea necesară umplerii interstițiului cu materialul de adaos la topirea acestuia.	13
Avantajele invenției rezultă din faptul că procedeeul de lipire prin frecare cu element activ rotitor utilizează frecarea metal-metal ca sursă de căldură nepoluantă, cu efect tehnologic corespunzător pentru distribuirea energiei termice pe zona de lucru, unde are loc topirea metalului de adaos, curgerea acestuia în interstițiul de lipire, urmată de solidificarea metalului de adaos și de realizarea îmbinării metalelor de bază, similare sau disimilare.	15

1 Procedeul conform invenției prezintă următoarele avantaje:

3 - procedeul de lipire prin frecare cu element activ rotitor (FSS) realizează îmbinări
corespunzătoare, utilizând metal de adaos pentru lipire moale, de joasă temperatură,
230...350°C, amplasat într-o zonă din interstițiul de îmbinare, prin aportul de energie termică
5 al fenomenului de frecare metal-metal, ca sursă de energie adecvată cerințelor tehnice ale
unui procedeu de lipire cu aliaje având temperatura de topire relativ joasă;

7 - procedeul realizează îmbinări corespunzătoare, prin lipire cu metal de adaos, fără
supraîncălzirea pieselor de îmbinat din metale de bază și a metalului de adaos, ceea ce ar
putea reduce nivelul de calitate al îmbinării, dar și randamentul energetic al procedurii de
9 lipire;

11 - controlul asupra formei, dimensiunilor, aspectului, caracteristicilor tehnice și
proprietăților îmbinării prin lipire este asigurat prin: parametrii procedurii tehnologice de lipire
13 prin frecare (forța de apăsare, turația și viteza de deplasare ale elementului activ rotitor),
forma și dimensiunile pieselor sau tablelor de îmbinat; forma și dimensiunile dispozitivului
15 de fixare a pieselor de îmbinat; concepția, forma, dimensiunile și caracteristicile tehnice ale
echipamentului de îmbinare prin frecare, precum și ceilalți factori secundari sau
17 nenominalizați care intervin în procesul de lipire prin frecare.

Prin combinarea adecvată a tuturor acestor parametri și factori se pot obține rezultate
19 corespunzătoare ale procedurii de lipire prin frecare cu element activ rotitor, respectiv,
îmbinări corespunzătoare;

21 - deformarea pieselor de metal de bază care se îmbină prin procedeul de lipire prin
frecare este neglijabilă, deoarece energia termică este distribuită în mod adecvat pentru
23 topire, fără concentrare excesivă; pe lângă aceasta, dispozitivul de fixare a tablelor sau
pieselor de îmbinat împiedică deformarea acestora;

25 - se pot executa corecții individuale ale fiecărui parametru, cu ponderea sa specifică
asupra efectelor cumulative ale procedurii.

27 De asemenea, procedeul este ecologic, întrucât el nu utilizează și nu produce
substanțe toxice, nici gaze cu efect de seră, în măsura în care materialele de adaos sunt
29 ecologice.

Invenția este prezentată pe larg în continuare, în legătură și cu figura ce prezintă
31 principiul procedurii de lipire prin frecare cu element activ rotitor.

Lipirea prin frecare cu element activ rotitor (autorii propun denumirea în limba
33 engleză: „friction stir soldering”, prescurtat FSS) este caracterizată în primul rând prin
distribuirea energiei termice dezvoltate de procesul de frecare metal-metal pe o anumită
35 suprafață, în jurul locului de acționare a elementului activ rotitor, în funcție de parametrii
procesului, prin care are loc topirea metalului de adaos și curgerea acestuia între tablele de
37 îmbinat, urmate de solidificarea metalului de adaos pe măsură ce elementul activ rotitor se
îndepărtează de zona menționată, care se răcește, realizând o îmbinare prin lipire moale,
39 fără topirea metalelor de bază, sub efectul unui gradient de temperatură între zona supusă
frecării și zona adiacentă. În acest mod îmbinările pot fi executate practic la o temperatură
41 joasă, cu încălzire redusă a pieselor de metal de bază, în raport cu toată masa acestora, fapt
care permite ca deformările să fie minime. Lipirea prin frecare cu element activ rotitor (FSS)
43 are un randament energetic relativ ridicat, deoarece căldura dezvoltată prin frecare este
localizată în zona în care are loc frecarea, iar o parte din fluxul termic poate fi trecută prin
45 metalul de adaos, înainte de a trece spre zonele adiacente ale metalelor de bază și ale
dispozitivului de fixare, unde se produce disiparea căldurii, cealaltă parte din căldura produsă
47 fiind disipată direct în mediul ambiant, de la elementul activ rotitor. Comparativ cu alte
procedee, în cazul procedurii FSS este utilizată direct o sursă de căldură, fără a fi necesare
49 transformări din alte forme de energie, ce reduc randamentul total.

Lipirea necesită încălzirea metalului de bază la o temperatură inferioară temperaturii de topire a acestuia, dar suficientă pentru topirea metalului de adaos și curgerea acestuia în interstițiul de îmbinare, unde se produce solidificarea metalului de adaos, și se realizează îmbinarea. Procedul de frecare propus pentru realizarea lipirii îndeplinește aceste cerințe.	1 3
Având în vedere aspectele prezentate mai sus, procesul de frecare, controlat prin anumiți parametri, se dovedește a fi o sursă de energie adecvată, având valoarea necesară a densității de energie pe suprafață, care asigură o distribuire corespunzătoare a energiei termice în zona îmbinării prin lipire de joasă temperatură.	5 7
Energia liniară caracteristică a procedului este relativ ridicată, în domeniul 1,6...4,8 kJ/mm, la o putere instalată mai redusă a echipamentului de îmbinare prin frecare, comparativ cu alte procedee, pentru aplicații similare. Aceasta permite un efect termic adecvat și un randament energetic corespunzător, pentru executarea unor îmbinări prin lipire ale unor piese din anumite materiale (oțel, cupru, aluminiu, alamă și alte aliaje etc.), având grosimea (s1 și s2) de 1,0...3,5 mm, respectiv, având un interstițiu de îmbinare de minimum $\delta = 0,05...0,15$ mm (ca formă de pregătire a îmbinării), care permite pătrunderea prin efect de capilaritate a metalului de adaos topit, în scopul executării îmbinării prin lipire cu metal de adaos.	9 11 13 15 17
Procedul de lipire prin frecare cu element activ rotitor prezintă un aport direct de energie termică, cu distribuie spațială adecvată, conform cerințelor specifice ale unui proces de lipire, în scopul topirii și curgerii metalului de adaos în interstițiul îmbinării, pentru realizarea îmbinării. Procedul de lipire descris nu produce temperatură mai ridicată decât temperatura de topire a metalului de adaos, ceea ce ar cauza pierderi de energie și ar reduce randamentul energetic al procedului.	19 21 23
Prin conceperea și execuția adecvată a elementului activ rotitor (scula specifică a procedului), respectiv, a dispozitivului de fixare a pieselor de îmbinat pe masa de lucru a echipamentului de frecare, precum și prin configurația corespunzătoare a pieselor de îmbinat, se poate asigura un traseu favorabil al fluxului de energie termică, astfel încât acesta să treacă prin metalul de adaos care trebuie topit, în scopul executării unei lipituri corespunzătoare pe toată secțiunea transversală a interstițiului sau rostului pregătit pentru îmbinare, iar pierderile de energie prin disipare în mediul ambiant să fie reduse.	25 27 29
Procedul de lipire prin frecare cu element activ rotitor (FSS), conform invenției, se realizează cu ajutorul unui element activ rotitor 1 , care exercită o forță de apăsare (2) F de 10-20 kN, are o turație (3) $n = 900...1500$ rot/min și se deplasează cu viteza de avans (4) $v_s = 50...200$ mm/min, astfel încât forța de apăsare, turația și viteza de avans sunt parametrii tehnologici ai procedului de lipire, care produc un fenomen de frecare metal-metal, ca sursă locală de căldură 5 pe o tablă superioară 6 din metal de bază, de grosime 1,0...3,0 mm, suprapusă peste o tablă inferioară 7 din metal de bază, de grosime 1,0...3,0 mm, metalele de bază menționate putând fi similare sau disimilare, între cele două table fiind amplasată o bandă, tablă sau folie de material de adaos 8 (metal și flux) de joasă temperatură de topire, 230...350°C, în interiorul unui interstițiu 9 , astfel încât metalul de adaos se topește sub efectul fluxului termic (10) Φ , produs de sursa locală de căldură 5 , realizată de fenomenul de frecare, iar apoi metalul de adaos topit curge și pătrunde prin efect de capilaritate pe toată secțiunea interstițiului 9 , după care are loc solidificarea metalului de adaos și realizarea îmbinării prin lipire 11 , pe măsură ce sursa de căldură 5 , constituită de fenomenul de frecare locală, se îndepărtează de zona considerată. Astfel, procesul de lipire continuă în zona următoare, pe direcția vitezei de avans, în așa fel încât în final se realizează o îmbinare prin lipire, având caracteristici mecanice corespunzătoare, fără defecte din categoriile: lipsă de	31 33 35 37 39 41 43 45 47

RO 130621 B1

1 topire, lipsă de umectare, lipsă de material, sufluri, retasuri, fisuri, incluziuni etc., respectiv,
fără deformății ale pieselor de metal de bază, ceea ce este posibil datorită distribuției
3 adecvate a fluxului termic produs de fenomenul de frecare, distribuție datorată soluției de
concepere și execuție a elementului activ rotitor **1** (scula specifică a procedului), a
5 dispozitivului de fixare **12** a tablelor de metale de bază, precum și a pieselor din tablele **6**,
7 de îmbinat.

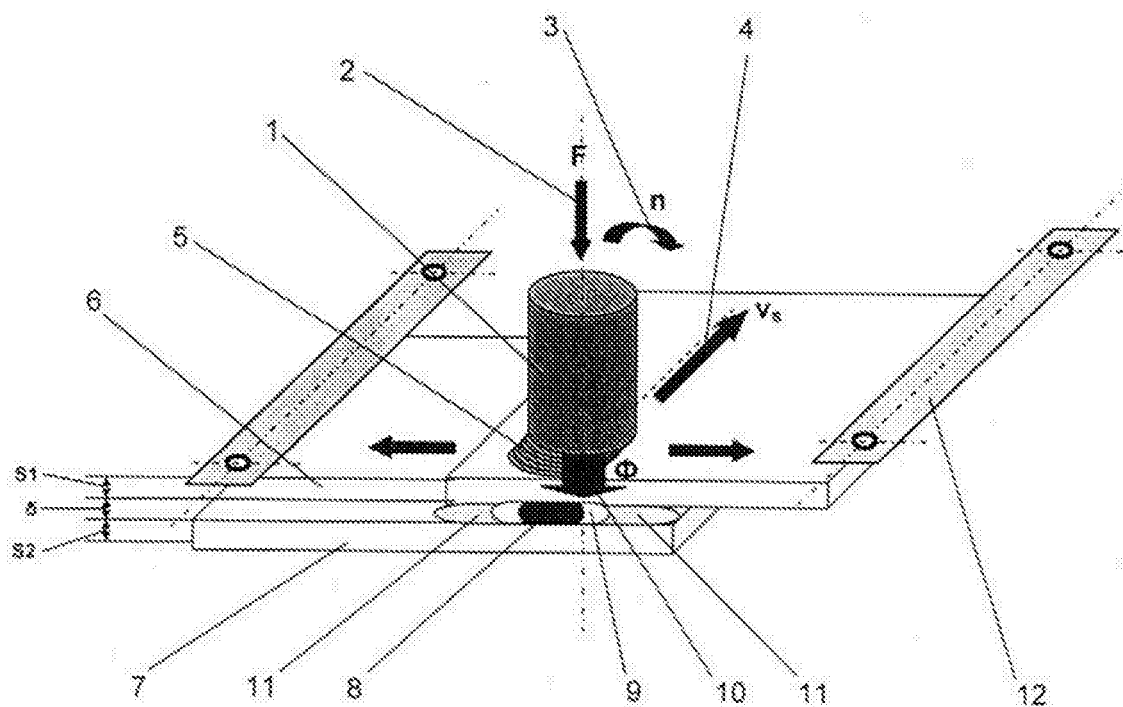
7 Invenția poate fi aplicată industrial la lipirea prin frecare cu element activ rotitor,
oferind o variantă tehnologică pentru realizarea îmbinărilor prin lipire cu aliaj de joasă
9 temperatură de topire (230...350°C), permițând îmbunătățirea din punct de vedere calitativ
a îmbinărilor, în anumite aplicații, în funcție de forma și dimensiunile pieselor de îmbinat și
11 ale ansamblului care se execută. Stabilirea experimentală a valorilor optime ale parametrilor
procedului de lipire prin frecare este o fază a elaborării tehnologiei de fabricație în funcție
13 de tipul și grosimea materialelor de bază, de tipul și forma de utilizare a materialului de
adaos (metal și flux), precum și de celelalte cerințe ale documentației tehnice.

15 Aplicațiile posibile sunt mai ales în domeniile industriei electrotehnice și industriei
electronice, la execuția unor piese de contact, elemente de asamblare, carcase, ecrane etc.,
17 confecționate din table de cupru, oțel, aluminiu, alamă și alte aliaje, având grosimea de
1,0...3,0 mm, respectiv, lungimea și lățimea minimă de aproximativ 10...50 mm. Valorile
19 maxime ale lungimii și lățimii sunt limitate numai de dispozitivul de fixare necesar. Procedul
se pretează la mecanizare și automatizare, pe un echipament specializat.

21 Sunt posibile și anumite aplicații la execuția unor elemente de instalații de încălzire,
de apă, de gaz, sanitare, frigorifice sau de climatizare, precum și la fabricarea unor obiecte
23 decorative și ornamentale.

Procedeu de lipire prin frecare cu element activ rotitor (FSS), ce realizează lipirea prin
frecare a unui prim material metalic tip tablă superioară (6), și a unui al doilea material
metalic tip tablă inferioară (7), prin includerea între cele două table (6, 7) a unui material de
adaos (8) tip metal și flux subțire, cu temperatură joasă de topire, și acționarea cu un
element activ rotitor (1) pe suprafața tablei superioare (6), în zona de contact cu materialul
de adaos (8) și cu cel de-al doilea material metalic tip tablă inferioară (7), până la topirea
materialului de adaos (8), și apoi răcirea zonei de joncțiune astfel formată, **caracterizat prin**
aceea că elementul activ rotitor (1) exercită o forță de apăsare $F = 10...20$ kN, are o turație
 $n = 900...1500$ rot/min, și se deplasează cu o viteză de avans $v = 50...200$ mm/min, pentru
o grosime a tablelor superioară (6) și inferioară (7) de 1,0..3,0 mm, iar materialul de adaos
(8) are o temperatură de topire de $230^{\circ}...350^{\circ}\text{C}$, și este introdus sub formă de bandă, tablă
sau folie între cele două table (6 și 7) de lipit, în interiorul unui interstițiu (9), în cantitatea
necesară umplerii interstițiului (9) cu materialul de adaos (8) la topirea acestuia, urmată de
realizarea îmbinării prin lipire (11).

(51) Int.Cl.
B23K 20/12 (2006.01),
F16B 5/00 (2006.01),
B21J 15/02 (2006.01)



Editare și tehoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 501/2019