



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2014 00254

(22) Data de depozit: 02.04.2014

(41) Data publicării cererii:  
30.10.2015 BOPI nr. 10/2015

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE ÎN SUDURĂ  
ȘI ÎNCERCĂRI DE MATERIALE - ISIM  
TIMIȘOARA, BD.MIHAI VITEAZUL 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. BRINDUȘEI 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 ȘIȘEȘTI, MH, RO

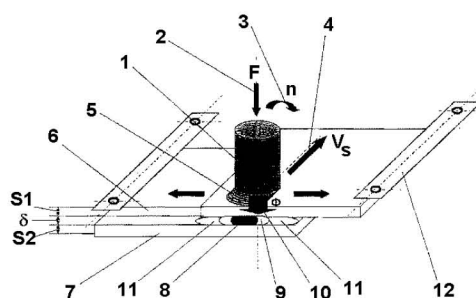
(54) PROCEDEU DE LIPIRE PRIN FRECARÉ CU ELEMENT ACTIV  
ROTITOR (FSS)

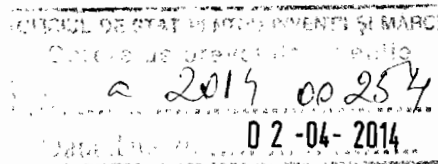
(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de lipire prin frecare cu element activ rotitor a unor materiale metalice similare sau disimilare. Procedeu de lipire, conform invenției, se realizează cu ajutorul unui element (1) activ rotitor, care exercită o forță (2) de apăsare  $F = 10...20$  kN, are o turație  $n = 900...1500$  rot/min, și se deplasează cu o viteză (4) de avans  $v = 50...200$  mm/min, astfel încât forța (2) de apăsare, turația (3) și viteza (4) de avans sunt parametri tehnologici ai procedeuului de lipire care produc fenomenul de frecare metal - metal, ca sursă (5) locală de căldură pe o tablă (6) superioară, din metal, cu grosimea cuprinsă între 1...3 mm, suprapusă peste o tablă (7) inferioară, din metal, cu aceeași grosime, între cele două table fiind amplasată o bandă, tablă sau folie (8) de metal de adaos, cu temperatură joasă de topire, 230...350°C, amplasată în interiorul unui interstițiu (9), astfel încât banda (8) din metalul de adaos se topește sub efectul fluxului (10) termic  $\Phi$  produs de sursa (5) locală de căldură realizată de frecare, 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 efectuarea

îmbinării (11) prin lipire, realizându-se o îmbinare prin lipire fără defecte, lipsită de sufluri, retasuri, fisuri sau incluziuni, tablele (6 și 7) superioară și, respectiv, inferioară fiind fixate în poziția de lucru cu ajutorul unui dispozitiv (12) de fixare.

Revendicări: 1  
Figuri: 1





**(a) Procedeu de lipire prin frecare cu element activ rotitor (FSS)**

**Descriere**

(b) Invenția se referă la un procedeu nou de îmbinare a anumitor materiale de bază metalice. Procedeu utilizază 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, între care este amplasat metalul de adaos, având temperatura de topire în domeniul 230- 350°C, în așa fel încât căldura degajată prin frecare provoacă topirea metalului de adaos, iar acesta pătrunde prin efectul de capilaritate în interstițiul dintre tablele de metal de bază, unde se solidifică, realizând îmbinarea tablelor.

(c) 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 baia de aliaj cu val; lipire cu flacăra de gaz combustibil; lipire în cuptor cu vid; lipire în cuptor cu atmosferă controlată; lipire în baie de aliaj cu procesare ultrasonica; lipire cu laser; etc.

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 distribuția 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.

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.

Procedeele de energie ridicată (flacăra, arc electric, etc.) au dezavantajul că nu permit un control suficient asupra desfășurării procesului de sudare, ci pot produce 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.

(d) Invenția rezolvă problema elaborării unui procedeu de lipire, care permite realizarea de îmbinări, conform anumitor cerințe tehnice, utilizând aliaj pentru lipire de joasă temperatură și flux decapant, ca materiale de adaos, cu consum relativ redus de energie și cu deformații minime, la table sau piese de metal de bază, având grosimea de câțiva milimetri. 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 ecologice.

(e) Lipirea prin frecare cu element activ rotitor (autorii propun denumirea în limba 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 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 îmbinat, urmate de solidificarea metalului de adaos, pe măsură ce elementul activ rotitor se îndepărtează de zona menționată, iar aceasta se răcește, realizând o îmbinare prin lipire moale, 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 joasă, cu încălzire redusă a pieselor de metal de bază, în raport cu toată masa acestora, fapt care permite ca deformațiile să fie minime. Lipirea prin frecare cu element activ rotitor (FSS) 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 orientată prin metalul de adaos, înainte de a trece spre zonele adiacente ale metalelor de bază și ale dispozitivului de fixare, unde se produce disiparea căldurii. Iar cealaltă parte din căldura produsă se disipează 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 transformări din alte forme de energie, care 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, curgerea acestuia în interstițiul de îmbinare, unde se produce solidificarea metalului de adaos și se realizează îmbinarea. Procedeul de frecare propus pentru realizarea lipirii îndeplinește aceste cerințe.

Având în vedere aspectele prezentate mai sus, procesul de frecare, controlat prin anumiți parametri se dovedește a fi o sursă de energie adecvată, având valoare adecvată a densității de energie pe suprafață, care asigură o distribuire corespunzătoare a energiei termice în zona îmbinării prin lipire de joasă temperatură.

(f) Avantajele invenției rezultă din faptul că procedeul 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.

Energia liniară caracteristică a procedurii 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 ( $s_1$  și  $s_2$ ) 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. Procedeele de lipire prin frecare cu element activ rotitor are un aport direct de energie termică, cu distribuție spațială adecvată, conform cerințelor specifice ale unui proces de lipire, în scopul topirii și curgerii metalului de adaos în interstițiul îmbinării, pentru realizarea îmbinării.

Procedeele de lipire descrise nu produc temperatură mai ridicată decât temperatura de topire a metalului de adaos, ceea ce ar cauza pierderi de energie și ar reduce randamentul energetic al procedeei.

Prin conceperea și execuția adecvată a elementului activ rotitor (scula specifică a procedeei), 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.

Procedeele conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- Procedeele 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 al fenomenului de frecare metal-metal, ca sursa de energie adecvată cerințelor tehnice ale unui procedeu de lipire cu aliaje având temperatura de topire relativ joasă.

- Procedeele 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 și ar reduce randamentul energetic al procedeei de lipire.

- Controlul asupra formei, dimensiunilor, aspectului, caracteristicilor tehnice și proprietăților îmbinării prin lipire este asigurat prin: parametrii procedeei tehnologice de lipire 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 de fixare a pieselor de îmbinat; concepția, forma, dimensiunile și caracteristicile tehnice ale echipamentului de îmbinare prin frecare, precum și ceilalți factori secundari sau nenominalizați care intervin în procesul de lipire prin frecare. Prin combinarea adecvată a tuturor acestor parametri și factori se pot obține rezultate corespunzătoare ale procedeei de lipire prin frecare cu element activ rotitor, respectiv îmbinări corespunzătoare.

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

- Se pot executa corecții individuale ale fiecărui parametru, cu ponderea sa specifică asupra efectelor cumulative ale procedeei.

- (g) Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figura 1, care prezintă principiul procedurii de lipire prin frecare cu element activ rotitor.
- (h) Procedul FSS de lipire prin frecare cu element activ rotitor, conform invenției, se realizează cu ajutorul unui element activ rotitor (1), care exercită o forță de apăsare  $F$  (2) de 10-20 kN, are o turație  $n$  (3) de 900... 1500 rot/min și se deplasează cu viteza de avans  $v$  (4) de 50...200 mm/min, astfel încât forța de apăsare (2), turația (3) și viteza de avans (4) sunt parametrii tehnologici ai procedurii 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, iar între cele două table se află amplasată o bandă, tablă sau folie de metal de adaos (8) de joasă temperatură de topire, 230... 350°C, în interiorul unui interstițiu (9), astfel încât metalul de adaos se topește sub efectul fluxului termic  $\Phi$  (10), 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 că 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 topire, lipsă de umectare, lipsă de material, sufluri, retasuri, fisuri, incluziuni, etc., respectiv fără deformări ale pieselor de metal de bază, ceea ce este posibil datorită distribuției adecvate a fluxului termic produs de fenomenul de frecare, distribuție datorată modului de concepere și execuție al elementului activ rotitor (1) (scula specifică a procedurii), al dispozitivului de fixare (12) a tablelor de metale de bază, precum și al pieselor din tablele (6, 7) de îmbinat.
- (i) 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 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 ale ansamblului care se execută.
- Stabilirea experimentală a valorilor optime ale parametrilor procedurii de lipire prin frecare, este o fază a elaborării tehnologiei de fabricație, în funcție de tipul și grosimea materialelor de bază, de tipul și forma de utilizare a aliajului de adaos, precum și de celelalte cerințe tehnice.
- Aplicațiile posibile sunt mai ales în domeniile industriei electrotehnice și industriei electronice, la execuția unor piese de contact, elemente de asamblare, carcase, ecrane, etc., 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 maxime ale lungimii și lățimii sunt limitate numai de dispozitivul de fixare necesar. Procedul se pretează la mecanizare și automatizare, pe un echipament specializat.
- Sunt posibile și anumite aplicații la execuția unor elemente de instalații de încălzire apă, sanitare, gaz, frigorifice sau de climatizare, precum și la fabricarea unor obiecte decorative și ornamentale.

## Revendicări

- 1) **Procedeul FSS de lipire prin frecare cu element activ rotitor**, caracterizat prin aceea că el se realizează cu ajutorul unui element activ rotitor (1), care exercită o forță de apăsare  $F$  (2) de 10-20 kN, are o turație  $n$  (3) de 900... 1500 rot/min și se deplasează cu viteza de avans  $v$  (4) de 50...200 mm/min, astfel încât forța de apăsare (2), turația (3) și viteza de avans (4) sunt parametrii tehnologici ai procedurii 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, iar între cele două table se află amplasată o bandă, tablă sau folie de metal de adaos (8) de joasă temperatură de topire, 230... 350°C, în interiorul unui interstițiu (9), astfel încât metalul de adaos se topește sub efectul fluxului termic  $\Phi$  (10), 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 că 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 topire, lipsă de umectare, lipsă de material, sufluri, retasuri, fisuri, incluziuni, etc., respectiv fără deformații ale pieselor de metal de bază, ceea ce este posibil datorită distribuției adecvate a fluxului termic produs de fenomenul de frecare, distribuție datorată modului de concepere și execuție al elementului activ rotitor (1) (scula specifică a procedurii), al dispozitivului de fixare (12) a tablelor de metale de bază, precum și al pieselor din tablele (6, 7) de îmbinat.

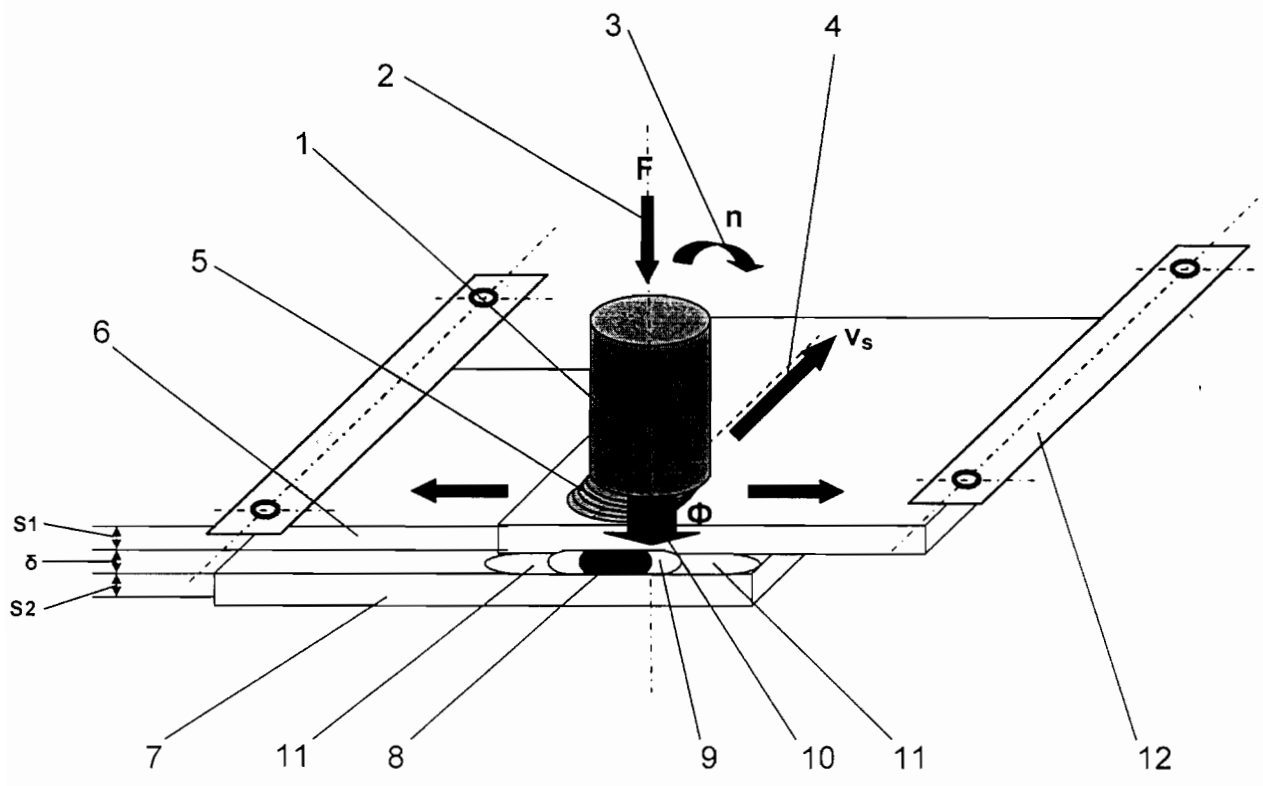


Figura 1