



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00986

(22) Data de depozit: 11.12.2012

(41) Data publicării cererii:
30.06.2014 BOPI nr. 6/2014

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE"
DIN SUCEAVA, STR. UNIVERSITĂȚII NR. 13,
SUCEAVA, SV, RO

(72) Inventatori:
• TODIRICĂ FLORIN SORIN,
STR. POȘTA VECHIE NR. 1A, BOTOȘANI,
BT, RO;
• GUTT GHEORGHE, STR. VICTORIEI
NR. 61, SAT SF. ILIE, SV, RO;
• AMARIEI SONIA, STR. TIPOGRAFIEI
NR. 4, BL. A5, SC. C, AP. 11, SUCEAVA,
SV, RO

(54) PROCEDEU DE MĂSURARE A TEMPERATURII PLASMEI DE
SUDARE ȘI PROCEDEU DE ETALONARE A TENSIUNII
TERMoeLECTRICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de măsurare automată continuă, în timpul sudării, a temperaturii plasmei termice din cordoanele de sudură realizate cu laser și cu material metalic de adaos, precum și la un procedeu de etalonare a tensiunii date de un sistem senzorial termoelectric, în vederea convertirii valorilor acestei tensiuni în unități de temperatură. Procedeu de măsurare constă în folosirea efectului termoelectric obținut de trei termocupluri formate în zona sudată, între un material (2) metalic de bază și un cordon (5) de sudură metalic, într-un punct (C₂) de sudură realizat între materialul (2) metalic și un conductor (7) din sârmă de platină, și un punct (C₁) de sudură realizat între cordonul (5) de sudură și un alt conductor (6) din sârmă de platină, tensiunea termoelectrică U_t totală rezultată fiind convertită prin intermediul unei drepte de calibrare, memorată într-un calculator (10) electronic, în unități de temperatură afișate pe display. Procedeu de etalonare conform invenției constă în folosirea unui termocuplu experimental, pentru trasarea dreptei de calibrare, memorată în calculatorul (10) electronic și folosită ulterior pentru conversia automată a tensiunii termoelectrice U_t, iar termocuplul se realizează cu o pastilă (11) cilindrică, peste care se sudează cu laserul o depunere (12) metalică din material (3) metalic de adaos, apoi se

sudează tot cu laserul capetele celor doi conductori (6, 7) din platină, pe suprafața frontală, în punctul (C₂) de sudură al materialului (2) metalic de bază, respectiv, în punctul (C₁) de sudură al cordonului de sudură, cele două capete libere ale conductorilor (6, 7) din platină fiind legate la un milivoltmetru (9) electronic, interfațat cu calculatorul (10); după realizare, termocuplul se introduce într-o teacă (13) de ceramică, ce se introduce într-o baie (15) metalică dintr-un creuzet (16) de topire.

Revendicări: 2
Figuri: 3

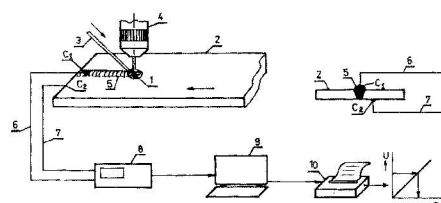
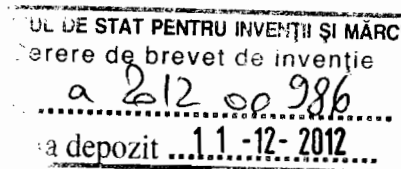


Fig. 2





PROCEDEU DE MASURARE A TEMPERATURII PLASMEI DE SUDARE SI PROCEDEU DE ETALONARE A TENSIUNII TERMoeLECTRICE

Inventia se referă la un procedeu de măsurare automată continuă, în timpul sudării, a temperaturii plasmelor termice din cordoanele de sudură realizate cu laser și cu material metalic de adaos precum și la un procedeu de etalonare a tensiunii date de un sistem senzorial termoelectric în vederea convertirii valorilor acestei tensiuni în unități de temperatură.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui procedeu de măsurare in situ și continuu a temperaturii plasmelor termice din zona de sudare cu laser a unui material metalic de bază folosind pentru obținerea cordonului de sudură, material metalic de adaos extern sub forma de vergea metalică avansată automat în zona de topire. Baza procedurii de măsurare o constituie folosirea tensiunii termoelectrice generate de cele două baze metalice (metalul de bază și metalul de adaos) sudate între ele, precum și punctele de sudură, realizate prin topire tot cu laser, între aceste metale și doi conductori din sârmă de platină. Aceste trei zone sudate constituie un sistem de măsurare de tip termocuplu a cărei tensiune termoelectrică, extrapolată electronic pe o dreaptă de calibrare, dă automat temperatura reală și in situ a plasmelor termice din zona de sudare. Dependenta matematică între tensiunea (U) termoelectrică și temperatură (T) a plasmelor termice este de tip:

$$U = K \cdot T \quad [mV] \quad (1)$$

unde K reprezintă o constantă, dată de panta dreptei din zona liniară a caracteristicii și reprezintă valoarea tangentei unghiului α făcut de dreaptă cu ascisa:

$$K = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta T}{\Delta U} \quad (2)$$

Atunci când la anumite aliaje sudate zona temperaturilor de lucru este neliniară valoarea constantei K se calculează cu ajutorul unui soft specific folosit curent pentru liniarizarea curbelor de calibrare pentru măsurări instrumentale. Reprezentarea grafică a unor drepte de calibrare conform invenției arată ca în Fig.1 unde curbele a, b, c reprezintă caracteristici de sudare obținute cu același material de bază dar cu materiale de adaos având compoziții chimice diferite.

Pe măsură ce mărimea (lungimea) cordonului de sudură crește în timpul sudării, măsurarea și înregistrarea continuă a temperaturii folosind conversia

valorii tensiunii termoelectromotoare în valori de temperatură, conform relației 1, duce la erori de măsurare datorate faptului că o parte din căldura punctului de sudură este disipată de cordonul de sudură realizat deja la acel moment. La aceste erori se adaugă și cele cauzate de pierderea de căldură cauzate de masa materialului de bază. Din aceste motive este nevoie de o corecție matematică continuă a valorii tensiunii termoelectrice măsurate în timpul procesului de sudare. Această corecție se face automat printr-un soft specific și are la bază ecuația de transfer de căldură:

$$E_m = m \cdot C_p \cdot \Delta T \cdot \Delta t = A \cdot \lambda \cdot \frac{dT}{dX} \cdot \Delta t = E_{el} \cdot \eta = E_t \quad [J] \quad (3)$$

unde :

- E_m - energia termică înmagazinată de materialul cordonului de sudură și de materialul de bază sudat [J]
- E_{el} - energia electrică consumată de laser, [J]
- E_t - energia termică furnizată de laser cordonului de sudură, [J]
- η - randamentul energetic al laserului, număr subunitar furnizat de producătorul laserului, poate fi determinat și experimental
- m - suma dintre masa m_1 a materialului de bază și masa m_2 a cordonului de sudură realizat la un moment dat, [kg]
- ΔT - diferența de temperatură între temperatura de sudare și temperatura mediului, [$^{\circ}C$]
- C_p - valoarea ponderată între caldura specifică a materialului de bază și a materialului de adaos, [$J/kg \cdot K$]
- S - Suprafața exterioară a corpului sudat, [m^2]
- λ - coeficient de transfer de căldură rezultat ca medie ponderată între coeficientul de transfer de căldură a materialului de bază și coeficientul de transfer de căldură a materialului de adaos, [$W/m \cdot K$]
- dT/dx - variația de temperatură pe lungimea cordonului de sudură [$^{\circ}C/m$]

pentru determinarea masei m_2 a cordonului de sudură realizat la un moment dat (relația 3) în cazul materialului de adaos metalic sub formă de sârmă se folosește relația :

$$m_2 = 2\pi \cdot r \cdot \rho \cdot l \quad [kg] \quad (4)$$

iar în cazul materialului de adaos sub formă de bandă metalică se folosește relația :

$$m_2 = a \cdot b \cdot \rho \cdot l \quad [kg] \quad (5)$$

unde: r - dimensiunea razei sârmei de sudare folosită ca material de adaos [m]
 a, b - dimensiunile laturilor benzii de sudare folosită ca material de adaos, [m]

ρ - densitatea materialului metalic de adaos, [kg/m^3]

l - lungimea consumată din sârma sau banda de sudare, [m]

masa m_1 a materialului de baza se introduce în ecuația (3) având în vedere tot produsul dintre volumul V a materialului sudat și densitatea ρ a acestuia

Materializarea procedurii conform invenției se realizează prin înregistrarea tensiunii termoelectrice generate de termocuplul format din materialul de bază și materialul cordonului de sudură. În acest scop se realizează la început un termocuplu de etalonare, Fig.3. Acest termocuplu este format dintr-o pastilă cilindrică, provenită din materialul de bază, cu diametrul de cca 5 mm și grosimea de circa 3mm peste care se depune cu laserul un strat topit de material de adaos metalic la o grosime de 0,8-1mm, rezultând în final o pastilă bimetalică. Pe această pastilă se sudează punctiform cu laserul, doi conductori din sârmă de platină ecranată electric, fără folosire de material metalic de adaos. Prin materialele și punctele de sudură realizate rezultă un termocuplu compus cu o tensiune U_t termoelectrică totală dată de suma tensiunilor termoelectrice a zonei sudate dintre materialul de bază și cordonul de sudură (U_{bs}) a punctului de sudură dintre materialul metalic de bază și primul conductor de platină (U_{bpl}) și a punctului de sudură dintre materialul cordonului de sudură și al doilea conductor de platină (U_{cpl})

$$U_t = U_{bs} + U_{bpl} + U_{cpl} = K_1 \cdot T \quad (6)$$

unde: K_1 reprezintă panta de calibrare care trebuie determinată experimental. Celelalte două capete ale conductorilor de platină se leagă la un voltmetru electronic, cu interfață de calculator, rezultând în final un sistem de măsurare care trebuie calibrat astfel încât pe display să fie afișate direct valorile de temperatură corespunzătoare unei anumite tensiuni termoelectrice furnizate de sistemul celor trei termocuple.

Odată conexiunile realizate conform celor descrise mai sus termocuplul de etalonare realizat se introduce într-o teacă de ceramică care se introduce la rândul ei într-o topitură de cupru pur, imediat după topirea șarjei, la temperatura de 1084,62 °C, operație realizată într-un cuptor de topire de laborator. După o termostatarea timp de 5 minute a termocuplului de etalonare în topitură se citește pe voltmetrul electronic tensiunea termoelectrică totală U_t generată de joncțiunile materialului celor doi conductori din platină cu metalul de bază și materialul metalic de adaos depus prin topire pe acesta precum și a tensiunii termoelectrice generate de joncțiunea dintre materialul de bază și materialul metalic de adaos. Perechile de valori : temperatura la 1084,62 [°C] și tensiune termoelectrică U [mV] indicată de milivoltmetrul electronic la această temperatură și valorile corespunzătoare din punctul zero din grafic reprezintă dreapta de

calibrare. Pentru aliaje metalice care se topesc și se sudează la temperaturi superioare acestei temperaturi se extinde dreapta de calibrare prin extrapolare până la tensiunea termoelectrică specifică acestor temperaturi de topire. Pentru măsurători de precizie înaltă, la sudarea unor aliaje cu punct de topire ridicat, având în vedere și faptul că odată cu creșterea temperaturii de lucru caracteristicile tensiune termoelectrică- temperatură pot deveni neliniare, se folosește pentru calibrare în locul topiturii de cupru topitură din fier pur, cu temperatura de topire de 1538 °C, realizată în mediu protector de argon. Fazele și succesiunea operațiilor pentru realizarea dreptelor de calibrare sunt reprezentate sugestiv în Fig.4.

Dreptele de calibrare efectuate conform celor descrise mai sus se memorează în calculatorul electronic și sunt valabile pentru orice sudare ulterioară la care se folosește același material de bază și același material de adaos sub aspectul compoziției lor chimice. Pentru orice sudare cu materiale de bază și de adaos diferite, sau materiale de baza identice și materiale de adaos diferite este necesară realizarea unei noi drepte de calibrare deoarece panta dreptei de calibrare (valoarea constantei K_1 din relația (6)) este o funcție directă a compoziției chimice a materiei topite din zona plamei termice de sudare.

În continuare se desprind cei doi conductori de platină de pe pastila de etalonare și se sudează în aceeași ordine pe materialul de bază metalic și un început de cordon de sudură realizat cu material de adaos, după care se activează achiziția de date din calculatorul electronic și se continuă cordonul de sudură început. Rezultatul este măsurarea, calculul și afișarea sub forma tabelară/și/sau grafică a evoluției temperaturii plamei termice din cordonul de sudură în funcție de lungimea acestuia, Fig.2.

Prin aplicarea invenției se obține următorul avantaj:

- se măsoară și se înregistrează continuu valoarea temperaturii plamei topite din zona de sudare în funcție de lungimea cordonului de sudură cu efect direct asupra posibilității corelării acestei temperaturi cu rezistența mecanică a zonei sudate, cu starea de tensiuni din cordonul de sudură și din zona influențată termic, cu segregarea elementelor de aliere din aceste zone etc.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu Fig.1, Fig.2, Fig.3, care reprezintă:

Fig.1- Curbe de calibrare caracteristice realizate pentru trei termocuple având același material de bază și trei materiale de adaos a), b), c) diferite

Fig.2 - Schema de principiu la măsurarea continuă a temperaturii cordonului de sudură în timpul sudării cu laser a unui material de bază folosind material de adaos pentru sudare

Fig.3 - Fazele și succesiunea operațiilor la realizarea dreptei de calibrare a termocuplului format din: materialul de bază supus sudării - cordonul de sudură și materialul celor doi conductori ecranați din sârmă de platina.

Procedeu conform invenției se materializează într-un sistem de măsurare a temperaturii plamei 1 termice formată în locul de sudare între un material 2 metalic de bază și un material 3 metalic de adaos folosind ca sursă termică un laser 4 de sudare. În compunerea sistemului de măsurare a

temperaturii mai intră cordonul 5 de sudură metalic rezultat ca urmare a topirii materialului 3 metalic de adaos pe materialul 2 metalic de bază, doi conductori 6 și 7 din sârmă de platină, ecranați electric și sudati punctiform, cu laser fără material de adaos, unul în punctul C₁ pe cordonul 5 de sudură metalic și unul în punctul C₂ pe materialul 2 metalic de bază, un milivoltmetru 8 electronic, un calculator 9 electronic și o imprimantă 10 electronică. Pentru realizarea dreptei de calibrare mai este folosită o pastilă 11 cilindrică, cu diametrul de 5mm și grosimea de cca 3 mm, provenită din materialul de bază peste care se realizează o depunere 12 metalică, cu grosimea de cca 0,8-1mm, obținută tot prin topire cu laser, din materialul 3 metalic de adaos, o teacă 13 de ceramică, un cuptor 14 de topire, o cantitate de 500 grame cupru pur sau fier pur, topite într-o baie 15 metalică, folosind un creuzet 16 de topire.

REVENDICARI

1. Invenția procedeu de măsurare a temperaturii plasmei de sudare și procedeu de etalonare a tensiunii termoelectrice, caracterizat prin aceea că, în vederea măsurării in situ și continue a temperaturii plasmei termice dintr-un cordon (5) de sudură realizat cu un laser (4) de sudare cu folosirea de material (3) metalic de adaos este folosită suma valorilor tensiunii termoelectrice date de trei termocuple formate de : zona sudată dintre materialul (2) metalic de bază și cordonul (5) de sudură metalic, zona punctului (C_2) de sudură dintre materialul (2) metalic de bază și un conductor (7) din sârmă de platină și zona punctului (C_1) de sudură dintre cordonul (5) de sudură și un alt conductor (6) din sârmă de platină, tensiunea termoelectrică (U_t) totală rezultată fiind convertită prin intermediul unei drepte de calibrare, memorată într-un calculator (10) electronic, în unități de temperatură afișate pe display.

2. Procedeu de etalonare a tensiunii termoelectrice date de un sistem de termocuple conform revendicării 1 în unități de temperatură, caracterizat prin aceea că, folosește un termocuplu de dimensiuni mici realizat cu o pastilă (11) cilindrică, cu diametrul de cca 5 mm și grosimea de cca 3 mm, provenind din materialul de bază peste care se sudează cu laserul o depunere (12) metalică cca 0,8mm - 1 mm din materialul (3) metalic de adaos, după care se sudează tot cu laserul capetele celor doi conductori (6) și (7) din sârmă de platină, fără a folosi material de adaos, unul pe suprafața frontală, în punctul (C_2), a materialului (2) metalic de bază și unul pe suprafața frontală, în punctul (C_1), a cordonului (5) de sudură metalic, celelalte două capete libere ale conductorilor (6) și (7) din sârmă de platină fiind legate la un milivoltmetru (9) electronic interfațat cu calculatorul (10) electronic, după realizarea termocuplului de dimensiuni mici acesta se introduce într-o teacă (13) de ceramcă care se introduce la rândul ei într-o baie (15) de metal dintr-un creuzet (16) de topire, ce conține fie 500 grame cupru pur topit, fie 500 grame fier pur topit, perechile de valori de temperatură: 1084,62 °C pentru cupru și 1538 °C pentru fier, împreună cu tensiunile termoelectrice corespunzătoare, citite după menținerea timp de 5 minute a sistemului de termocuple în baia (15) metalică, constituind coordonatele punctului prin care trece dreapta de etalonare

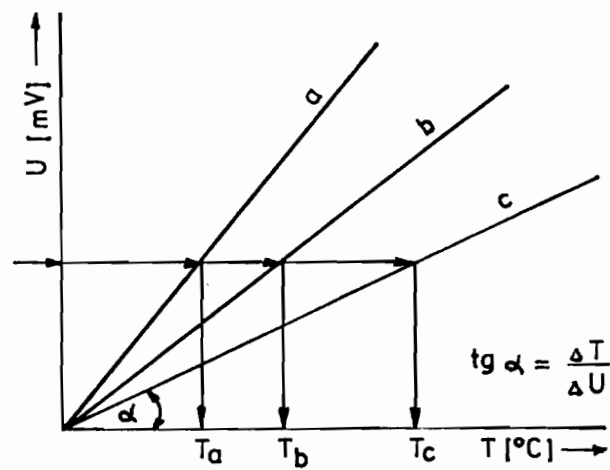


FIG. 1

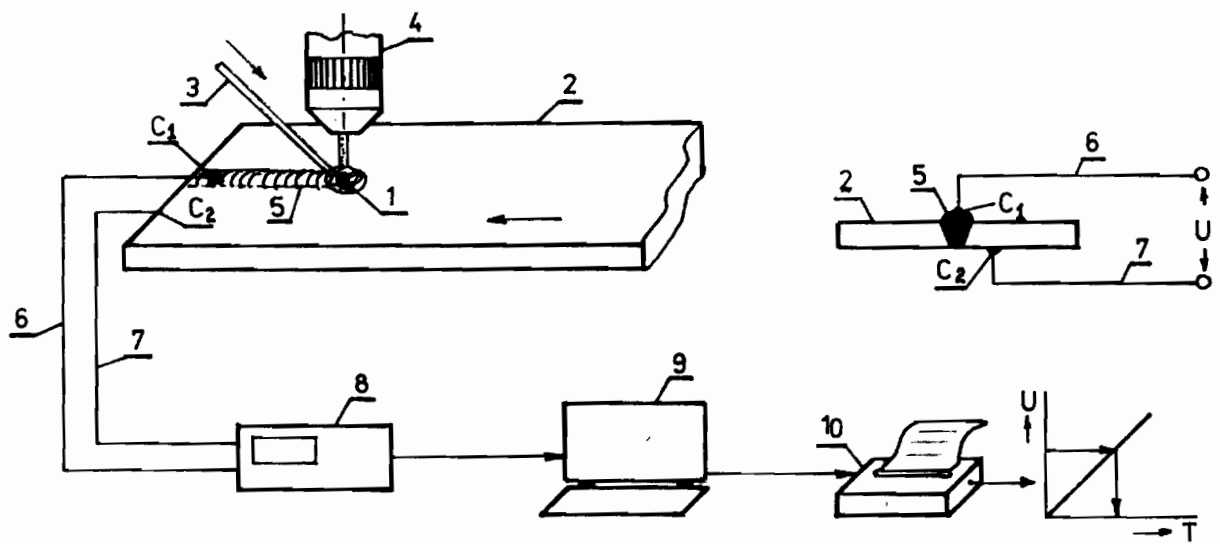


FIG. 2

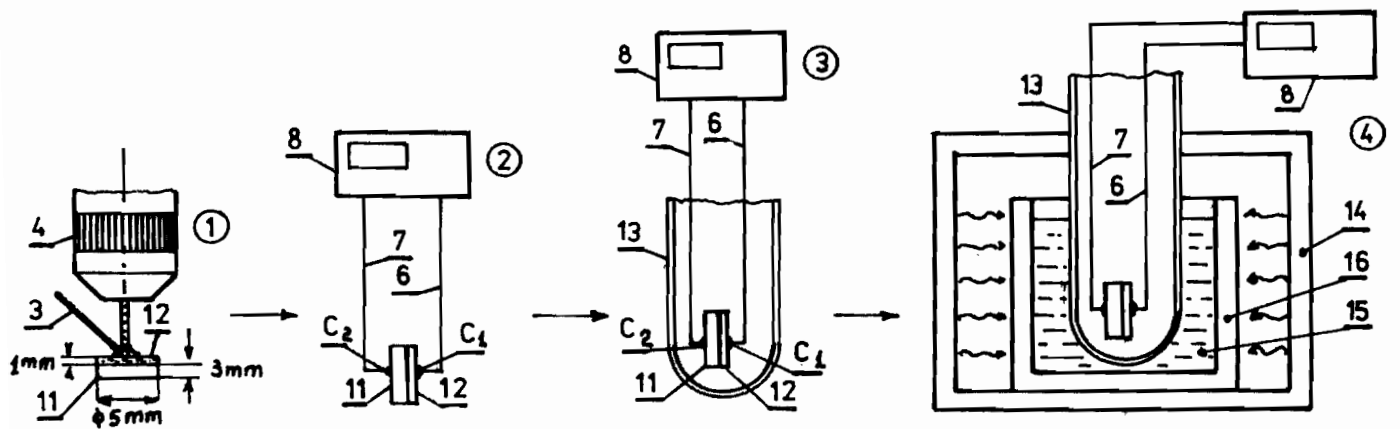


FIG. 3