



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00369

(22) Data de depozit: 24/05/2018

(41) Data publicării cererii:
29/11/2019 BOPI nr. 11/2019

(71) Solicitant:
• 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;
• BOȚILĂ LIA NICOLETA,
STR.ANA IPĂTESCU NR.17, SC.A, ET.1,
AP.8, TIMIȘOARA, TM, RO;
• CIUCĂ CRISTIAN, STRADA ROZELOR,
NR.1B, BL.2, AP.2, TIMIȘOARA, TM, RO

(54) METODĂ DE MONITORIZARE A PROCESULUI DE SUDARE PRIN FRECARÉ CU ELEMENT ACTIV ROTITOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de monitorizare directă a procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor FSW utilizând termografia în infraroșu, procesul fiind folosit în industria constructoare de mașini pentru realizarea îmbinărilor nedemontabile. Metoda conform invenției are următoarele etape:

a. se execută un program de experimente pentru determinarea capacității de decelare a defectelor și pentru etalonarea sistemului (8) de monitorizare,

b. se efectuează decelarea propriu-zisă a eventualelor imperfecțiuni sau defecte, prin comparare cu imaginile termografice și graficele de temperatură determinate în prima etapă, corelate cu tipurile relevante de imperfecțiuni și defecte care pot fi considerate elementele de etalonare pentru aplicarea metodei de monitorizare, în așa fel încât imperfecțiunile și defectele pot fi evitate prin excluderea regimurilor de sudare pentru care s-au obținut imagini termografice și grafice de temperatură necorespunzătoare, deoarece acele regimuri de sudare au generat imperfecțiuni sau defecte ale îmbinării, iar întregul program de experimente a fost executat pe un echipament de sudare prin frecare cu element activ rotitor constituit dintr-un batiu (1) pe care se află montat un grup (2) de acționare pentru deplasarea uneltei de lucru pe axa Ox, precum și un grup (3) de acționare pentru mișcarea tehnologică de rotire și de frecare a uneltei (4) de sudare FSW, astfel încât grupul

(3) de acționare are posibilitatea de a efectua o mișcare tehnologică de deplasare longitudinală pe niște ghidaje pentru deplasarea subansamblului (5) port-unealtă de sudare, unealta (4) de lucru executând operațiuni de sudare la piesele (6) de sudat montate într-un dispozitiv (7) de prindere a pieselor (6), în așa fel încât operațiunile de sudare pot fi monitorizate de către un sistem (8) de monitorizare prin termografie.

Revendicări: 1

Figuri: 3

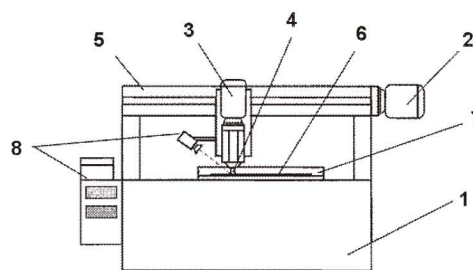


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a 2018 0369</u>
Data depozit <u>24-05-2018</u>

17
18

**a) Metodă de monitorizare prin termografie
a procesului de sudare prin frecare
cu element activ rotitor (FSW)**

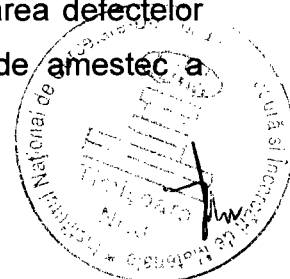
- Descrierea invenției -

- b) Invenția se referă la o metodă de monitorizare directă a procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor – FSW – procedeu de îmbinare nedemontabilă utilizat în construcțiile de mașini, metodă care permite o analiză imediată și rapidă, a procesului de sudare, rezultând posibilitatea de intervenție, în scopul îmbunătățirii valorilor parametrilor tehnologici ai acestui procedeu și anume viteza de rotație a uneltei, forța de apăsare a uneltei exercitată asupra materialelor de îmbinat și viteza de sudare (viteza de deplasare a mesei pe care sunt fixate materialele de îmbinat), respectiv o analiză a calității îmbinării sudate prin evidențierea prezenței/absenței defectelor și/sau imperfecțiunilor.

Conform invenției, este posibilă realizarea de analize privind stabilitatea parametrilor, sau menținerea parametrilor la valorile necesare și se evită apariția de imperfecțiuni și/sau defecte, controlând astfel procesul de îmbinare prin sudare FSW, ceea ce reprezintă un avantaj.

Parametrii procesului de sudare FSW care pot fi corectați ca urmare a monitorizării procesului sunt următorii:

- 1) temperatura materialelor de bază în locul de acționare a uneltei de sudare FSW trebuie să aibă o valoare de maxim 75 -80% din temperatura de topire a metalului de bază (a celui care are temperatura de topire mai redusă), temperatura fiind exprimată pe scara Celsius; temperatura nu poate fi realizată în mod direct la valoarea necesară, ci ea se realizează în mod indirect prin intermediul celorlalți parametri, menționați în continuare;
- 2) caracteristicile structurale, mecanice, geometrice și dimensionale ale uneltei de sudare FSW au influență maximă asupra structurii și asupra proprietăților metalului din zona de îmbinare, prin uniformitatea structurii, evitarea defectelor de consolidare și uniformitatea dimensiunii grăunților în zona de amestec a



16
18

metalelor de îmbinat; principalele caracteristici geometrice ale uneltei de sudare FSW sunt: diametrul umărului, lungimea pinului, forma pinului (trunchi de con, tronconic teșit, trunchi de piramidă, cilindric filetat pe dreapta sau stânga, forme speciale, etc.); diametrul cercului circumscris al pinului.

3) forța de apăsare verticală a uneltei asupra metalelor de bază, care influențează temperatura obținută în timpul procesului, gradul de plastifiere a metalelor de bază, compactitatea metalului în zona îmbinării și alte proprietăți ale sale; se utilizează metode directe și metode indirecte de măsurare a forței, prin intermediul altor parametri; forța de apăsare verticală are valori de până la 20 kN în cazul echipamentelor de sudare FSW mai mici, respectiv valori de 50 – 90 kN la echipamente de sudare FSW de mare putere, destinate îmbinării unor materiale sau piese de grosime mare;

4) viteza de pătrundere a pinului uneltei de sudare FSW în metalele de bază este un parametru secundar, dar cu importanță maximă pentru faza de început a procesului FSW, în scopul protejării pinului uneltei de sudare FSW și pentru formarea primelor elemente ale metalului combinat al îmbinării FSW;

5) turația uneltei FSW, care variază în domeniul 300 – 3500 rot/min sau chiar mai mult, în funcție de complexitatea și dotarea echipamentului de sudare FSW; umărul uneltei de sudare FSW exercită frecare pe suprafața metalelor de bază, astfel încât el generează căldură, care conduce la încălzirea metalelor de bază până la o temperatură de maxim 75-80% din temperatura de topire, în scopul obținerii nivelului de plastifiere necesar pentru procesul de îmbinare FSW; acest parametru are importanța cea mai mare în procesul de dislocare mecanică a unor fragmente/particule din metalele de bază, mișcare și amestecare a fragmentelor/particulelor provenite de la un metal de bază cu alte fragmente/particule provenite din celălalt metal de bază, iar aceste operații sunt executate de pinul uneltei de sudare FSW;

6) viteza de avans a uneltei de sudare FSW are valori în domeniul 50 - 300 mm/min în cazul echipamentelor de putere mai redusă (puterea sub 4 kW a motorului de rotire a uneltei de sudare FSW), cu valori maxime de 6000 mm/min în cazul echipamentelor de mare putere (puterea de peste 50 kW a motorului de rotire a uneltei de sudare FSW); acest parametru are influență asupra proceselor termomecanice de amestec al metalelor pentru formarea metalului combinat al



16

îmbinării, dar și asupra procesului de răcire a metalului combinat, care are importanța sa în formarea structurii respective;

7) sensul de rotație al uneltei de sudare FSW, care poate fi orar sau antiorar; acesta are influență asupra formării structurii metalului îmbinării, în legătură cu asimetria formării metalului sudurii, cauzată de faptul că sensul vitezei periferice a pinului uneltei de sudare FSW este identic cu sensul de avans al uneltei, pe o parte a pinului, respectiv sensul vitezei periferice a pinului este invers față de viteza de avans pe partea opusă a pinului; în funcție de sensul de rotație se poate stabili dacă se produce o anizotropie a structurii metalului îmbinării;

8) unghiul de înclinare a axei uneltei de sudare FSW față de verticală, cu influență asupra modului de formare a metalului îmbinării; acest unghi are valori cuprinse între $0^{\circ} - 4^{\circ}$;

9) parametri secundari, spre exemplu: dimensiunile tablelor sau pieselor de sudat, care influențează distribuția câmpului termic; materialele, forma și dimensiunile pieselor dispozitivului de poziționare, care influențează câmpul termic, de asemenea; parametrii acționărilor echipamentului, în special valoarea curentului consumat de fiecare motor (actuator) al echipamentului FSW, ca măsură indirectă a efortului preluat de acționarea respectivă în timpul funcționării, etc.

10) factori cu influență ocazională, în funcție de condițiile locale: temperatura ambiantă, curenți de aer, ambele cu influență asupra nivelului maxim al temperaturii și asupra variației în timp a temperaturii; vibrații cauzate de funcționarea deficitară a echipamentului de sudare FSW, etc.

c) În prezent, nu se cunoaște să se utilizeze aplicarea practică a acestei metode de monitorizare a procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor, metodă care utilizează termografia în infraroșu ca mod de analiză.

d) Invenția oferă soluții pentru analizarea procesului de sudare FSW, prin furnizarea de date în timp real, asupra valorilor parametrilor specifici ai procesului tehnologic.

Metoda de monitorizare a procesului de sudare FSW, prin utilizarea termografiei în infraroșu, utilizează tehnica de realizare a unei imagini termice, rezultată din procesul generator de scene termice, în domeniul spectral din infraroșu, în



14
15

vederea analizei acestui procedeu (de sudare prin frecare cu element activ rotitor - FSW).

Prin utilizarea acestei metode se pot vizualiza fenomenele specifice ale procesului de sudare FSW și apoi se pot măsura și se pot prelucra informațiile obținute, se poate reda imaginea termică (luminoasă) și evalua temperatura procesului cu ajutorul unei camere de termoviziune în infraroșu.

Utilizând o interfață a camerei termografice, montată pe echipamentul de sudare FSW, se pot transmite și se pot înregistra imagini în infraroșu din timpul desfășurării procesului de sudare.

În continuare, se pot trasa grafice cu valorile temperaturii dezvoltate în procesul de sudare în orice punct al imaginii termografice, la alegere. Prezintă interes tehnologic înregistrarea în timp a tuturor variațiilor de temperatură măsurate în spatele uneltei de sudare FSW, în raport cu direcția de sudare, prin transpunerea acestor informații în grafice se obțin informațiile utile pentru cunoașterea temperaturii dezvoltate în procesul de sudare, respectiv pentru identificarea apariției defectelor și/sau imperfecțiunilor în îmbinarea sudată.

Imaginile termografice obținute pentru anumite tipuri de defecte simulate și graficele de temperatură referitoare la punctul din spatele uneltei FSW (eventual și din alte zone) sunt puse în corelare cu fiecare tip de defect, respectiv cu forma și dimensiunile defectului. Corelarea se face prin alăturarea imaginilor termografice și a graficelor de temperatură, pe de o parte, respectiv a defectelor simulate și a parametrilor utilizați, pe de altă parte, în tabele, în cadrul unei baze de date, care servește ca documentație de referință pentru identificarea defectelor, în scopul evitării apariției acestora. În aplicațiile concrete ale metodei, imaginile termografice obținute prin monitorizarea întregului proces de sudare FSW sunt comparate cu graficele aferente, obținute prin prelucrarea computerizată a datelor achiziționate în timpul derulării procesului de sudare FSW, iar în acest mod se localizează și se identifică tipul, forma și dimensiunile defectelor produse, în etapa de elaborare a tehnologiei de sudare FSW. La următoarele utilizări ale procedurii FSW pentru același tip de aplicație, se modifică parametrii, pentru evitarea apariției defectelor și/sau imperfecțiunilor constatate.



Datele obținute și înregistrate se vor analiza, rezultând astfel informații privind procesul de sudare, respectiv influența valorilor parametrilor tehnologici de sudare FSW asupra procesului care are loc.

Aceste informații se vor putea utiliza pentru controlul proceselor de sudare, pentru eventuale îmbunătățiri, în scopul obținerii unor îmbinări sudate FSW conforme cu documentația tehnologică aferentă a pieselor de sudat.

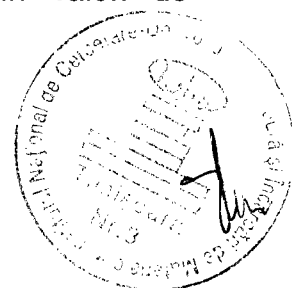
- e) În figura 1 este prezentat un echipament de sudare prin procedeul FSW, dotat cu un dispozitiv care poziționează o cameră termografică, alături de celelalte componente ale mașinii FSW, pentru aplicarea acestei metode de monitorizare a procesului de sudare FSW.

Structural, echipamentul de sudare prin procedeul FSW are în alcătuirea sa următoarele subansamble: 1 – batiu, 2 – grup de acționare pentru deplasarea uneltei de lucru pe axa Ox (orizontală), 3 – grup de acționare pentru mișcarea tehnologică a uneltei de sudare FSW, a mișcării de rotație și de frecare, 4 – unealta de sudare FSW, 5 – ghidaje pentru deplasare a subansamblului port-unelte de sudare, 6 – piese de sudat, 7 – dispozitiv de prindere a pieselor de sudat și 8 – sistem de monitorizare.

Acest sistem de monitorizare 8 este compus din camera termografică sau de termoviziune, ca element de interfață cu procesul de sudare, un calculator PC sau laptop, pe care este instalat software-ul specializat pentru achiziție, stocare și prelucrare de date al camerei de termoviziune, respectiv elemente de poziționare și de legătură.

Metoda de monitorizare a procesului de sudare FSW presupune utilizarea camerei de termoviziune pentru captarea imaginii unei arii de semnale de emisie termică, care au o putere dată și o anumită valoare a emitanței obiectivului observat (piesele de sudat), o anumită valoare a emitanței radiației reflectate din mediul înconjurător și a emitanței atmosferei.

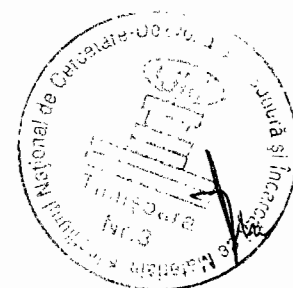
Semnalele de emisie termică ale câmpului imaginii analizate, având configurația și valorile caracteristice ale procesului de sudare FSW, prin intermediul camerei termografice în infraroșu sunt transformate în mod proporțional în valori de tensiune, respectiv din valori de tensiune ele sunt redactate în valori de temperatură.



Metoda de monitorizare termografică cu radiații infraroșii se utilizează în prima etapă în conformitate cu organigrama prezentată în figura 2, pentru execuția unui program de experimentări prin care se determină capabilitatea acestei metode pentru decelarea defectelor și/sau imperfecțiunilor.

Imperfecțiunile și/sau defectele care trebuie evitate sunt simulate prin formele menționate în figura 2. Acestea pot fi corelate cu valorile instantanee ale temperaturii determinate cu camera termografică și ale parametrilor de sudare, la momentul și în locul unde se află acel defect și/sau imperfecțiune. În felul acesta, pe baza modului în care evoluează temperatura, se pot localiza defectele și/sau imperfecțiunile. Variații locale mari de temperatură pot indica apariția unor defecte și/sau imperfecțiuni, respectiv abateri accidentale ale parametrilor de proces. Monitorizarea experimentală a temperaturii poate fundamenta măsuri pentru contracararea valorilor neconforme ale parametrilor de sudare sau ale unor factori care au condus la acele imperfecțiuni și/sau defecte de sudare. În acest fel, temperatura de proces devine un parametru important al procedurii FSW. Corelarea imperfecțiunilor și/sau defectelor cu anumite valori ale temperaturii poate da informații asupra localizării formei și a dimensiunilor defectului, în punctul în care se află acea valoare neconformă a temperaturii, pe graficul de temperatură în funcție de timp. Această prezentare a corelărilor între variațiile locale de temperatură și apariția de defecte și/sau imperfecțiuni, se utilizează în analiza procesului de sudare FSW pentru a lua deciziile necesare în scopul efectuării unor corecții. Metoda aceasta poate fi chiar automatizată, dar corecția nu se poate executa în timp real, deoarece nu este posibilă revenirea la începutul unui eveniment care a avut loc deja. Dar măsura memorată astfel poate fi aplicată pentru corecții aplicate preventiv la alte abateri ale temperaturii, în stadiul incipient al acestora, eventual prin analiza derivatei curbei de variație a temperaturii sau a altui parametru.

Organigrama din figura 2, se referă la aplicarea metodei de monitorizare a proceselor de sudare FSW, pentru stabilirea unor corelări între anumite tipuri de defecte simulate (artificiale) și forma imaginilor termografice în infraroșu, pentru îmbinări FSW în regim constant, pe plăci de aluminiu 99,5 (EN AW 1050), cu grosimea $s = 10$ mm. Au fost luate în considerare trei categorii de defecte simulate, artificiale, cu relevanță și pentru defecte reale:



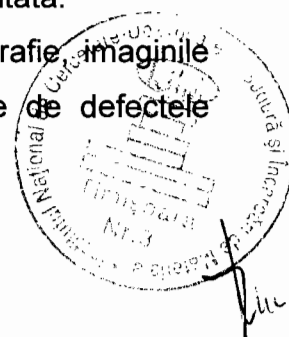
- I - Prima categorie de defecte artificiale se referă la găuri cilindrice cu diametrul cuprins între $\varnothing=2\div 7$ mm cu adâncimea $h=4$ mm, care simulează goluri, lipsă de material sau sufluri;
- II - A doua categorie constă în fante eliptice de lăţime variabilă $b=2\div 6$ mm, de lungime $l=10$ mm, având o adâncime $h=4$ mm, care simulează defecte de lipsă de consolidare de tip tunel, respectiv unele fisuri;
- III - Categoria a treia de defecte artificiale reprezintă implanturi cu ştifturi din materiale diferite cu diametrul $\varnothing=3$ mm şi adâncimea $h=6$ mm, care pot simula diverse incluziuni în metalul combinat al îmbinării, cauzate de includerea unor impurităţi aflate pe suprafaţa metalelor de bază, respectiv formate din particule de oxizi în timpul procesului de sudare FSW sau chiar bucăţi desprinse din pinul ori umărul uneltei FSW, etc.

Metoda se bazează pe termografierea zonelor pieselor de sudat din proximitatea uneltei FSW într-un sector circular constant ca formă şi aflat în deplasare, care este determinat de intersecţia dintre suprafaţa cilindrică, având raza egală cu raza r_u a umărului uneltei de lucru, şi suprafaţa plană şi orizontală a îmbinării sudate care se procesează (prin procedeul FSW, în acest caz).

Pentru a valida posibilităţile detectare prin termografie în infraroşu a defectelor/imperfecţiunilor în cazul pieselor de sudat cu defecte artificiale simulate în materialul supus analizei, se pot înregistra toate variaţiile de temperatură din zona termografiată în timpul procesului FSW şi se pot realiza şi analiza graficele aferente de evoluţie a temperaturii.

Se vor analiza cele trei tipuri de defecte artificiale menţionate, caracteristice unui anumit experiment. Se vor înregistra modificările cauzate de defectele artificiale pe imaginile termografice şi pe graficele de temperatură în timpul procesului de sudare FSW, ţinând cont de valorile coeficienţilor de transmitere a căldurii, de valorile greutatei specifice ale materialelor de bază, respectiv de dimensiunile geometrice (diametru, lăţime, adâncime) ale defectelor artificiale, utilizând unelte FSW având lungimea pinului mai mare decât adâncimea defectului simulat $L_{pin}= h+(1..2)$ mm. Astfel se vor obţine rezultate utile pentru determinarea capabilităţii decelării defectelor artificiale în îmbinarea sudată rezultată.

În continuare, în aplicaţiile metodei de monitorizare prin termografie, imaginile termografice şi graficele de temperatură cu modificări cauzate de defectele



artificiale se vor utiliza ca referință pentru decelarea defectelor reale în îmbinările FSW executate cu aceleași materiale de bază și cu aceiași parametri de sudare.

Metoda de monitorizare și de control a proceselor de sudare prin frecare cu element activ rotitor, FSW, prin utilizarea termografiei în infraroșu, reprezintă o soluție tehnică în vederea unei analize directe a acestor procese, oferind posibilitatea de efectuare a corecțiilor ce se impun, astfel ca procesul de sudare să se desfășoare respectând parametrii tehnologici prescriși, efectul rezultat fiind o îmbinare sudată conformă.

f) Invenția are aplicabilitate industrială, permițând o analiză a rezultatelor obținute în urma aplicării acestei metode pe diferite tipuri de piese sudabile, iar rezultatele se vor constitui într-o bază de variante privind tehnologiile de lucru, necesară utilizatorilor industriali.

g) Avantajele aplicării acestei invenții rezultă din faptul că se pot obține astfel informații de natură tehnologică (parametri de lucru) privind procesul propriu-zis de sudare FSW, un procedeu relativ nou, pentru care nu există încă norme specifice unanim acceptate, dar care prin aplicarea sa, va face posibilă îmbinarea unor materiale similare, sau disimilare, care sunt greu sudabile, sau chiar imposibil de sudat, utilizând alte procedee.

h) În Figura 1 se prezintă echipamentul de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW), dotat pentru utilizarea metodei de monitorizare prin termografie a procesului FSW.

Figura 2 prezintă organigrama metodei de monitorizare prin termografie a procesului FSW, pentru decelarea defectelor și corectarea parametrilor.

Prin utilizarea acestor date se pot construi diagrame de variație a temperaturii care pot fi corelate cu lungimea probei, dimensiunile găurilor, respectiv ale altor defecte induse.

Figura 3 prezintă câteva imagini termografice și grafice ale temperaturii în funcție de timp, în care se disting abateri ale temperaturii de la variația normală, corelate în timp și în spațiu cu locul în care sunt amplasate defectele artificiale menționate în figura 2.



Prin interpretarea, cu ajutorul acestor grafice de variație în timp a temperaturii, a influenței diverselor defecte simulate, se pot obține concluzii care privesc selectarea regimului tehnologic optim, pentru fiecare tip de îmbinare în parte, prin excluderea regimurilor care au generat defecte la sudare, evidențiate prin imagini termografice și grafice de temperatură.

i) Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figura 1, figura 2 și figura 3.

Metoda de monitorizare (prin termografie) a procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW), conform invenției, se execută pe un echipament de sudare prin frecare cu element activ rotitor, ale cărui componente principale sunt prezentate în figura 1, astfel: un batiu (1), pe care se află un grup de acționare pentru deplasarea uneltei de lucru pentru axa Ox (orizontală) (2), precum și 3 – grup de acționare pentru mișcarea tehnologică de rotire și de frecare a uneltei (3), pe care se prinde o unealtă de lucru (4), astfel încât grupul de acționare pentru mișcarea tehnologică de rotire și de frecare a uneltei (3) are posibilitatea de a efectua o mișcare tehnologică de deplasare longitudinală pe niște ghidaje pentru deplasarea subansamblului port-unealtă de lucru (5), astfel încât unealta de lucru (4) execută operațiuni de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW) la niște piese de sudat (6), montate într-un dispozitiv de prindere a pieselor de sudat (7), în așa fel încât operațiunile de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW) pot fi monitorizate de către un sistem de monitorizare (prin termografie) (8), iar operațiunile de monitorizare se efectuează în conformitate cu organigrama metodei de monitorizare prin termografie a procesului FSW din figura 2, în care se arată operațiunile de monitorizare din prima etapă, în care se execută un program de experimente pentru determinarea capacității de decelare a defectelor și pentru etalonarea sistemului de monitorizare (8), după care urmează etapa a doua, în care se efectuează decelarea propriu-zisă a eventualelor imperfecțiuni sau defecte, prin comparare cu imaginile termografice și graficele de temperatură determinate în prima etapă, corelate cu tipurile relevante de imperfecțiuni și defecte, expuse în figura 3, care pot fi considerate elementele de etalonare pentru aplicarea metodei de monitorizare, care se execută conform descrierii detaliate menționate în continuare.



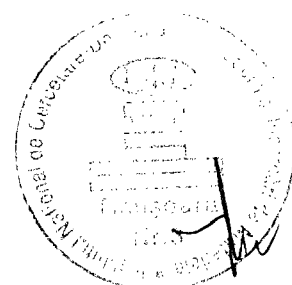
Metoda conform invenției are trei etape de metodă: preluarea de informații privitoare la procesul de sudare FSW, transmiterea informațiilor (parțial în timp real) prin sisteme de achiziție a datelor, respectiv prelucrarea datelor achiziționate. Informațiile constau în graficele de variație în timp a temperaturii în anumite puncte ale suprafeței metalelor de bază situate în jurul uneltei FSW și în special în spatele uneltei FSW. Aceste grafice de variație a temperaturii pot fi puse în corelare cu desfășurarea proceselor mecanice și metalurgice de amestecare a metalelor de bază, pentru formarea noii structuri a metalului îmbinării. Aceste corelări permit selectarea parametrilor procesului de sudare, pe baza criteriului de obținere a unei structuri corespunzătoare a metalului sudurii FSW. De asemenea, pot fi înregistrate toate variațiile de temperatură în zona umărului uneltei FSW și transpuse în grafice de evoluție a temperaturii, acestea putând fi analizate în scopul corelării cu obținerea structurii dorite a metalului îmbinării, dar și în scopul asigurării unei durabilități mai ridicate a uneltei FSW, ceea ce are o importanță deosebită prin influențarea prețului de cost, acesta devenind mai redus pe unitatea de lungime a sudurii FSW. Mijloacele de monitorizare termografică actuale au domeniul de temperatură cuprins între $-20 \dots + 1500^{\circ}\text{C}$ sau până la 2000°C , cu precizie de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ sau $\pm 1\%$ din indicație și oferă o imagine foarte precisă a zonelor sau punctelor în care se măsoară în timp real temperatura, respectiv pentru care se trasează graficele de monitorizare a temperaturii, datorită rezoluției înalte a imaginii termografice oferite de camera termografică, și anume, rezoluția înaltă a detectorului de infraroșu este de ordinul a minimum 1648×820 pixeli fizici, iar spectrul imaginii este $7,5 \dots 14 \mu\text{m}$. Un fișier care conține înregistrările de temperatură pe durata de circa un minut, într-un anumit punct al imaginii termografice, corespunzător unei anumite zone a câmpului de temperatură pe care se efectuează măsurătorile, are dimensiuni de minimum 3-5 MB. Zonele în care se efectuează măsurarea temperaturii pot fi decelate cu precizie mai bună de 0,1 mm, care este suficientă pentru caracterizarea proceselor termice, mecanice și metalurgice implicate, ținând cont că aceste procese sunt lente, iar variația în spațiu a temperaturii este lentă, de asemenea. Frecvența de eșantionare a temperaturii la nivelul pixelilor este de ordinul 10 - 20 MHz, pentru a realiza rata de scanare de 30 cadre pe secundă a imaginilor termografice, care este suficientă pentru procesele relativ lente. **Datele**



înregistrate de camera termografică pot fi transferate pe computer prin interfața USB sau de alt tip a camerei.

Invenția oferă o metodă de analiză a procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW), prin obținerea de informații directe, astfel încât prin utilizarea unui regim tehnologic cu parametrii prescriși (turația sau viteza de rotație a uneltei, forța de apăsare a uneltei, viteza de sudare, etc.) se va putea exercita un control al fenomenelor care au loc, din punct de vedere al calității îmbinării sudate, pe tipuri de materiale de sudat, pentru domenii de dimensiuni ale acestora și pe tipuri de îmbinări: cap la cap, în colț sau cu suprapunere, cu diverse forme geometrice, etc.

Astfel se vor putea obține baze de date cu informații care pot fi utile realizării unor norme specifice acestui domeniu al sudării FSW, activități care au loc și pe plan european și internațional.



Metodă de monitorizare prin termografie a procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW)

- Revendicare -

1) Metoda de monitorizare (prin termografie) a procesului de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW), conform invenției, caracterizată prin aceea că se execută pe un echipament de sudare prin frecare cu element activ rotitor, ale căruia componente principale sunt prezentate în figura 1, astfel: un batiu (1), pe care se află un grup de acționare pentru deplasarea uneltei de lucru pe axa Ox (orizontală) (2), precum și 3 – grup de acționare pentru mișcarea tehnologică de rotire și de frecare a uneltei de sudare FSW (3), pe care se prinde o unealtă de sudare FSW (4), astfel încât grupul de acționare pentru mișcarea tehnologică de rotire și de frecare a uneltei de sudare FSW (3) are posibilitatea de a efectua o mișcare tehnologică de deplasare longitudinală pe niște ghidaje pentru deplasarea subansamblului port-unealtă de sudare (5), astfel încât unealta de lucru (4) execută operațiuni de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW) la piesele de sudat (6), montate într-un dispozitiv de prindere a pieselor de sudat (7), în așa fel încât operațiunile de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW) pot fi monitorizate de către un sistem de monitorizare (prin termografie) (8), iar operațiunile de monitorizare se efectuează în conformitate cu organigrama metodei de monitorizare prin termografie a procesului FSW din figura 2, în care se arată operațiunile de monitorizare din prima etapă, în care se execută un program de experimente pentru determinarea capacității de decelare a defectelor și pentru etalonarea sistemului de monitorizare (8), după care urmează etapa a doua, în care se efectuează decelarea propriu-zisă a eventualelor imperfecțiuni sau defecte, prin comparare cu imaginile termografice și graficele de temperatură determinate în prima etapă, corelate cu tipurile relevante de imperfecțiuni și defecte, expuse în figura 3, care pot fi considerate elementele de etalonare pentru aplicarea metodei de monitorizare, în așa fel încât imperfecțiunile și defectele pot fi evitate prin excluderea regimurilor de sudare FSW pentru care s-au obținut imagini termografice și grafice de temperatură în funcție de timp necorespunzătoare, deoarece acele regimuri de sudare FSW au generat imperfecțiuni sau defecte ale îmbinării FSW.



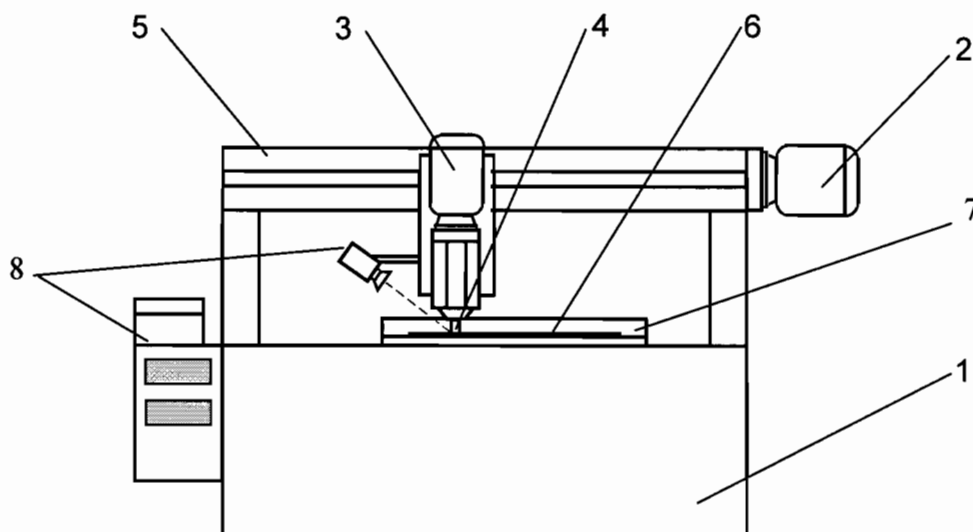


Figura 1.

Echipament de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW),
dotat pentru utilizarea metodei de monitorizare prin termografie
a procesului FSW



DESENE

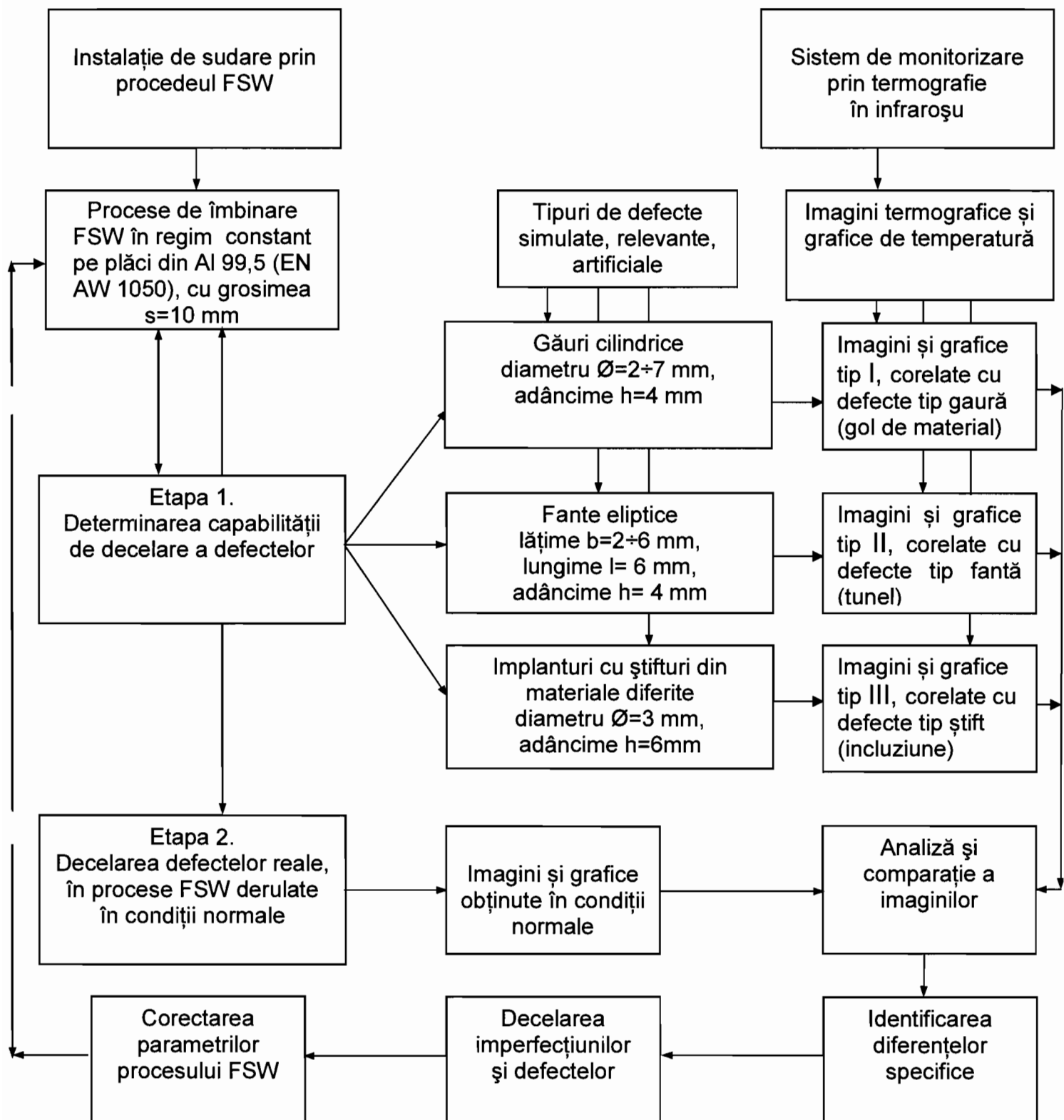
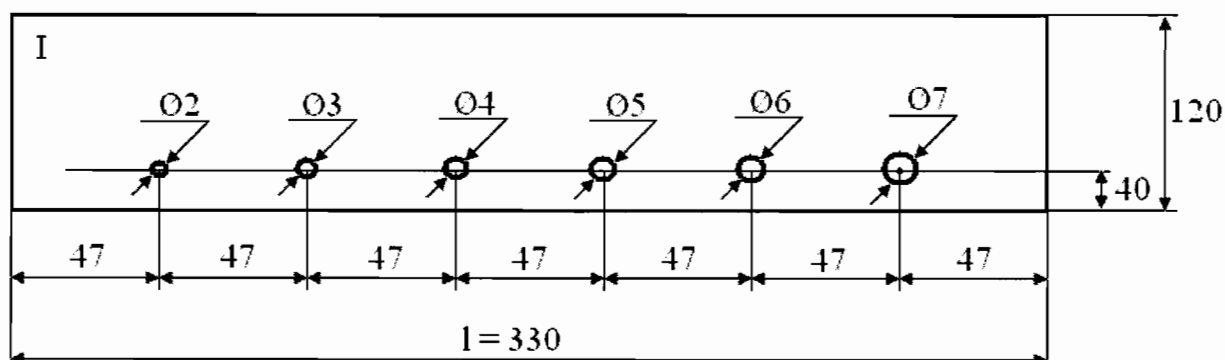
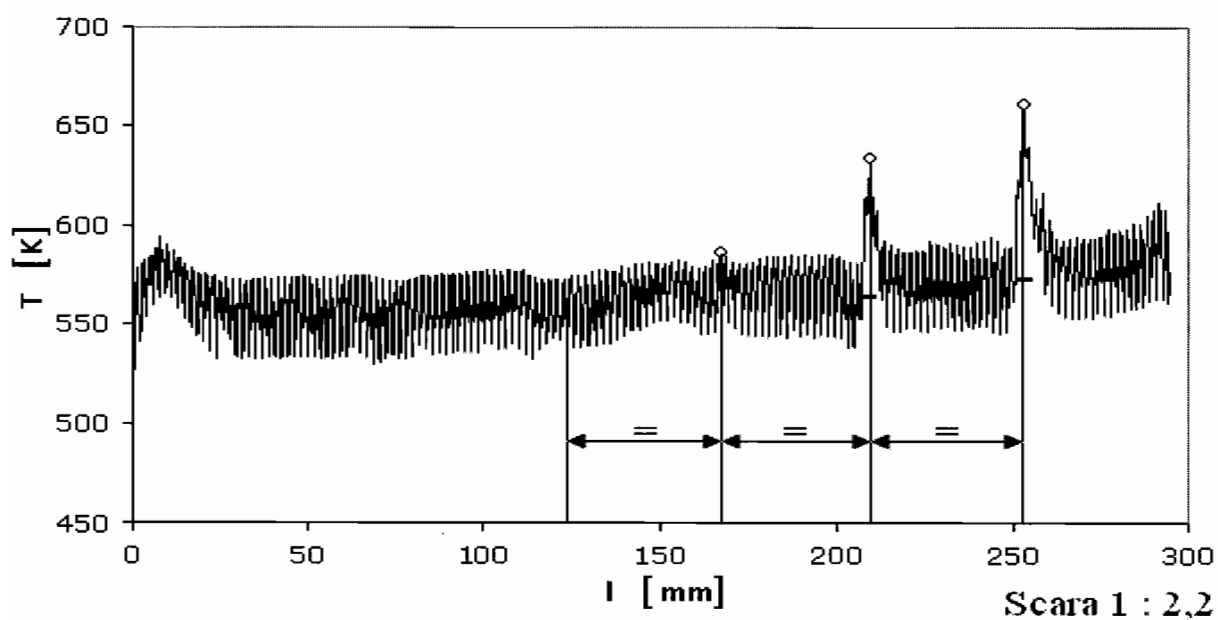


Figura 2.
Organigrama metodei de monitorizare prin termografie a procesului FSW,
pentru decelarea defectelor și corectarea parametrilor



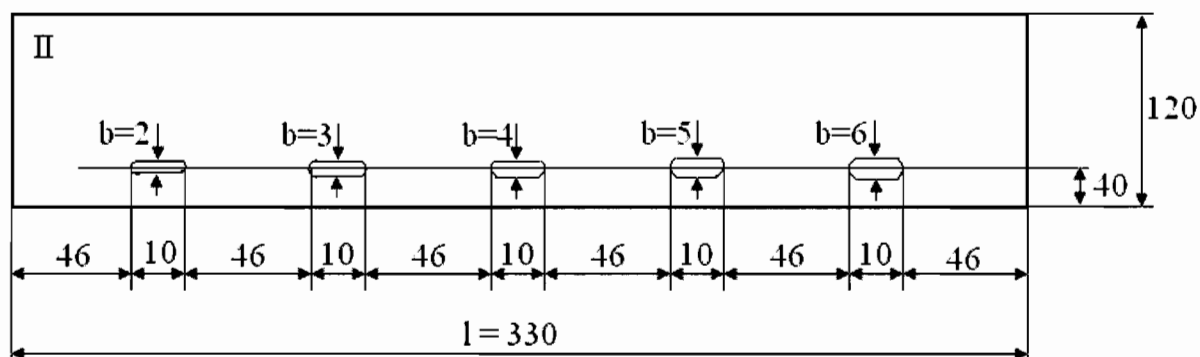


I - Schița probei cu defecte simulate - găuri cilindrice
(diametru $\varnothing = 2 \div 7$ mm, adâncime $h = 4$ mm)

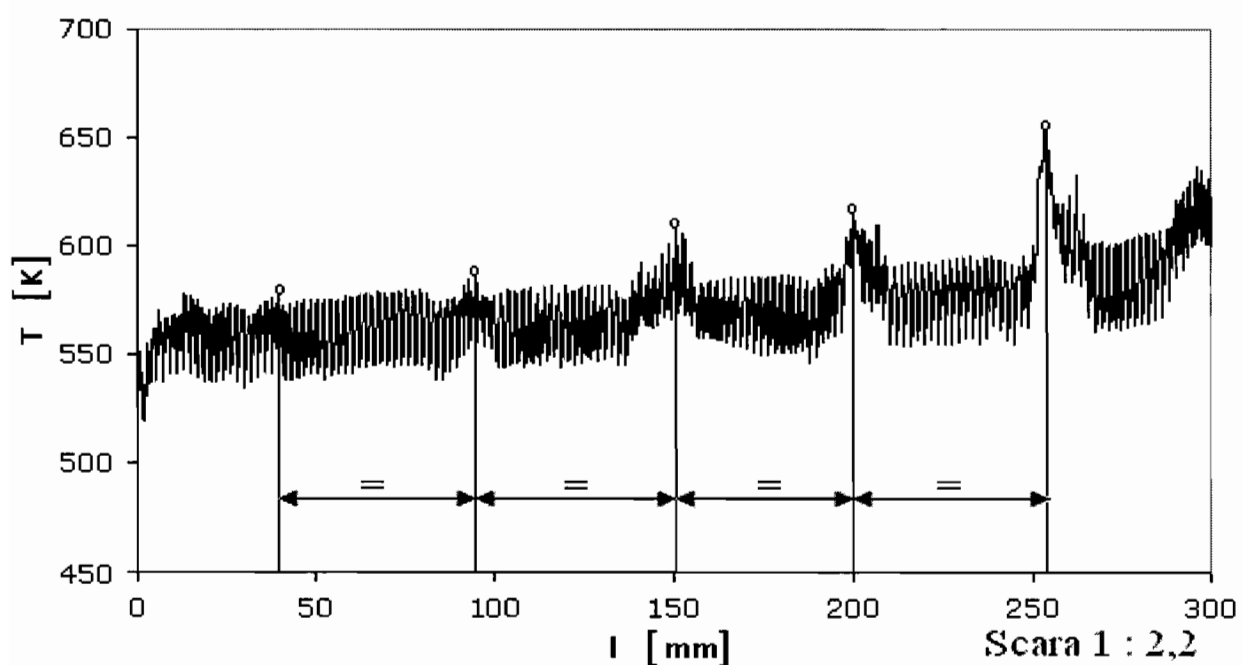


a) - Graficul de evoluție a temperaturii pentru proba cu defecte simulate - găuri cilindrice



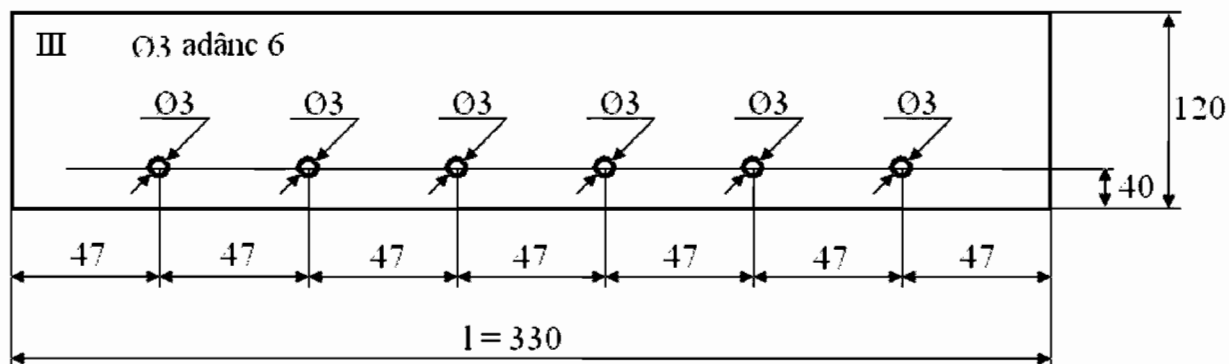


II - Schița probei cu defecte simulate - fante eliptice
(lățime $b=2\div 6$ mm, lungime $l=10$ mm, adâncime $h=4$ mm)

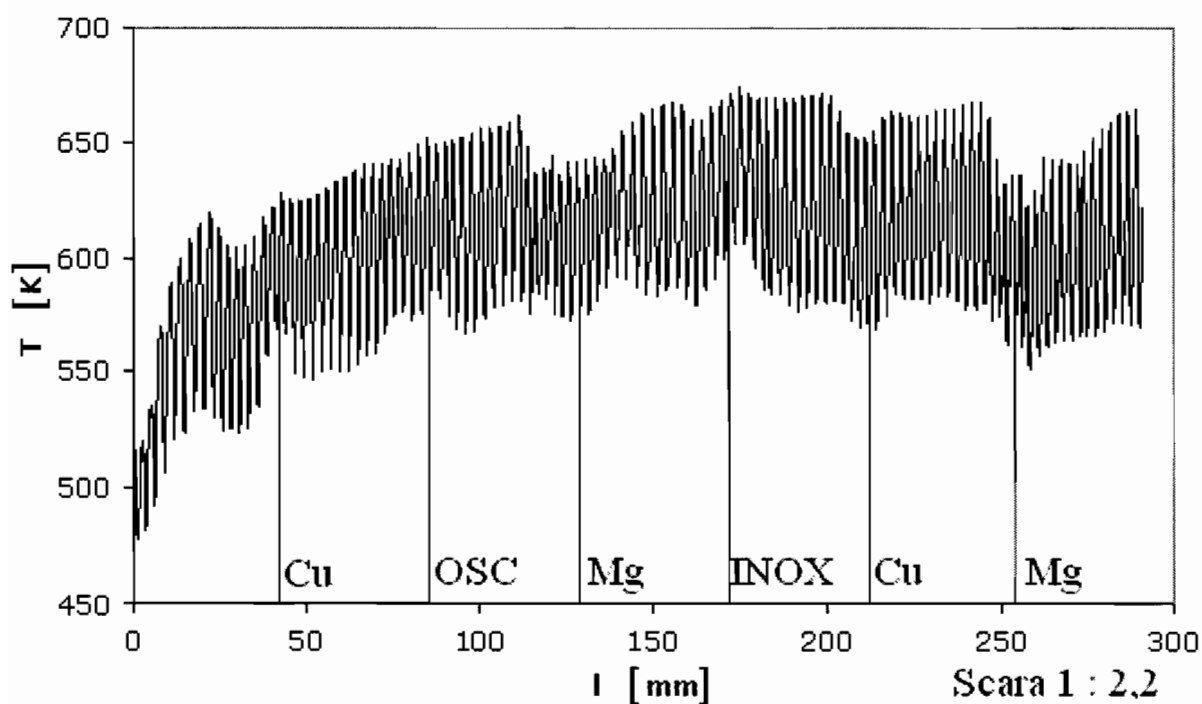


b) - Graficul de evoluție a temperaturii pentru proba cu defecte simulate – fante eliptice





III - Schița probei cu defecte simulate - implanturi cu știfturi din diferite materiale
(diametru $\varnothing=3$ mm, adâncime $h=6$ mm)



c) - Graficul de evoluție a temperaturii pentru proba cu defecte simulate – implanturi din diferite materiale

Figura 3 - Graficele de evoluție a temperaturii pentru probele cu defecte simulate și corelarea acestora cu geometria specifică a probelor

