

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00001

(22) Data de depozit: 05/01/2022

(41) Data publicării cererii:
28/07/2023 BOPI nr. 7/2023

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIĂȚIEI - INFLPR, STR. ATOMIȘTILOR
NR. 409, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• CHIOIBASU GEORGIANA - DIANA,
STR.CIRESAR, NR.12, SC.A, ET.2, AP.20,
BRAGADIRU, IF, RO;

• MIHAI SABIN-ANDREI, STR.MORII,
NR.46, LUMINA, CT, RO;
• MAHMOOD MUHAMMAD ARIF,
STR.FIZICIENILOR, NR.19, BL.G5, AP.10,
MĂGURELE, IF, RO;
• POPESCU ANDREI, STR.FIZICIENILOR
NR.10, BL.M6, ET.3, AP.11, MĂGURELE, IF,
RO;
• MINCIUNESCU PAUL, STR.MOȚOC NR.2,
BL.P 3, SC.1, ET.3, AP.10, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) PROCEDEU DE SUDARE LASER A MATERIALELOR
METALICE UTILIZÂND TEHNICA DEPUNERE LASER
PRIN TOPIRE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de sudare a materialelor metalice utilizând tehnica de depunere laser prin topire. Procedeu conform invenției constă din topirea unui material (2) metalic sub formă de pulbere pe o suprafață (10) de sudat, unde este transportat prin intermediul unor canale (7) ale unui distribuitor de particule, cu ajutorul unui amestec de gaze de proces, heliu-argon, care asigură un debit uniform și controlat de pulbere metalică și protejează zona de procesare împotriva oxidării, sub acțiunea unui fascicul (6) laser emis de o sursă laser cu emisie în mod continuu, cu lungimea de undă cuprinsă între 1030...1064nm, cu putere maximă de până la 2kW și diametru al spotului cuprins între 0.6...1 mm.

Revendicări: 1
Figuri: 4

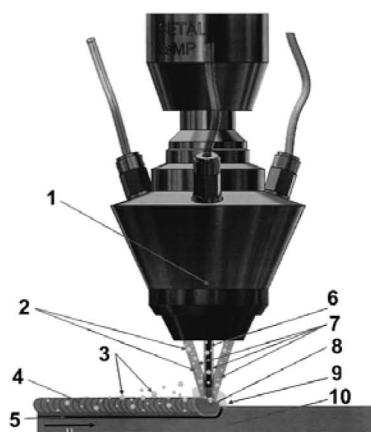


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



- DESCRIERE -

Invenția constă într-o metodă de sudare a materialelor metalice utilizând tehnica depunere laser prin topire (engl. "Laser Melting Deposition – LMD"), care folosește material precursor sub formă de pulbere, topit în zona de procesare de un fascicul laser.

Este bine cunoscută tendința actuală este de a automatiza procesele industriale prin introducerea roboților și computerelor în fluxul de fabricație. Astfel, crește randamentul de procesare și implicit scad costurile de producție. Metoda este aplicabilă pentru toate ramurile industriei care necesită sudarea unor piese de oțel, plecând de la dimensiuni de ordinul centimetrilor, până la piese de ordinul metrilor/zecilor de metri. Țevi, coșuri de fum, table, piese și caroserii de autovehicule, componente de avioane/drone, care sunt realizate din oțel și care au grosime de ordinul mm, reprezintă potențiale produse care pot beneficia de procedeul de obținere a îmbinărilor nedemontabile descris în această invenție.

Sudarea laser a componentelor metalice se realizează în general utilizând surse laser cu lungimi de undă în domeniul infraroșu (IR). Cele mai comune tipuri de surse laser utilizate pentru sudare sunt cele cu CO₂ [4], Nd/Yb:YAG [5] sau semiconductori GaAs, Al_xGa(1-x)As [6]. Se pot suda materiale precum oțelurile inox, oțeluri carbon, aluminiu, titan, nickel și multiple aliaje neferoase [7], cu grosimi plecând de la sute de microni [8, 9] până la câțiva milimetri [10, 11]. Sudare laser se poate efectua în regim continuu sau pulsant [12], cu sau fără material de precursor [13], în funcție de necesitățile aplicației vizate. Parametrii de proces precum puterea laser, durata pulsului, frecvența de repetiție, unghiul de incidență al fascicului [14], viteza de sudare și/sau debitul de gaz protector afectează în mod direct calitatea sudurii [15], proprietățile fizice și mecanice ale produsului final. De aceea, optimizarea acestor parametri este critică pentru obținerea unor îmbinări care să păstreze proprietățile materialului de bază [12]. Pentru simplificarea procesului de sudare laser, operatorul trebuie să stabilească dimensiunea spotului laser și să determine fluența optimă (cantitatea de energie pe suprafață). Alegerea unui diametru de ordinul sutelor de microni a spotului laser asigură o densitate de energie ridicată la puteri laser de sute de W, dar poziționarea și fixarea elementelor devin critice, deoarece o mică deviere de la valorile optime poate genera defecte majore ale îmbinărilor nedemontabile. Cu cât diametrul spotului este mai mare, cu atât precizia de poziționare afectează mai puțin rezultatul final. În același timp, trebuie menținută densitatea de energie, iar acest lucru se obține prin utilizarea unei puteri laser ridicate.



În mediul industrial, cel mai adesea sunt utilizate procedeele de sudare tradiționale (sudarea cu electrod nefuzibil în mediu de gaz inert - TIG/WIG), însă acestea necesită operatori înalt calificați, cu o temeinică stăpânire a parametrilor care influențează rezultatele finale. Cea mai importantă dificultate întâmpinată la sudarea elementelor prin metodele conventionale este poziționarea perfectă, în același plan, a marginilor tablelor de sudat. Orice diferență, oricât de mică de înălțime determină obținerea de suduri neconforme, care pot ceda mai rapid. De aceea, operatorul are nevoie de un timp îndelungat pentru poziționarea manuală și corectă a muchiilor de sudat, în vederea obținerii unui proces de sudare repetitiv și o sudură de calitate.

În numeroase industrii tendința este de înlocuire a procedeelelor de sudare tradiționale cu tehnici laser. Chiar dacă sudarea laser rezolvă unele dezavantaje ale sudării de tip TIG precum afectarea pe arie mare a microstructurii și aspectul grosier al sudurilor, totuși prin această metodă un dezavantaj major rămâne încă nerezolvat: poziționarea ultra precisă (cu ajutorul unei lupe sau a unui microscop) a spotului laser, cu diametru de ordinul sutelor de micrometri, pe joncțiunea dintre materialele de sudat.

Acest impediment poate fi eliminat utilizând metoda de sudare laser cu material de adaos, care presupune focalizarea unui fascicul laser la joncțiunea dintre două table și crearea unei faze lichide locale în care se directionează material sub formă de pulbere metalică. Pulberea este topită la interacția cu fasciculul laser și se solidifică rapid, formând o structură metalică densă, după încetarea acțiunii fasciculului laser din zona iradiată. Spotul de material depus este de ordinul milimetrilor, ceea ce face mult mai ușoară poziționarea pieselor.

Tehnica de sudare cu material de adaos sub formă de pulbere reprezintă o soluție viabilă atât pentru diminuarea timpului necesar etapei de poziționare cu precizie a muchiilor de sudat, cât și în cazul îmbinării nedemontabile a componentelor cu geometrie complexă. În plus, materialul de adaos sub formă de pulbere compensează pierderile cauzate de fenomenul spatter, conducând la obținerea de suduri cu rezistență mecanică crescută. Un alt avantaj al acestei metode este reprezentat de posibilitatea integrării echipamentului într-un sistem automat de sudare pentru asigurarea repetabilității procesului și a eliminării factorului uman din timpul procesului, reducându-se astfel erorile provenite de la acesta. În plus, prin utilizarea unui sistem automat se obține și o productivitate crescută și posibilitatea menținerii costurilor de fabricare la valorile previzionate încă de la proiectarea procesului tehnologic.

La nivel national, după studierea bazei de date a OSIM, nu au fost identificate brevete de invenție care să revendice metoda de sudare laser cu material de adaos utilizând tehnica LMD sau companii care să utilizeze metoda propusă de noi în industrie. Majoritatea firmelor



din România utilizează metode convenționale de sudare și doar un număr redus de companii au implementat recent linii automate de sudare laser, însă fără utilizarea materialului de adaos sub formă de pulbere. Singura cerere de brevet care propune o metodă de sudare hibridă laser-WIG este „RO134890 (A2) - Metodă de aplicare a procesului de sudare laser-WIG pulsant” în care se revendică metoda de aplicare a procesului de sudare LASER-WIG PULSAT, proces hibrid LASER-ARC electric ce combină două surse de energie ce funcționează în regim pulsant - fasciculul LASER pulsant - WIG pulsant.

La nivel internațional, am identificat câteva soluții tehnice care implică sudarea laser cu materiale de adaos sub formă de pulbere metalică, însă niciuna nu tratează problema dificultății de poziționare a elementelor de sudat. Exemple de brevete internaționale care propun dispozitive și metode de sudare laser cu material de adaos sunt:

- CN211848143U „Handheld laser cladding welding device” dezvoltă un dispozitiv portabil de sudare utilizând tehnica LMD.
- CN104874919A „Thick plate and narrow gap laser welding method” se referă la sudarea laser cu material de adaos sub formă de pulbere a unor plăci de metal cu grosime mai mare de 20 mm.
- CN105414761A „Laser powder-filling welding method for particle reinforced metal matrix composites” invenția prezintă o metodă de sudare laser cu material de adaos sub formă de pulbere în cazul materialelor compozite cu matrice metalică.

Metoda de sudare cu material de adaos sub formă de pulbere și exemple de produse rezultate sunt prezentate pe larg în continuare cu referire la Figurile 1-4, care reprezintă:

Figura 1. Schema de principiu a procesului de sudare cu material de adaos utilizând tehnica depunere laser prin topire

Figura 2. Exemplu de realizare pentru efectuarea procesului de sudare cu material de adaos

Figura 3. Eșantioane sudate cu material de adaos sub formă de pulbere utilizând tehnica LMD

Figura 4. Stator obținut prin sudare laser cu material de adaos

Schema de principiu a procesului de sudare cu material de adaos utilizând tehnica depunere laser prin topire este prezentată în figura 1. Metoda LMD presupune topirea unui material metalic sub formă de pulbere care este direcționat pe suprafața de sudat (10) printr-o duză (1) cu 3 canale (7). Materialul de adaos (2) este transportat de la distribuitorul de pulberi la zona de interacție (8) cu fasciculul laser (6) prin intermediul unor furtunuri cu ajutorul unui amestec de gaze de proces (Helium-Argon). Helium asigură un debit uniform și controlat de pulbere metalică, iar Argon protejează zona de procesare împotriva oxidării (9). Prima etapa

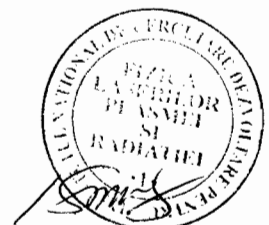


pentru a obține structuri sudate cu material de adaos îl constituie identificarea influenței parametrilor de proces precum puterea laserului, viteza de deplasare, debitul de pulbere și focalizarea. Se urmărește determinarea unor condiții optime de procesare pentru a obține îmbinări uniforme, fără defecte, fără particule de pulbere remanente semiaderente în jurul zonei de procesare (3), cu zona afectată termic redusă (5) și cordoane de sudură laser continue (4). Jeturile de pulbere și fasciculul laser sunt translatate concomitent pe o traiectorie stabilită prin intermediul unui sistem de axe motorizate (11).

Exemplu de realizare desrinatîmbinării nedemontabile a unor componente fabricate din oțel cu grosimi cuprinse între 0.5 – 2 mm, folosind material de adaos sub formă de pulbere micronică din Inconel 718, este reprezentat în figura 2. În acest scop, se utilizează o sursă laser (1) cu funcționare în modul continuu, lungime de undă cuprinsă între 1030 – 1064 nm și cu o putere maximă de procesare până la 2 kW. Fasciculul laser este transferat prin fibră optică de la sursa laser la optica de procesare (2) care este montată pe un braț robotic cu 6 grade de libertate (3), utilizând viteza de deplasare între 0.01 – 0.03 m/s. Diametrul spotului laser focalizat pe substrat se recomandă a fi cuprins între 0.6 – 1 mm, pentru a permite topirea cât mai eficientă a materialului de adaos. Debitul de pulbere, cu valori cuprinse între 1 – 5 g/min, este asigurat prin intermediul unui sistem de distribuire a particulelor metalice cu platane (4), iar amestecul de gaze în raport de 1:3 să fie între 10 și 20 slpm. Este important ca distanța dintre materialul de sudat și optica de procesare să fie menținută constantă pe parcursul întregului proces. Materialele ce urmează a fi îmbinate nedemontabil necesită curățare cu alcool etilic în vederea eliminării uleiurilor organice rezultate în timpul manipulării acestora sau a produselor reziduale din etapele tehnologice precedente, deoarece pot conduce la apariția defectelor din structura cordoanelor sudate. Procedul de obținere a îmbinărilor nedemontabile a unor componente fabricate din oțel folosind material de adaos a fost validată la nivel de laborator în cazul unor piese cu diferite grade de complexitate, sub formă de plăci (fig. 3) și respectiv, de forma unui stator din componența motoarelor electrice (fig. 4). Materialul de adaos nu trebuie să fie obligatoriu identic cu materialul de sudat. trebuie însă ca ambele materiale să conțină un element component majoritar comun. De exemplu, în figura 3 este prezentat detaliat procesul de sudare cap la cap a unor plăci subțiri din oțel-inox utilizând ca material de adaos INCONEL 718. Ambele materiale conțin ca element majoritar Fe. Figura 4 prezintă rezultatul obținut în urma procesului de îmbinare nedemontabilă a tolelor din componența unui stator. Sudarea trebuie să se efectueze în puncte distincte pentru ca valorile dimensionale ale distanțelor dintre tole să fie asemănătoare și astfel să nu intre în contact direct evitând pierderile de energie cauzate de apariția curenților turbionari. În plus,



un alt factor care recomandă alegerea sudării în mai multe puncte diferite îl constituie necesitatea rezistenței sudurii în timpul funcționării.



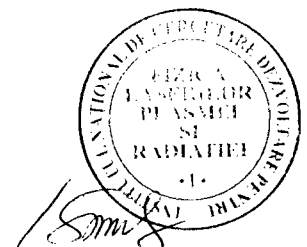
Bibliografie

- [1] Rashid, A. Overview of disc brakes and related phenomena—A review. *Int. J. Veh. Noise Vib.* **2014**, *10*, 257–301
- [2] Cueva, G.; Sinatora, A.; Guesser, W.L.; Tschiptschin, A.P. Wear resistance of cast irons used in brake disc rotors. *Wear* **2003**, *255*, 1256–1260
- [3] Thornton, R.; Slatter, T.; Jones, A.H.; Lewis, R. The effects of cryogenic processing on the wear resistance of grey cast iron brake discs. *Wear* **2011**, *271*, 2386–2395
- [4] Cho, M.H.; Kim, S.J.; Basch, R.H.; Fash, J.W.; Jang, H. Tribological study of gray cast iron with automotive brake linings: The effect of rotor microstructure. *Tribol. Int.* **2003**, *36*, 537–545
- [5] Hui Zhang, Yong Zou, Zengda Zou, Wei Zhao, Comparative study on continuous and pulsed wave fiber laser cladding in-situ titanium–vanadium carbides reinforced Fe-based composite layer, *Materials Letters*, **2015**, *139*, 255–257.
- [6] Hyoung-Keun Lee, Effects of the cladding parameters on the deposition efficiency in pulsed Nd:YAG laser cladding, *Journal of Materials Processing Technology*, **2008**, *202* (1–3), 321–327.
- [7] Andrew J. Pinkerton, Lin Li, An investigation of the effect of pulse frequency in laser multiple-layer cladding of stainless steel, *Applied Surface Science*, **2003**, *208–209*, 405–410.
- [8] Van Acker, K.; Vanhoyweghen, D.; Persoons, R.; Vangrunderbeek, J. Influence of tungsten carbide particle size and distribution on the wear resistance of laser clad WC/Ni coatings. *Wear* **2005**, *258*, 194–202
- [9] Fallah, V.; Alimardani, M.; Corbin, S.F.; Khajepour, A. Impact of localized surface preheating on the microstructure and crack formation in laser direct deposition of Stellite 1 on AISI 4340 steel. *Appl. Surf. Sci.* **2010**, *257*, 1716–1723
- [10] Zhou, S.; Zeng, X.; Hu, Q.; Huang, Y. Analysis of crack behavior for Ni-based WC composite coatings by laser cladding and crack-free realization. *Appl. Surf. Sci.* **2008**, *255*, 1646–1653
- [11] Nowotny, S.; Techel, A.; Luft, A.; Reitzenstein, W. Microstructure and wear properties of laser clad carbide coatings. *Int. Congr. Appl. Lasers Electro-Optics* **1993**, 985
- [12] Cadenas, M.; Vijande, R.; Montes, H.-J.; Sierra, J.M. Wear behaviour of laser clad and plasma sprayed WC-Co coatings. *Wear* **1997**, *212*, 244–253
- [13] Ya-Li, G.; Cun-Shan, W.; Man, Y.; Liu, H.-B. The resistance to wear and corrosion of laser-cladding Al₂O₃ ceramic coating on Mg alloy. *Appl. Surf. Sci.* **2007**, *253*, 5306–5311.
- [14] Subramanian, R.; Sircar, S.; Mazumder, J. Laser cladding of zirconium on magnesium for improved corrosion properties. *J. Mater. Sci.* **1991**, *26*, 951–956
- [15] Ocelik, V.; de Oliveira, U.; de Boer, M.; de Hosson, J.T. Thick Co-based coating on cast iron by side laser cladding: Analysis of processing conditions and coating properties. *Surf. Coat. Technol.* **2006**, *201*, 5875–5883.
- [16] Fernández, E.; Cadenas, M.; González, R.; Navas, C.; Fernández, R.; Damborenea, J. Wear behaviour of laser clad NiCrBSi coating. *Wear* **2005**, *259*, 870–875.
- [17] Roubicek, V.; Raclavska, H.; Juchelkova, D.; Filip, P. Wear and environmental aspects of composite materials for automotive braking industry. *Wear* **2008**, *265*, 167–175.



REVENDICĂRI

1. Procedul de obținere a îmbinărilor nedemontabile a unor componente metalice folosind material de adaos sub formă de pulbere cu diametrul particulelor de ordinul micronilor **caracterizată prin aceea că** folosește o sursă laser cu emisie în modul continuu și lungimea de undă între 1030 – 1064 nm, cu putere maximă până la 2 kW, cu diametrul spotului focalizat pe substrat între 0.6 – 1 mm, folosit pentru topirea unui aliaj sub formă de pulbere micronică de Inconel 718 utilizat ca material de adaos, transportată de la un sistem de distribuire al particulelor, care asigură un debit între 1 – 5 g/min la un braț robotic automatizat, prevăzut cu o optică de procesare și duză de livrare a pulberii metalice. Viteza de procesare recomandată este cuprinsă între 0.01 – 0.03 m/s.



DESENE/FIGURI

Figura 1

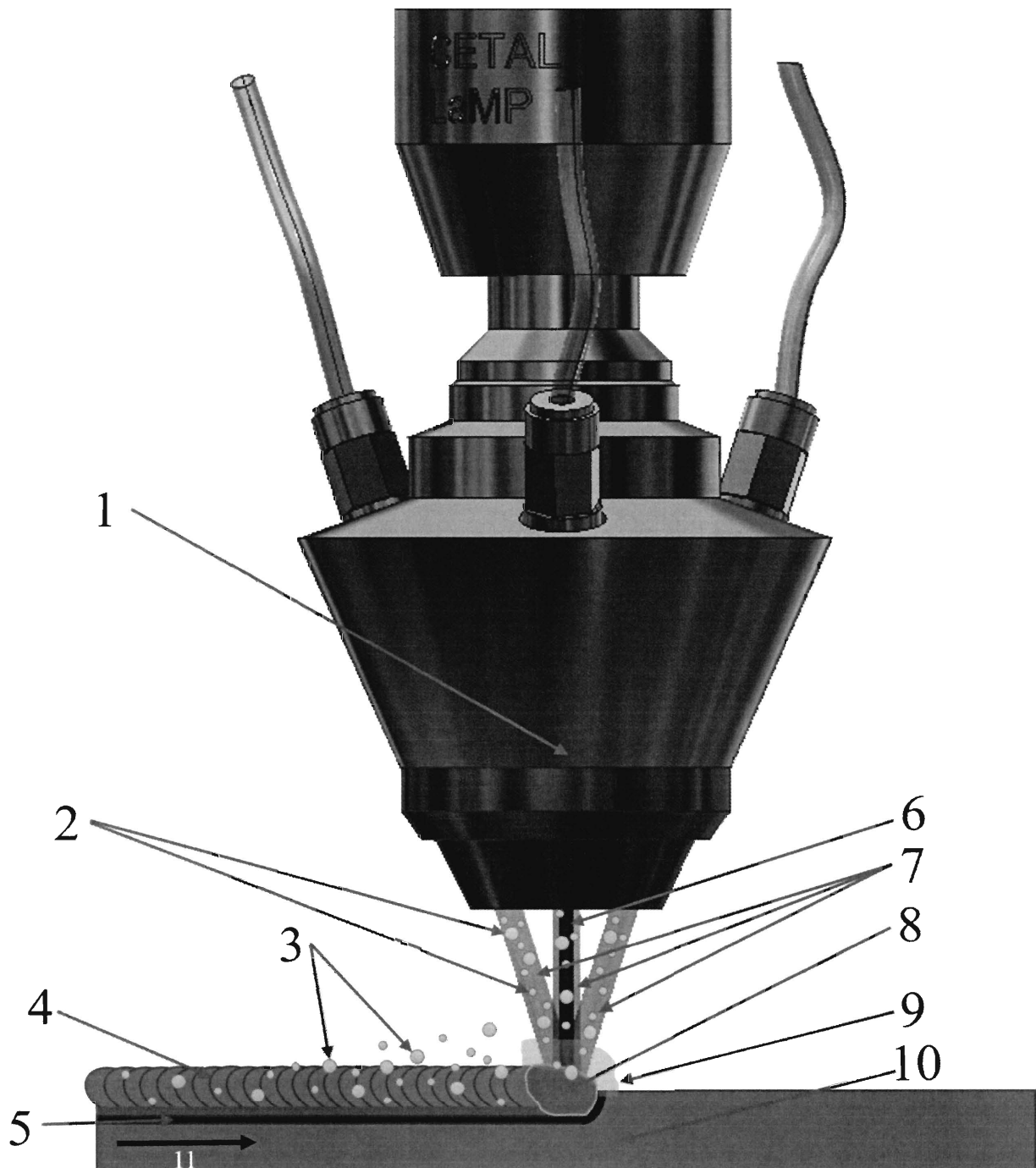


Figura 2

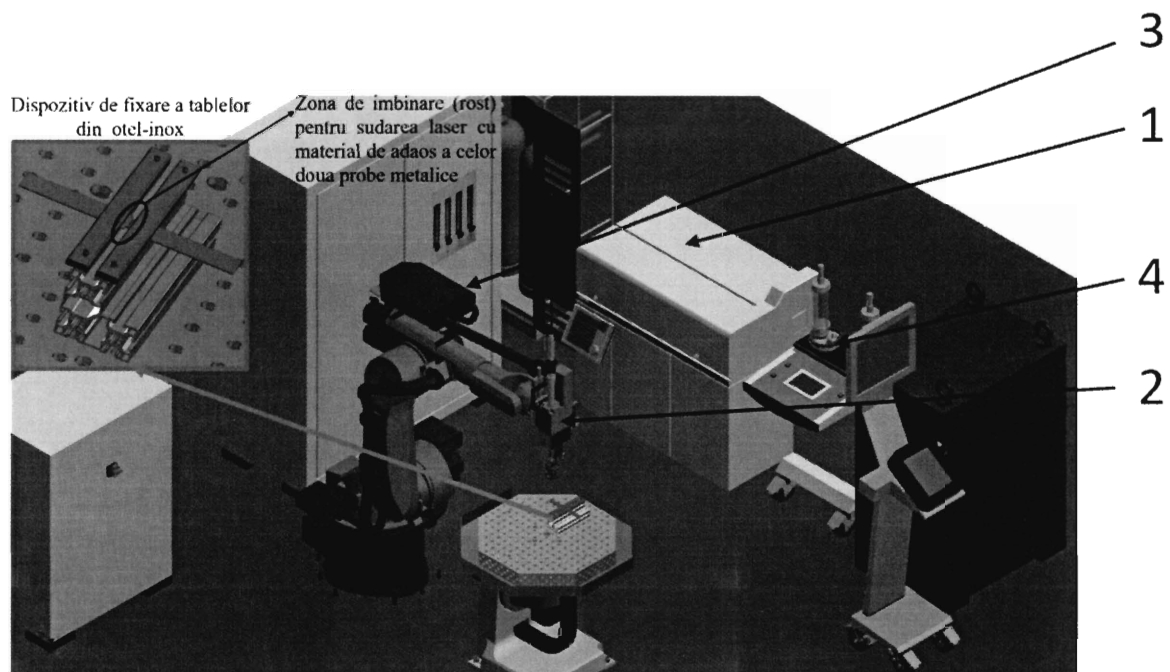


Figura 3

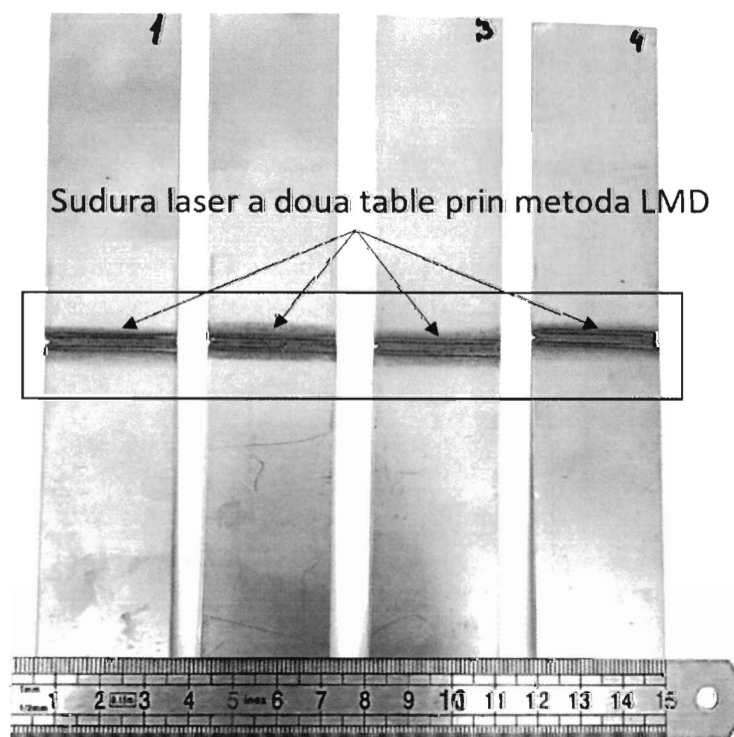


Figura 4

Sudura laser a unei piese metalice prin metoda LMD

