



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00550

(22) Data de depozit: 02/09/2020

(41) Data publicării cererii:
30/03/2021 BOPI nr. 3/2021

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

(72) Inventatori:
• CHIOIBASU DIANA, STR.CIREȘAR,
NR.12, BL.1, SC.A, ET.2, AP.20,
BRAGADIRU, IF, RO;
• MIHAI SABIN, STR.MORII, NR.46,
LUMINA, CT, RO;
• IVAN RALUCA, STR.ȘTEFAN CIUCA,
NR.29, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• POPESCU ANDREI, STR.FIZICIENILOR
NR.10, BL.M6, ET.3, AP.11, MĂGURELE, IF,
RO

(54) DISC DE FRÂNĂ ACOPERIT CU UN STRAT METALIC
PENTRU PROTECȚIE LA COROZIUNE ȘI UZURĂ ȘI METODĂ
DE OBȚINERE A ACESTUIA

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un disc de frână acoperit cu straturi metalice pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice și de coroziune a acestuia și la o metodă de acoperire a discului. Discul conform invenției are un strat de acoperire de oxid nativ protector compus dintr-un aliaj dur care conține Cr, Ni sau Ti oferind rezistență mărită la coroziune și uzură, stratul fiind compatibil ca structură cristalină și coeficient de expansiune termică cu fonta cenușie pentru a asigura o joncțiune solidă la interfață și are o grosime cuprinsă între 2,5...4 mm, iar la final este rectificat prin tehnici de procesare substructive pentru a atinge planeitatea. Metoda conform invenției este o metodă de acoperire prin tehnica depunerii cu laser prin topire, care folosește o sursă laser cu

emisie în modul pulsant și o lungime de undă cuprinsă între 1030...1064 nm, având puterea cuprinsă între 2,4...3 kW, durata pulsului cuprinsă între 0,7...1,2 ms, frecvența de repetiție de 15...25 Hz, cu un spot de 0,8 mm diametru, folosit pentru topirea unui aliaj sub formă de pulbere cu diametrul mediu al particulelor de 60 μm, care este livrată de către un distribuitor de particule cu platane cu un debit de 7 g/minut la un braț robotic automatizat prevăzut cu o duză de injectare, întreg ansamblul fiind translatat cu viteze cuprinse între 0,2...0,3 m/min pe o traiectorie predeterminată.

Revendicări: 2
Figuri: 5



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a 2020 0550</u>
Data depozit <u>02.09.2020</u>

DESCRIERE

Invenția constă într-o metodă de acoperire cu straturi metalice plecând de la materiale sub formă de pulberi pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice și de coroziune ale unor discuri de frână. Propunem în premieră utilizarea unei surse laser pulsate pentru topirea pulberii metalice. Un exemplu relevant de material dur care poate fi afectat de fasciculul laser în timpul acoperirii este fonta cenușie. Mai precis, este vorba de o fontă hipoeutectică (cu conținut de carbon între 2 și 4,11%) cu grafit vermicular răspândit într-o masă de perlită. Microstructura fontei cenușii este prezentată în figura 1. Datorită proprietăților sale fizico-chimice (punctul de topire ridicat, conductivitatea, stabilitate termică excelentă, duritate mare și rezistență ridicată la frecare) care previn supraîncălzirea și uzura suprafeței, dar și costului scăzut de fabricare [1-4] aceasta se folosește pentru realizarea de discuri de frână, bloc motor, chiulase, cilindri, axe, volanți, arbori, biele, pistoane etc.

Din aceste considerente va fi dificil de identificat un material similar care să o înlocuiască în aplicațiile industriale menționate. Un exemplu relevant în care acoperirea unei piese cu un strat metalic protector poate crește timpul de funcționare este cel al discurilor de frână ale autovehiculelor care deservește transportul de pasageri, fabricate din fontă cenușie a căror rezistență la uzură și coroziune poate crește semnificativ. Există numeroase metode de acoperire a suprafețelor metalice care combat uzura și coroziunea: acoperire cu jet de plasmă, pulverizare cu magnetron, evaporare termică, depunere electro-chimică. Tehnica de acoperire propusă în această cerere de brevet constă în acoperirea unui substrat plecând de la material metalic/ceramic sub formă de pulbere care este topit de un fascicul laser și care se solidifică într-un strat aderent, compact și uniform pe suprafața discului. În literatura de specialitate această tehnică se numește placare laser (engl. „laser cladding”). Spre deosebire de celelalte metode de placare cu straturi metalice, prin placare laser se poate face adaos masiv de material pe un obiect metalic. O aplicație posibilă și unică pentru această tehnică este rectificarea formei sculelor așchietoare



din oțel-carbon care au suferit deformări cauzate de uzură și/sau lucrul la temperaturi înalte. Originalitatea pe care o aduce metoda propusă este utilizarea unei surse laser cu funcționare în impulsuri. Noi considerăm că utilizarea unei surse laser pulsate poate diminua considerabil limitările procesului de placare în cazul fontei cu grad ridicat de carbon, prin reducerea zonei afectate termic. În urma procesului de placare cu pulbere metalică folosind o sursă laser pulsată, structura metalografică a fontei este modificată doar pe o zonă de ordinul sutelor de microni pătrați [5], fisurile sunt reduse datorită aportului mic de căldură și implicit a ciclurilor dilatare/contractie [6], iar eficiența placării straturilor crește odată cu utilizarea unei frecvențe ridicate a pulsurilor [7]. Nu există la nivel național raportări ale tehnicii „Laser Melting Deposition” cu surse laser în impulsuri. Menționăm că la nivel internațional există un singur brevet (WO2020062341A1 – 2020) care folosește o sursă laser pulsată cu frecvență de repetiție mare de ordinul miilor sau zecilor de mii de Hz pentru a efectua placare prin tehnica LMD. Tehnica propusă de noi utilizează surse laser pulsate cu frecvențe de repetiție mici cuprinse între 15-25 Hz, ceea ce reprezintă o noutate la nivel mondial.

Odată cu evoluția imprimării 3D, a laserilor de mare putere și a metodelor de sinteză a pulberilor, placarea laser a devenit din ce în ce mai eficientă și este tot mai utilizată pentru îmbunătățirea gradului de uzură [8-12] și a rezistenței la coroziune [13-14] a unor substraturi metalice. Această tehnică permite placarea într-o singură etapă, a unui strat de material metalic cu dimensiuni cuprinse între 0,3-2 mm grosime, fără defecte, cu aderență ridicată între substrat și acoperire, dar și cu aport minim de căldură în substrat. În literatură există totuși studii, care au arătat că tehnologia de placare laser prin topire aplicată pe materiale tip fontă cenușie are anumite restricții. S-a studiat rezistența la uzură a placării de materiale pe bază de Co [15] și NiCrBSi [16] utilizând surse laser de mare putere în emisie continuă. S-au observat fisuri în structura substratului după placare cauzate de stresul rezidual care apare din cauza dilatărilor și contracțiilor termice rapide. Toate studiile raportate în literatura de specialitate și în brevetele depuse la nivel național legate de placarea laser, folosesc pentru topirea pulberii surse laser de mare putere în regim



continuu pentru eficiență, însă utilizarea unei surse laser pulsate poate diminua considerabil limitările procesului de placare în cazul fontei cu grad ridicat de carbon, prin reducerea zonei afectate termic.

În procesul de placare cu material metalic utilizând un sistem laser pulsant, parametrii principali care influențează procesul de placare sunt puterea laser, debitul de pulbere, viteza de translație a brațului robotic, rata de repetiție a pulsurilor și durata pulsului. Procesul neoptimizat presupune obținerea de acoperiri cu defecte de interior (pori, fisuri), structuri neomogene, interfață neomogenă între substrat și stratul depus, dar și pulbere reziduală depusă în vecinătatea zonei de interes [17].

Produsul pe care îl dezvoltăm utilizând metoda de placare cu laser pulsant este un disc de frână cu un strat de suprafață metalic cu rezistență la coroziune și uzură superioare fontei cenușii.

Metoda de placare și produsul rezultat sunt prezentate pe larg în continuare cu referire la Figurile 1-6, care reprezintă:

Fig. 1 – Imagine de microscopie optică a unei fonte cenușii hipoeutectice cu grafit vermicular

Fig. 2 – Sistem integrat utilizat pentru experimentele de placare cu material metalic: a) Sursă laser, b) sistem robotic, c) distribuitor de pulberi metalice

Fig. 3 – Imagini de microscopie optică de ansamblu (a) și în secțiune (b) ale structurii depuse cu parametri considerați optimi

Fig. 4 – Contur tip meandă generat într-un program CAD-CAM

Fig. 5 – Imagine de microscopie optică de ansamblu a unei plăci

Primul pas pentru a obține substraturi cu calități superioare materialului de baza îl constituie identificarea influenței parametrilor de proces: puterea laserului, durata pulsului, frecvența, viteza de deplasare, debitul de pulbere și focalizarea, asupra calității plăcii. Se urmărește determinarea unui set de parametri pentru a obține o placare uniformă, o interfață fără defecte și aderența dintre substrat și materialul de adaos.



Metoda de placare laser se numește depunere laser prin topire (engl. Laser Melting Deposition – LMD). Sistemul integrat LMD utilizat pentru experimentele de placare cu pulbere metalică este compus dintr-o sursă laser cu emisie în modul pulsant și lungimea de undă între 1030-1064 nm, cu putere maximă per puls între 3-5 kW, durata pulsului variabilă între 0,2-50 ms și frecvența maximă de 700-900 Hz (Fig. 2a). Fasciculul laser este transportat prin fibră optică la un sistem de translație cu 6 axe de mișcare (Fig. 2b) ce asigură deplasarea opticii de procesare echipată cu o duză de livrare a pulberii prin 3 canale. Dimensiunea spotului fasciculului laser focalizat pe probă se recomandă a fi de $\varnothing 800 \mu\text{m}$, iar diametrul spotului fasciculelor de pulbere metalică între 2 și 6 mm. Pulberea este distribuită prin furtunuri la duza montată pe sistemul de translație prin intermediul unui sistem de alimentare cu platane (Fig. 2c). Transportul pulberii este asigurat de un amestec de gaze (Ar și He). Cele 3 fascicule de pulbere sunt direcționate astfel încât să se întâlnească cu fasciculul laser pe suprafața substratului în același punct. Distanța dintre substrat și duza de livrare a pulberii este menținută constantă pe tot parcursul procesului de placare.

În cazul utilizării unei surse laser pulsate, energia pentru topirea pulberii este livrată sub formă de impulsuri. Cantitatea de material topit pe o unitate de timp va fi mai mică decât în cazul utilizării unei surse laser cu emisie în mod continuu și prin urmare lățimea cordonului de material depus va fi mai redusă. Substraturile sunt mai întâi supuse unui proces de degresare în alcool etilic într-o baie cu ultrasunete timp de 20 minute, înainte de placarea laser. Acest pas este esențial pentru a elimina eventualele urme de reziduuri rezultate în urma debitării sau a manipulării acestora, care ar putea influența rezultatele finale ale placării laser. Recomandăm utilizarea unui material sub formă de pulbere dintr-un aliaj dur care să conțină cel puțin un element care formează un oxid nativ protector la coroziune și uzură. Acest element poate fi: Cr, Ni sau Ti. Valorile puterii laserului se pot alege din intervalul 2,4-3 kW, iar viteza de scanare între 0,2-0,3 m/min. Rata de repetiție se alege din domeniul 15-25 Hz, în timp ce durata unui puls poate să varieze de la 0,7 la 1,2 ms. Debitul de pulbere metalică necesar este de 7 g/min, debitul de gaz purtător (heliu) este de 10 l/min.



l/min, iar cel de gaz protector (argon) de 7 l/min. Cu parametrii laser și de scanare care produc straturile metalice conform cerințelor impuse s-a determinat un număr de 10 treceri consecutive necesare pentru ca pulberea să se topească, să adere pe substrat și să se transforme într-un strat dens. Imagini de microscopie optică de ansamblu și în secțiune ale structurii depuse cu acești parametri de procesare sunt prezentate în figura 3.

Placarea stratului metalic pe un substrat cu o formă particulară se efectuează prin urmărirea de către blocul optic de placare a unui contur tip *meandru sau spirală* care acoperă integral suprafața discului. Conturul este realizat într-un program CAD-CAM, pentru generarea codurilor de mișcare a brațului robotic (fig. 4). Distanța dintre liniile conturului este stabilită după măsurarea lățimii unei acoperiri (0,6 mm).

Imaginea de ansamblu a unei acoperiri considerată acceptabilă este ilustrată în figura 5. Pentru placarea laser cu o sursă laser în impulsuri prezența particulelor metalice parțial topite în zona de procesare este imposibil de evitat și de aceea este obligatorie o etapă de post-procesare prin frezare și rectificare a suprafețelor discului placat.



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.; Vangrunerbeek, 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] Ocelík, 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. Metoda de acoperire a produselor metalice/ceramice prin tehnica „Depunere Laser prin Topire” (LMD) **caracterizată prin aceea că** folosește o sursă laser (fig. 2a) cu emisie în modul pulsant și lungimea de undă între 1030-1064 nm, cu puteri cuprinse între 2,4 – 3 kW, durata pulsului cuprinsă între 0,7 – 1,2 ms, frecvența de repetiție de 15-25 Hz, cu un spot de 0,8 mm diametru, folosit pentru topirea unui aliaj sub formă de pulbere cu diametrul mediu al particulelor de 60 μm , care este livrată de către un distribuitor de particule cu platane (fig. 2c) cu un debit de 7 g/min la un braț robotic automatizat (fig. 2b) prevăzut cu o duza injectare, iar ansamblul este translatat cu viteze cuprinse între între 0,2-0,3 m/min pe o traiectorie evidențiată în fig. 4.
2. Disc de frână acoperit cu un strat metalic prin metoda revendicată la punctul 1 **caracterizat prin aceea că** stratul este compus dintr-un aliaj dur care conține Cr, Ni sau Ti și oferă rezistență sporită la coroziune și uzură (prin formarea unui strat de oxid nativ protector), compatibil ca structură cristalină și coeficient de expansiune termică cu fonta cenușie pentru a asigura o joncțiune solidă la interfață, având grosimea de 2,5 – 4 mm și fiind rectificat pentru a atinge planitatea prin tehnici de procesare substructive.



DESENE/FIGURI

Fig. 1

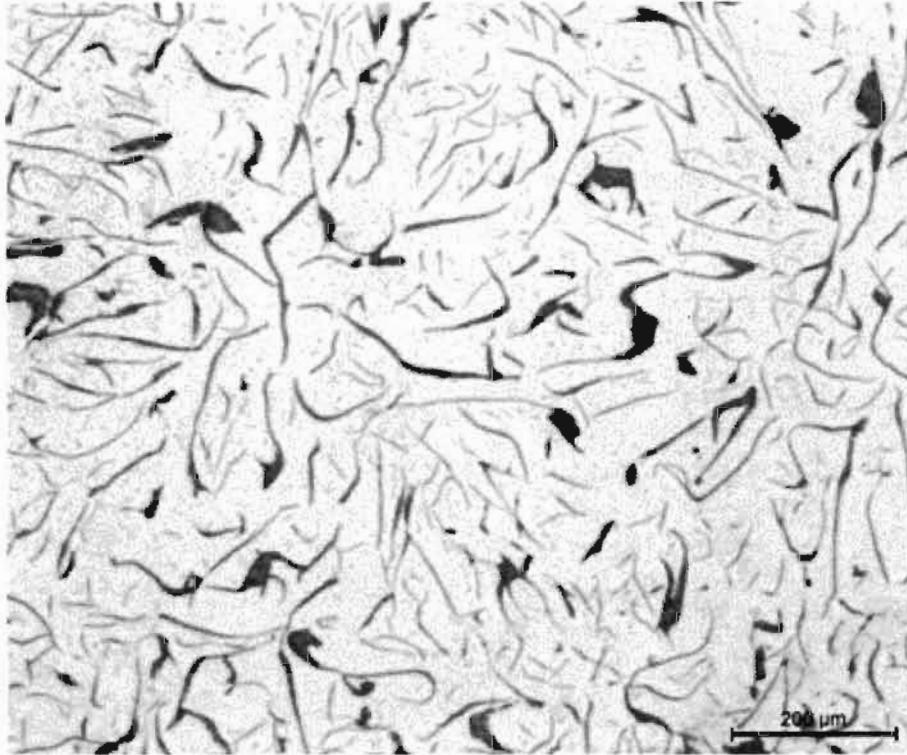


Fig. 2

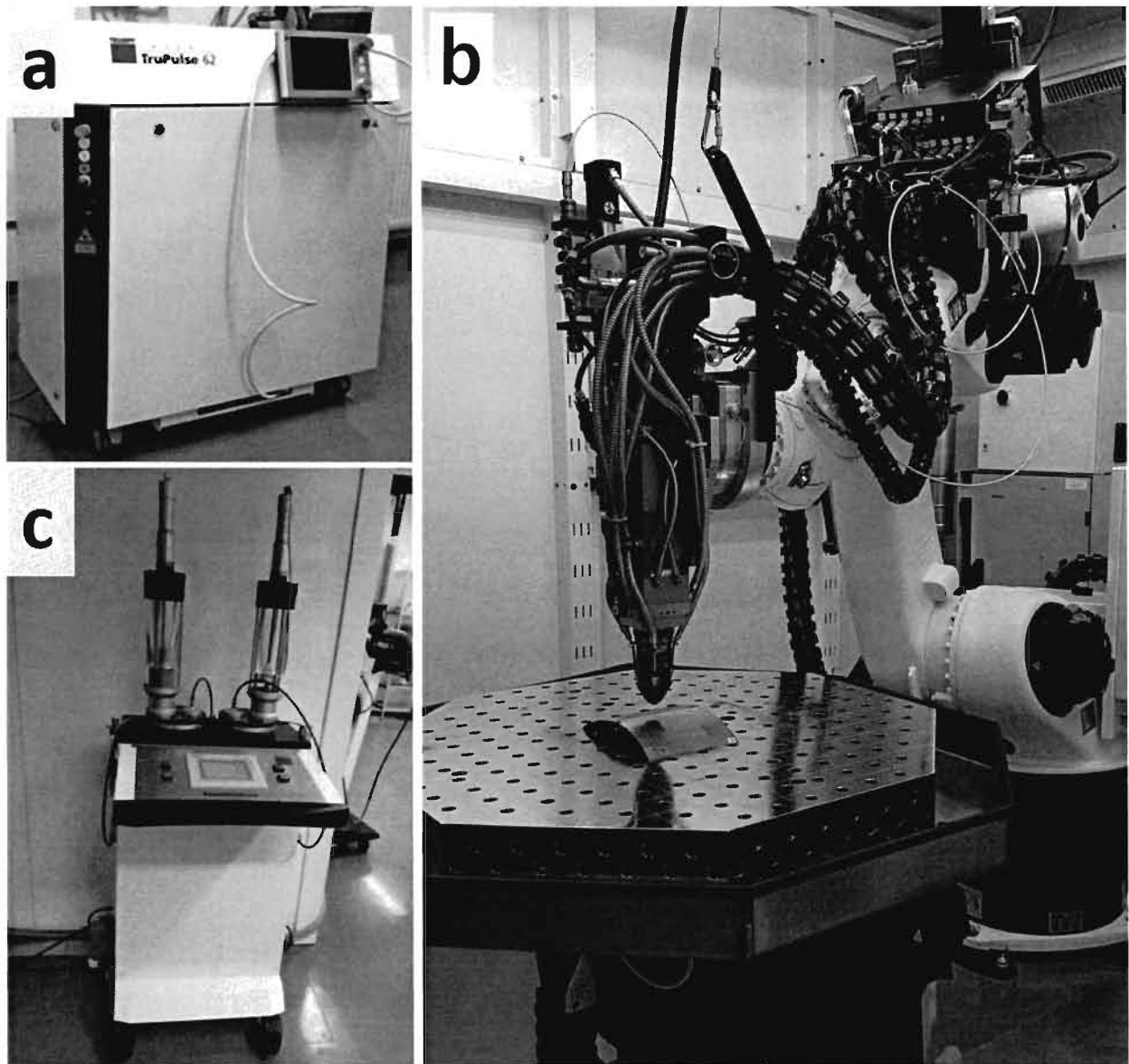


Fig. 3

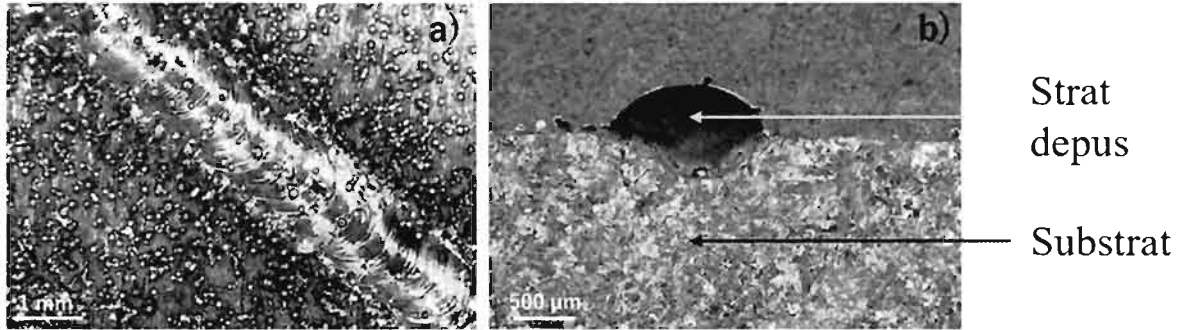


Fig. 4

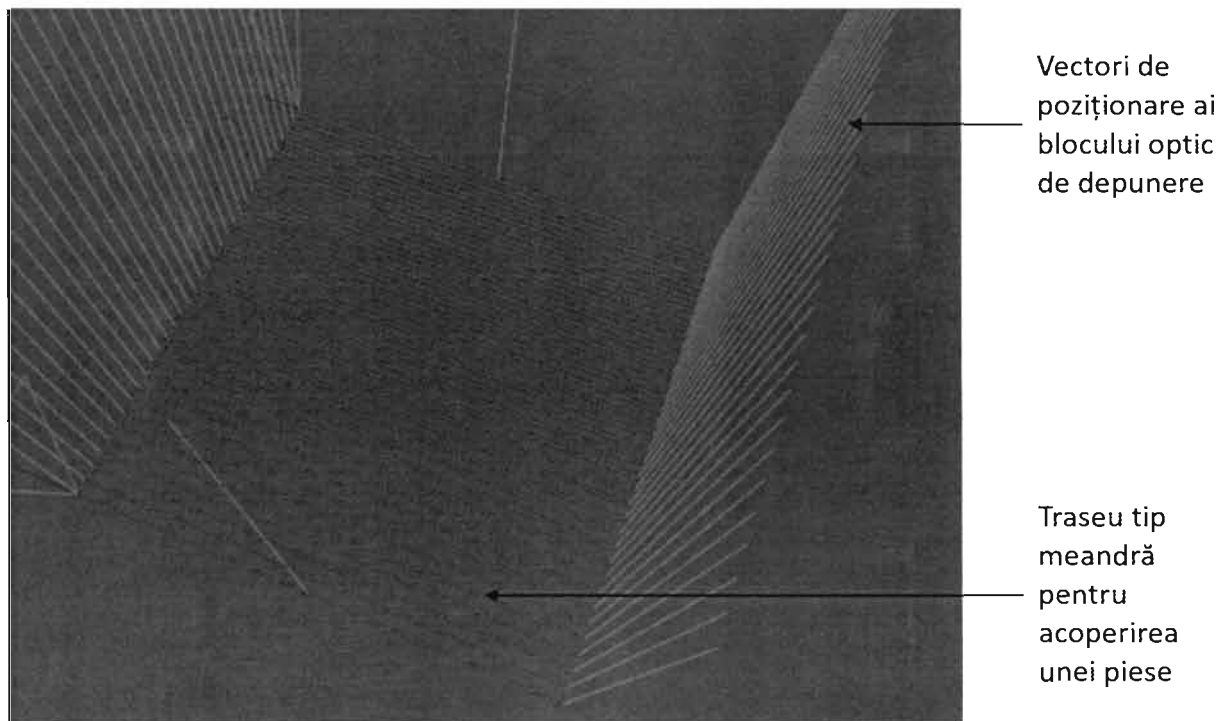


Fig. 5

