

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00123

(22) Data de depozit: 01/03/2017

(41) Data publicării cererii:
28/06/2019 BOPI nr. 6/2019

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

(72) Inventatori:
• MIHĂILESCU ION, STR. FIZICIENILOR
NR. 10, BL. M6, SC. 1, AP. 9, MĂGURELE,
IF, RO;
• RISTOSCU CARMEN- GEORGETA,
STR.FIZICIENILOR 28, BL.O5, AP.4,
MĂGURELE, IF, RO;

• MIHĂILESCU CRISTIAN,
STR. FIZICIENILOR 10, BL.M6, AP.9,
MĂGURELE, IF, RO;
• HAPENCIUC CLAUDIU,
STR. URLĂTOAREI, NR.5, BUȘTENI, PH,
RO;
• BADICEANU MARIA, STR. PECINEAGA,
NR.7, BL.25, SC.1, ET.2, AP.8, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;
• GAVRILA FLORESCU CARMEN LAVINIA,
STR.MALCOCI, NR.2, BL.36 B,
BUCUREȘTI, B, RO;
• POPOVICI ERNEST, ALEEA REȘIȚA D
NR.7, BL.A 5, SC.B, ET.3, AP.26,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO

(54) SISTEM FLEXIBIL DE DEPURARE DE MATERIALE
CU LASER

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o instalație flexibilă cu ajutorul căreia se realizează acoperiri ale suprafețelor unor componente, folosind un fascicul laser de mare putere, în vederea creșterii fiabilității și a performanțelor la uzură, rezistență și coroziune a componentelor, reducând astfel costurile de întreținere. Instalația conform invenției este constituită dintr-o instalație de depunere cu laser LC și o instalație de sinteză cu piroliză laser de nanopulberi și nanostructuri NP/NS compozite, SIC, TiO₂, și altele asemenea, unități universale independente de producție prin piroliză laser de NP/NS dopate și nedopate, cu aplicații directe în depunerea de materiale cu laser LC cu utilizarea de precursori gazoși, lichizi sau solizi, instalația utilizând sursele de laser combinate cu CO₂ micrometrice în condiții optime atât în procesul LC, cât și în procesul de sinteză cu laser de NP/NS, procesul de depunere realizându-se cu sau fără preîncălzirea materialului de bază cu fascicul laser; instalația are un sistem CAM/CAD/CAE de monitorizare, control și comandă comună a procesului, atât pentru unitatea de piroliză cu

laser, cât și pentru procesul LC, care realizează o bază de date comună, sistemul permițând valorificarea produselor de NP/NS rezultate la comandă sau ca produse secundare în procesele de optimizare și cercetare.

Revendicări: 1

Figuri: 6

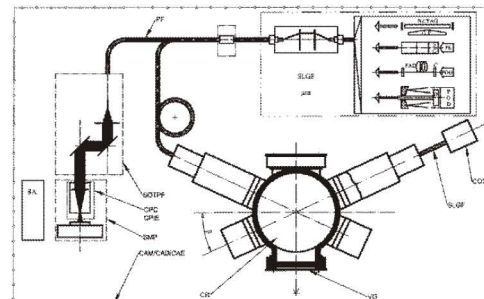
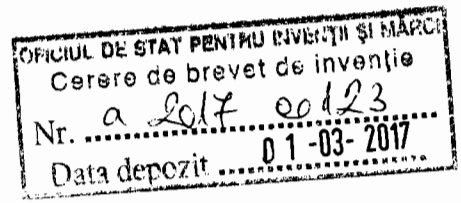


Fig. 2





DESCRIEREA INVENTIEI

TITLUL INVENTIEI

SISTEM FLEXIBIL DE DEPUNERE DE MATERIALE CU LASER

DOMENIUL TEHNIC

Inventia face parte din domeniile tehnice definite de cuvintele cheie: depunere cu laser/laser cladding - LC, tehnologia laser/laser technology - LT, depunere directa de material/direct metal deposition - DMD, tehnologie de mentenanta, reparatie si revizie generala/maintenance, repair and overhaul technologies - MROT, depunere de pulbere cu laser/laser powder cladding - LPC, procesare cu laser/laser processing - LP, sistem de depunere cu laser/laser cladding system - LCS, piroliza cu laser, sinteza de nanopulberi / nanostructuri NP/NS, interactiune laser-materie/laser-matter interaction - LMI, sisteme CAM/CAD, modelarea numerica a proceselor de depunere.

STADIUL TEHNICII

Stadiul tehnicii este caracterizat printr-un inalt nivel de interdisciplinaritate printre care mentionam: studiul materialelor, radiatia laser si procesarea fasciculului, interactiunea fascicul-materie, sisteme de alimentare si realizare de pulberi metalice si compozite de diferite dimensionalitati/dimensiuni, tehnologie si inginerie, sisteme CAM/CAD, metalurgie, proiectare, etc. LPC se bazeaza pe proprietatile optice si fizice deosebite ale radiatiei laser dintre care evidentiem: directionalitatea, coerenta, monocromaticitatea, distributia spatiala si temporala controlata, flexibilitate mare in transport si procesare, etc.

Procesarea materialelor cu laser este o tehnologie de fabricatie avansata aflata si acum in plin proces de cercetare si dezvoltare in toate componentele sale, US5656185. O putem caracteriza in mod sistematic ca proces si ca sistem de procesare. Procesul este caracterizat prin componentele sale ca fiind unul metalurgic, fizic si chimic. Materialul de baza si cel depus sunt procesate de fascicul focalizat la o densitate de putere de pana la 10^{10} - 10^{12} W/cm² care poate produce incalzirea materialelor implicate in proces la peste 10^5 K. Parametrul caracteristic principal al procesului, temperatura, t, este foarte bine controlat astfel incat gradientul de incalzire / racire poate fi 10^6 - 10^7 K/s. Procesul este fara contact, nu are contact mecanic direct cu materialele procesate, este caracterizat prin precizie si calitate ridicate. Integrarea industriala are un potential ridicat datorita sistemelor de control si comanda computerizate, cu mare capacitate de automatizare, US007043330. Componentele caracteristice ale sistemului flexibil de depunere de materiale cu laser sunt:

- sistemul laser generator de fascicul - SLGF. Acestea pot fi: CO₂, Nd:YAG cu pompaj optic sau cu dioda, dioda cu pompaj direct sau cu fibra optica, disc, disc cu fibra, cu fibra activa, etc. Ele au puteri pana la 25 kW, iar absorbtia de metale este diferita in functie de lungimea de unda a radiatiei, cele mai compacte fiind cele micrometrice.
 - sistemul optic de transport si prelucrare a fasciculului - SOTPF; cu transport prin optica reflexiva sau prin fibra optica activa sau pasiva.
 - sisteme mecanice de pozitionare – SMP, reciproca fascicul-materialul de procesat automatizate in diferite variante: robot, masina CNC, etc.
 - capul de procesare coaxial – CPC, sau cu injectie externa - CPIE, simplu sau multijet US0056628, US4724299, US005477026, US8117985;
 - sisteme de alimentare cu pulbere - SAP: gravitacional, in suspensie, prin surub melcat, vibrational.
 - sisteme auxiliare -
SA de racire, gaze de procesare/protectie, alimentare electrica, etc.
 - sisteme CAM/CAD de control/monitorizare si comanda proces.
- Metodele de depunere cu laser se realizeaza intr-un singur pas sau in doua: cu depunerea si injectarea concomitenta a pulberii sau cu predepunerea prealabila a pulberii si procesarea ulterioara cu laser.

PREZENTAREA PROBLEMEI TEHNICE PE CARE INVENTIA O REZOLVA

Sistemul flexibil de depunere de materiale cu laser ,caracterizat prin noutate, originalitate si inventivitate cu aplicabilitate industriala atat pentru produse noi cat si pentru MROT, rezolva urmatoarele probleme/aspecte:

- i. crearea si adaptarea noilor tehnologii avansate de acoperire a suprafetelor folosind fascicul laser de mare putere in vederea cresterii fiabilitatii si a performantelor materialelor cu depunere de pulbere de materiale compatibile cu materialul de baza;
- ii. inventia prezinta noutate, originalitate si inventivitate prin realizarea de unitati universale independente de productie prin piroliza cu laser de NP/NS dopate si nedopate cu caracteristici predictibile, in urma unei analize parametrice, vezi a201500681, a201500682 pentru cazul concret al SiC, cu aplicatii tintite directe in depunerea de materiale LC cu laser cu utilizarea de precursori gazosi, lichizi, solizi;
- iii. inventia rezolva utilizarea surselor de laser combinate cu CO₂ / micrometrice in conditii optime atat in procesul LC cat si in procesul de sinteza cu laser de NP/NS;

- iv. inventia rezolva procesul de preincalzire a materialului de baza cu fascicul laser pentru obtinerea de depuneri cu structuri imbunatatite;
- v. procesele de sinteza utilizeaza brevete, acordate sau in forma de cereri de brevete de inventie in curs de examinare, ca pasi in dezvoltarea sistemului flexibil de depunere de materiale cu laser;
- vi. inventia, prin unitatea sistemului flexibil de depunere de materiale cu laser - SFDML, realizeaza depuneri optimizate prin aplicarea/inglobarea de NP/NS si / sau nanocompozite in materialul depus cu proprietati predictibile / variate atat ca structura, morfologie cat si dimensionalitate;
- vii. realizarea de sisteme CAM/CAD/CAE de control/monitorizare si comanda comuna a procesului, atat pentru unitatea de piroliza cu laser cat si pentru procesul LC cu realizarea unei baze de date – BD;
- viii. prin structura sa inovativa, originala si noua, SFDML face posibila valorificarea produselor de tip NP/NS rezultate la comanda sau ca produse secundare in procesele de optimizare / cercetare;
- ix. realizarea de sisteme LC personalizate atat ca produse noi cat si ca reparatii / reconstituiri / reconditionari in MROT;
- x. inventivitatea si originalitatea sistemului sunt date de faptul ca poate procesa piese noi, reparate, unicate si/sau de serie mica, de gabarite mici sau mari;
- xi. inventia, datorita conceptului nou, inventiv si original privind utilizarea bidirectionala a disponibilitatii de surse laser, elimina unul din dezavantajele majore ale sistemelor LC, si anume aceea a costurilor de investitie ridicate; si
- xii. una din componentele economice importante este posibilitatea de realizare si valorificare a NP/NS ca produse secundare sau la comanda, cu caracteristici predictibile, vezi exemplificarea prin cazul SiC.

EXPUNEREA INVENTIEI

Inventia reprezinta un pas intermediar in realizarea unei noi tehnologii avansate de acoperire a suprafetelor folosind fascicul laser de mare putere in vederea cresterii fiabilitatii si a performantelor materialelor. Instalatia permite obtinerea de : depuneri cu dilutie redusa; strat depus complet si precis; timp de procesare scurt ce minimizeaza raspandirea caldurii si a impactului termic si asigura puritate si performante maxime pentru depunere; imbunatateste performanta la uzura, rezistenta si coroziune a componentelor; reduce costurile de intretinere, etc. Instalatia, care reprezinta subiectul inventiei, poate realiza depuneri prin LC atat intr-un singur pas cat si in doi pasi, prin alimentarea directa cu pulbere sau prin expunerea pulberii predepuse la actiunea fasciculului laser. Parametri determinanti ai procesului LC sunt cei

prezentati in Tab. 1. SFDML este compus, in conformitate cu Fig. 1, din trei componente principale: sistemul CAM/CAD/CAE cu rol de monitorizare / control / comanda a celor doua componente ale procesului de depunere, sistemul de depunere si sistemul de sinteza a NP/NS prin piroliza laser. A patra componenta este independenta si este reprezentata de testele asupra depunerii pentru asigurarea conditiilor de calitate, inclusiv pentru piese ce trebuie sa prezinte siguranta / securitate mare cum sunt cele din transporturile aeriene / terestre / navale si industria militara. CAM/CAD/CAE este destul de puternic sa acopere necesitatile si indeplinirea functiilor precizate mai sus si in acelasi timp sa gestioneze baza de date privind experienta acumulata in timpul procesarilor si respectiv a testelor distructive - TD si nedistructive - TND. Cele trei componente ale sistemului asigura asistarea fabricatiei, a proiectarii si a necesitatilor ingineresti. Capacitatea este precizata in timpul elaborarii conceptului general si este dictata de necesitati. In conformitate cu schema din Fig. 1, procesul LC relationeaza cu : sursele laser SLGF cu CO₂ / micrometice care formeaza o unitate specifica; sistemul optic de transport si prelucrare a fasciculului - SOTPF; sistemul de manipulare / pozitionare a capetelor de prelucrare si/sau a piesei de procesat; unitatea de alimentare cu pulbere SAP atat macrometrica cat si cele cu dimensionalitate nano, alimentate atat coaxial cu fasciculul CPC cat si cu injectie exterioara axului de radiatie CPIE; sistemele auxiliare de racire cu lichide, alimentare cu gaze de transport / tehnologice protectie, alimentare electrica, conexiunile la aparate de control si monitorizare, etc; unitatea de sinteza prin piroliza laser de NP/NS din precursori gazosi, lichizi, solizi sau mixti RO131436, RO126660, RO129669, RO130505, RO131631. Mentionam ca precursorii, in functie de necesitate, pot fi procesati si prin ultrasunete cu supraincalzire a201500994. Modul de injectare a precursorilor in camera de reactie se face in conformitate cu RO131387, RO131389. SLGF este format din cel putin doua tipuri de laseri: unul cu mediu activ gazos CO₂, de putere relativ mica de ordinul sutelor de W, $\lambda=10600$ nm, cu rolul de amorsare a sintezei de NP/NS pentru obtinerea de NP/NS solide in cazul utilizarii precursorilor gazosi RO126660, RO131386, a201500681, a201500682; si unul micrometric, cu mediu activ solid, $\lambda \approx 1000$ nm (vezi Fig. 2). Surse laser de diferite tipuri sunt adaptabile, asa cum este ilustrat in figura 2. In Fig. 1, relationarea/conectarea sistemului CAM/CAD/CAE cu sistemele coordonate se realizeaza prin legaturile de culoare albastra si intersectiile lor reprezinta puncte de conexiune, evidentiate grafic. Legaturile intre sistemele componente de natura diferita aflate ca functionalitate inainte de LC sunt reprezentate de linii de legatura rosie continue sau intrerupte, in care intersectiile liniilor de culoare rosie reprezinta conexiuni multifunctionale de interconectare, evidentiate grafic. In procesul de sinteza se pot realiza, pentru asigurarea unui randament economic ridicat, atat produse necesare in procesul LC cat si produse secundare, rezultate ca atare cat si comandate avand capacitatea disponibila in acest scop. Randamentul economic este asigurat de utilizarea eficienta a sistemelor SLGF, SOTPF si SA in cele doua



procese: de sinteza si de LC. In functie de cerintele concrete, prin proiectarea experimentelor DoE integrate in CAM/CAD/CAE se folosesc in mod rational resursele sistemului. SMP este combinat, in functie de cerintele, cu sistemul robot - masa fixa/mobila cu axe multiple. Complexitatea acestei componente este determinata de necesitatea directa. Materialele depuse - MD pot fi diferite, in functie de compatibilitatea cu materialul de baza - MB. Materialele de baza apartin umatoarelor categorii:

i.- metalice:

- Otel (Fe, C, Cr, V)
- Otel inoxidabil (Fe, Cr, Ni)
- Aliaje cu cobalt (stellites: Co, C, Cr, W)
- Aliaje Super Aliate (Ni, Co, Mo, Cr, Si)
- Nichel (Ni-Cr-B-Si)
- Aliaje de titan
- Aliaje de aluminiu (de exemplu, Al - (Mg) - Si)
- Aliaje de cupru

ii.- compozite, alimentate prin pulberea depusa sau produse in-situ in baia topita

iii.- polimeri, etc.

iv.- NP/NS.

Materialul format din NP/NS poate fi predepus, alierea facandu-se in baia topita de MB/MD sau prin alimentarea cu macropulbere, cu asigurarea controlului masic permanent. In Fig. 3 este exemplificata, din literatura Lasers in Eng., Vol. 18, pp. 85-94, variatia microduritatii in adancimea depunerii. Conditile de depunere, pentru cazul particular al SiC, sunt umatoarele: pulberea depusa este de Al si SiC cu dimensionalitatea NP/NS de 40-60 nm, laserul generator de fascicul este de tip Nd-YAG de 400W, raportul masic al amestecului de pulbere depusa este de 3/1. Gazul de protectie este Ar. Amestecul a fost realizat pe cale mecanica din Al si nano-SiC si a fost depus pe substratul ZM5 utilizand un liant chimic. Viteza de depunere a fost de 5 mm/s, cu suprapunere de 30-40 %.

PREZENTAREA AVANTAJELOR INVENTIEI IN RAPORT CU STADIUL TEHNICII

Avantajele inventiei sistemul flexibil de depunere de materiale cu laser - LC in raport cu stadiul tehnicii rezida in rezolvarea umatoarelor aspecte, caracterizate de noutate, originalitate si inventivitate, cu aplicabilitate industriala atat pentru produse noi cat si in procesul MROT:

i. creaza noi tehnologii avansate de acoperire a suprafetelor metalice / nemetalice folosind fascicul laser de mare putere in vederea cresterii fiabilitatii si a performantelor materialelor prin depunere de pulbere de materiale compatibile cu materialul de baza

ii. LC permite prin tehnologia de aliere cu NP/NS optimizate si personalizate a pieselor procesate imbunatatirea diferitelor proprietati:

- mecanice (duritate, rezistenta la oboseala, rezistenta la uzura);
- rezistenta la coroziune; sau
- biocompatibilitatea, etc.

iii. avantajul inventiei, fata de stadiul tehnicii, rezida in noutatea, originalitatea, si inventivitatea in realizarea de unitati universale independente de productie hibride prin sinteza cu piroliza cu laser de NP/NS dopate si/sau nedopate cu caracteristici predictibile, exemplificat prin analizele parametrare (vezi a201500681, a201500682 pentru cazul concret al SiC, cu aplicatii tintite directe in depunerea de materiale cu laser (LC) cu utilizarea de precursori gazosi, lichizi, solizi)

iv. inventia rezolva utilizarea optima a surselor de laser combinate, cu CO₂ / micrometrice, in conditii specifice atat in procesul LC cat si in procesul de sinteza cu laser de NP/NS

v. avantajul inventiei rezida in faptul ca prin utilizarea experientei acumulate in fenomenele de procesare a caldurii, inventia rezolva/reduce/anuleaza procesul de preincalzire a materialului de baza cu fascicul laser pentru obtinerea de depuneri cu structuri imbunatatite, precum si in procesul de sinteza a NP/NS

vi. fata de stadiul tehnicii, inventia prezinta avantajul ca procesele de sinteza utilizeaza brevete acordate sau in forma de cereri de brevete de inventie in curs de examinare, ca pasi in dezvoltarea sistemului flexibil de depunere de materiale cu laser

vii. inventia, prin unitatea sistemului flexibil de depunere de materiale cu laser SFDML, realizeaza depuneri optimizate prin aplicarea/inglobarea de NP/NS si / sau nanocompozite in materialul de baza cu proprietati predictibile / variate atat ca structura, morfologie cat si dimensionalitate

viii. inventia prezinta avantajul utilizarii de sisteme CAM/CAD/CAE de control/monitorizare si comanda de proces, in timp real, comune atat pentru unitatea de piroliza cu laser cat si pentru procesul LC, cu realizarea unei singure baze de date BD

ix. prin structura sa noua, inovativa si originala, SFDML face posibila valorificarea produselor de NP/NS rezultate la comanda sau ca produse secundare in procesele de optimizare / cercetare

x. fata de stadiul tehnicii, inventia prezinta avantajul realizarii prin LC de produse personalizate / optimizate atat ca produse noi cat si ca reparatii / reconstituiri / reconditionari in procesul MROT

xi. fata de stadiul tehnicii, inventia cu caracter inventiv si original poate procesa piese noi, reparate, unicate si/sau de serie mica, de gabarite mici sau mari

xii. datorita conceptului nou, inventia are avantajul utilizarii bidirectionale a sursei laser. Acest aspect inventiv si original elimina unul din dezavantajele majore ale sistemelor LC, si anume acel al costurilor de investitie ridicate, facand aplicabila pe scara larga a tehnologiei LC

xiii. un avantaj insemnat fata de stadiul tehnicii este componenta economica importanta data de posibilitatea de realizare si valorificare de NP/NS prin tehnologii si metode brevetate, ca produse secundare sau produse la comanda cu caracteristici predictibile, vezi exemplificarea prin cazul SiC, pentru aplicatii comerciale.

xiv. depunerile compozite cu NP/NS imbunatatesc proprietatile depunerilor, in functie de parametrii caracteristici ai depunerii si naturii NP/NS, vezi Tab. 2. In mod similar, se imbunatatesc in diferite rapoarte si proprietatile de uzura, antifriectiune, de rezistenta si de coroziune.

xv. progresele tehnologice in domeniul laserilor, a echipamentelor si a nanotehnologiei conduce la reducerea costurilor, facand LC rentabila.

PREZENTAREA FIGURILOR DIN DESENE

Fig. 1: Schita principala a sistemului flexibil de depunere de materiale cu laser, cu obiectivul de realizare de noi tehnologii avansate de acoperire a suprafetelor folosind fascicul laser de mare putere, in vederea cresterii fiabilitatii si a performantelor materialelor si a produselor industriale. Sunt evidentiata principalele elemente componente: - CAM/CAD/CAE; - SLGF compus din minim un laser cu CO₂ si unul micrometric; - SOTPF - sistem optic de transport si procesare a fasciculului in functie de caracteristicile fasciculului cu fibra sau cu optica reflexiva / transparenta, etc.; - SMP - sistem mecanic de pozitionare a produsului in timpul procesarii care satisface cerintele de suport pentru sistemele in miscare reciproca, cu suficienta mobilitate, precizie si rigiditate; - SAP-sistem de alimentare cu pulbere; - SA - sistemele auxiliare compuse din sisteme de racire, transport si procesare pulbere, gaze de protectie si tehnologice, elemente de preincalzire, etc.; - sistemul de sinteza NP/NS inclusiv cu sisteme de procesare a precursorilor, de injectare, etc.; - testele TD si TND functie de importanta si cerintele aplicatiei.

FIG. 2: Schema de conexiune optimizata a surselor laser la cele doua procese principale, la LC si la instalatia de piroliza laser. Sunt reprezentate cele doua feluri de surse de fascicul laser: cu mediu activ gazos CO₂ si cu mediu activ solid. Sursele cu CO₂, care au fost predominante in domeniul laserilor de mare putere, datorita sistemului rigid de transport si a progresului in domeniul laserilor cu mediu activ solid au o perspectiva de aplicabilitate in regres. In Fig. 2 sunt reprezentate cateva tipuri de laseri cu mediu activ solid care pot fi furniza un fascicul pentru un sistem flexibil de depunere de materiale cu laser. Sistemul de conexiune

permite ca prin DoE sa fie optimizat transportul fascicului laserului prin fibra pasiva, atat alternativ cat si concomitent in cele doua sisteme: LC si respectiv sinteza de NP/NS.

FIG. 3: Elementele determinante ale LC: este exemplificata variatia microduritatii in raport cu adancimea stratului depus pe substrat.

PREZENTAREA IN DETALIU A UNUI MOD DE REALIZARE CU REFERIRE LA DESENE

Punctul de plecare il reprezinta proiectarea sistemului bazat pe identificarea necesitatilor si cerintelor fata de sistem sub aspectul domeniului, productivitatii, gabaritelor, materialelor de procesat, etc., vezi Tab. 3. Ex. Se stabilesc pentru cele doua procese paralele, LC si sinteza prin piroliza laser de NP/NS, procesele tehnologice. Pentru productii de serie mare este justificata economic alegerea unei cabine produse cu toate anexele din comert (ex. cabinele de cladding TRUMPH). Pentru productii de serie mica si unicate se justifica asamblarea componentelor prin achizitionarea de la furnizori consacratii, pe baza de proiect prin care se asigura compatibilitatea componentelor. In aceasta faza sunt compatibilizate atat performantele cat si componentele celor doua procese, LC si sinteza prin piroliza laser de NP/NS. Puterea laserului va fi armonizata cu cerintele in conformitate cu exemplificarea din Tab. 3. Vor fi utilizate informatiile continute in brevetele/CBI precizate in a201500681, a201500682, RO131436, a201500994, RO126660, RO129669, RO130505, RO131631, RO131387, RO131389, RO131386. Sistemul CAM/CAD/CAE se proiecteaza tinand cont de elementele componente de monitorizare controlata, aplicand cunostintele curente din domeniu. Parametrii de proces se stabilesc in functie de cerintele sistemului. Schema de conexiune optimizata a surselor laser la cele doua procese principale, LC si piroliza laser, este reprezentata in Fig. 2, iar detalierea componentelor este cuprinsa in brevetele/CBI mentionate, inclusiv pentru SA, care are elemente componente comune.

MODUL IN CARE SE POATE APLICA INDUSTRIAL

Avand in vedere stadiul tehnicii, aplicatia industrială este obiectivul urmarit deoarece aceasta metoda ofera avantaje privind calitatea procesului LC si a NP/NS obtinute. Metoda corespunde conditiilor unei utilizari industriale. Cerintele care sunt satisfacute sunt urmatoarele:

- i. Are un potential de scalare foarte bun si de adaptabilitate la sinteza de NP/NS propuse.
- ii. Aplicatia industrială este avantajoasa datorita polivalentei in exploatare si a realizarii prin tehnologii clasice, folosind componente ale tehnologiilor de varf.
- iii. Aplicarea industrială se face urmarind capitolul „Prezentarea in detaliu a unui mod de realizare cu referire la desene”.

iv. Cunostintele necesare aplicarii industriale, datorita prezentarii in detaliu a metodei de sinteza, sunt cunostinte generale.

v. Modul in care se aplica industrial trebuie sa tina cont de reglementarile nationale, iar in lipsa acestora de reglementarile internationale privind producerea si manipularea materialelor nanoscalate/nanometrice, toxice si periculoase, precum si de reglementarile / conditiile de siguranta / securitate si de calitate fata de elementele care reclama asemenea conditii.

REFERINTE

1. DOI: 10.1243/09544062JMES1782, Proc. IMechE Vol. 224 Part C: J. Mechanical Engineering Science
2. http://www.lac-online.nl/wp/wp-content/Practical_Guideline_Laser_Cladding.pdf
3. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:560827/FULLTEXT02.pdf>
4. http://www.laserage.ie/files/papers/Laser_Cladding_of_Engineering_Components.pdf
5. www.twi-global.com/EasySiteWeb/GatewayLink.aspx?allid=33901
6. http://www.tssea.co.uk/pdf_files/coatings-april-2003.PDF
7. Metallurgical and Materials Transactions A, 2006, Volume 37, Issue 12, pp 3639–3645
8. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. 9, NO. 10, 2014 ISSN 1819-6608
9. Janó Viktória, Fém-kerámia nano- és mikrokompozit rétegek in situ előállítására lézersugaras technológiával, 2013
10. https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/1319/tezis_hun.pdf?sequence=2&isAllowed=y
11. <http://www.ilt.fraunhofer.de/en/media-center/brochures/brochure-System-Engineeringfor-Powder-Based-Laser-Cladding.html>
12. Powder-Based-Laser-Cladding.html
13. <http://www.ilt.fraunhofer.de/en/media-center/brochures.html>
14. <http://doc.utwente.nl/32040/1/t0000007.pdf>
15. <http://www.cla.fraunhofer.org/>
16. http://www.cla.fraunhofer.org/en/laser_cladding.html
17. <https://www.fst.nl/systems/laser-cladding/fiber>
18. <https://www.fst.nl/systems/laser-cladding/>
19. <https://www.princeton.edu/~spikelab/papers/book02.pdf>
20. WANG Hongyu, et al/Trans. Nonferrous Met. Soc. China 21(2011) 1322–1328
21. <http://www.ipgphotonics.com/appGroup?id=89>
22. <http://www.crcnetbase.com/doi/pdfplus/10.12...>
23. Laser Cladding of Nano-silicon Carbide on 42SiMn, http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTA...
24. <https://zh.scientific.net/MSF.706-709.2552>
25. BARC Newsletter Issue No. 249,
26. Founder's Day Special Issue 64, Laser cladding of nickel based hardfacing materials as an alternative of stellite,
27. Lasers in Eng., Vol. 18, pp. 85–94
28. doc.utwente.nl/32040/1/t0000007.pdf
29. J. Laser Appl. 11, 64 (1999); <http://dx.doi.org/10.2351/1.521888>
30. <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1960&context=etd>
31. Proc. IMechE Vol. 224 Part C: J. Mechanical Engineering Science
32. <http://dx.doi.org/10.5772/61737>
33. Advanced Materials Research Online: 2012-09-28, ISSN: 1662-8985, Vol. 571, pp 77-80
34. http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2012/PAPERS/881.PDF
35. MetcoClad™ Laser Cladding Materials – Issue 6, www.oerlikon.com/metco
36. <http://dx.doi.org/10.5772/63045>
37. <http://www.precoinc.com/capabilities/clad.html>
38. <http://www.lasphys.com/workshops/abstracts/files/2015/b3/7f/8c/ff9fb813bda2cb8e222dac3ae9/abstract.pdf>
39. M. A. Montealegre, et al., Surface treatments by laser technology, Contemporary Materials, 1–1 (2010)
40. Zhao Hong-yun, et al/Trans. Nonferrous Met. Soc. China 19(2009) s495–s501

41. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:989990/FULLTEXT01.pdf>
42. [igitalknowledge.cput.ac.za/xmlui/bitstream/handle/11189/323/Laser cladding surface treatment.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://igitalknowledge.cput.ac.za/xmlui/bitstream/handle/11189/323/Laser%20cladding%20surface%20treatment.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
43. <http://escholarship.org/uc/item/41m3q4g0>
44. <http://www.trumpf.com/de.html>
45. <http://www.gall-seitz.com/lasercladding-germany-de.html>
46. US8221822
47. US20150131768
48. WO2015073328
49. US4724299
50. US5477026
51. US5656185
52. US7043330
53. US8117985
54. US2005056628

REVEDICARILE

Este revendicata instalatia flexibila de depunere de materiale cu laser - LC, care permite recuperarea si/sau imbunatatirea diferitelor proprietati a pieselor procesate, prin tehnologia suprafetelor cu aliere cu NP/NS optimizate si personalizate Instalatia include unitati universale independente de productie de nanomateriale hibride prin sinteza cu piroliza cu laser de NP/NS dopate si/sau nedopate, cu caracteristici predictibile, cu aplicatii directe in depunerea de materiale cu laser (LC) care folosesc precursori gazosi, lichizi, solizi. Sursele laser cu CO₂ / micrometrice, combinate in mod optim in conditii specifice atat in procesul LC cat si in cel de sinteza cu laser de NP/NS, permit procesarea de produse personalizate / optimizate atat ca produse noi cat si ca reparatii / reconstituiri / reconditionari in procesul MROT. **caracterizata prin aceea ca**, utilizeaza in compozitia materialelor pulverulente depuse si NP/NS compozite, optimizate pentru conditiile date de depunere cu proprietati predictibile / variate atat ca structura, morfologie cat si dimensionalitate, compus din instalatia LC si instalatia de sinteza cu piroliza laser de NP/NS compozite, SiC, TiO₂, etc., unitati universale independente de productie prin piroliza cu laser de NP/NS dopate si nedopate cu caracteristici predictibile cu aplicatii directe in depunerea de materiale LC cu laser cu utilizarea de precursori gazosi, lichizi, solizi, instalatia utilizeaza sursele de laser combinate cu CO₂ / micrometrice in conditii optime atat in procesul LC cat si in procesul de sinteza cu laser de NP/NS, procesul de depunere se realizeaza cu / fara preincalzirea materialului de baza cu fascicul laser pentru obtinerea de depuneri cu structuri imbunatatite, instalatia are un sistem CAM/CAD/CAE de control/monitorizare si comanda comuna de proces atat pentru unitatea de piroliza cu laser cat si pentru procesul LC cu realizarea unei baze de date BD comune, sistemul permite valorificarea produselor de NP/NS rezultate la comanda sau ca produse secundare in procesele de optimizare / cercetare,

DESENELE EXPLICATIVE

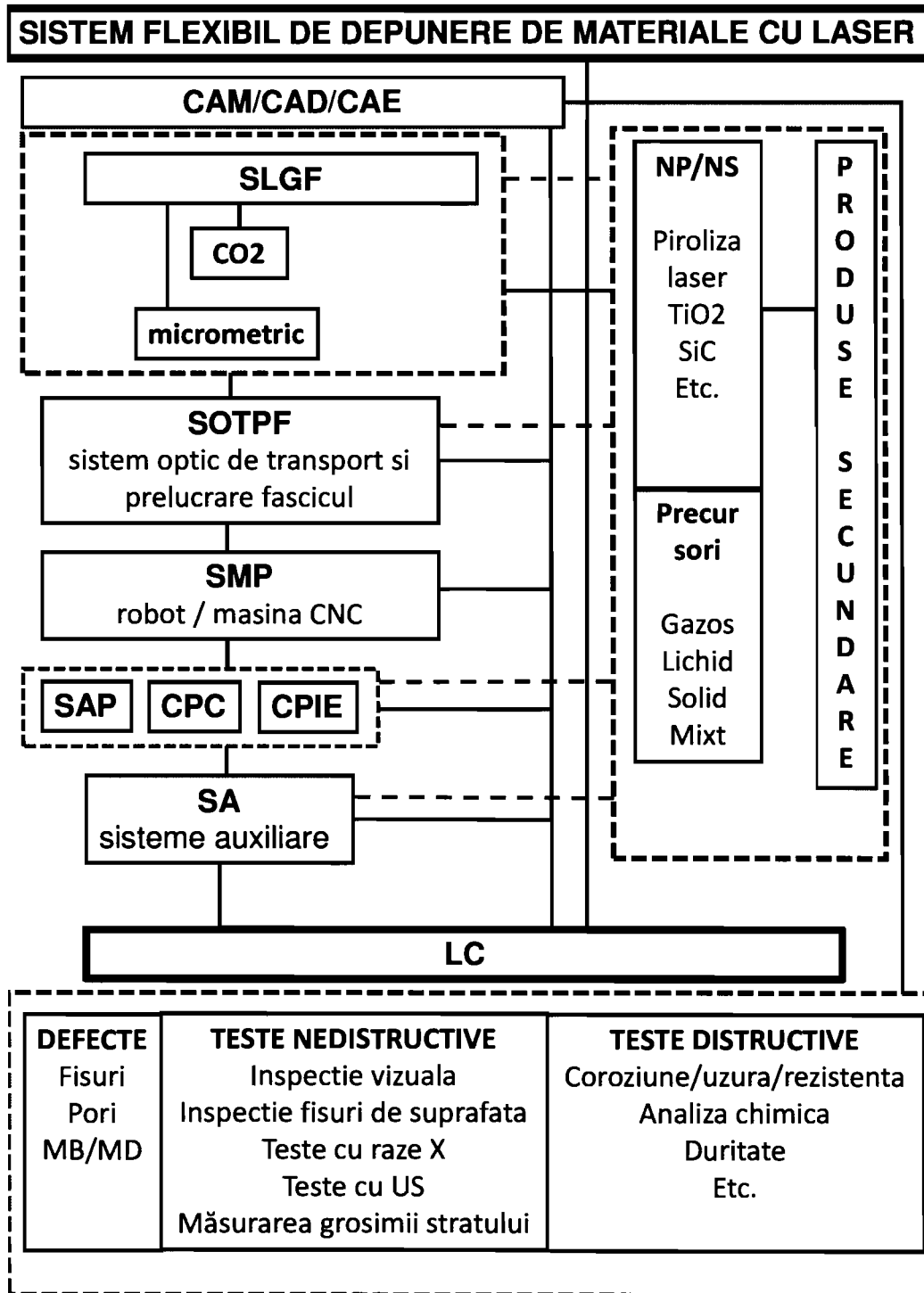


Fig. 1: Schema principala a sistemului flexibil de depunere de materiale cu laser

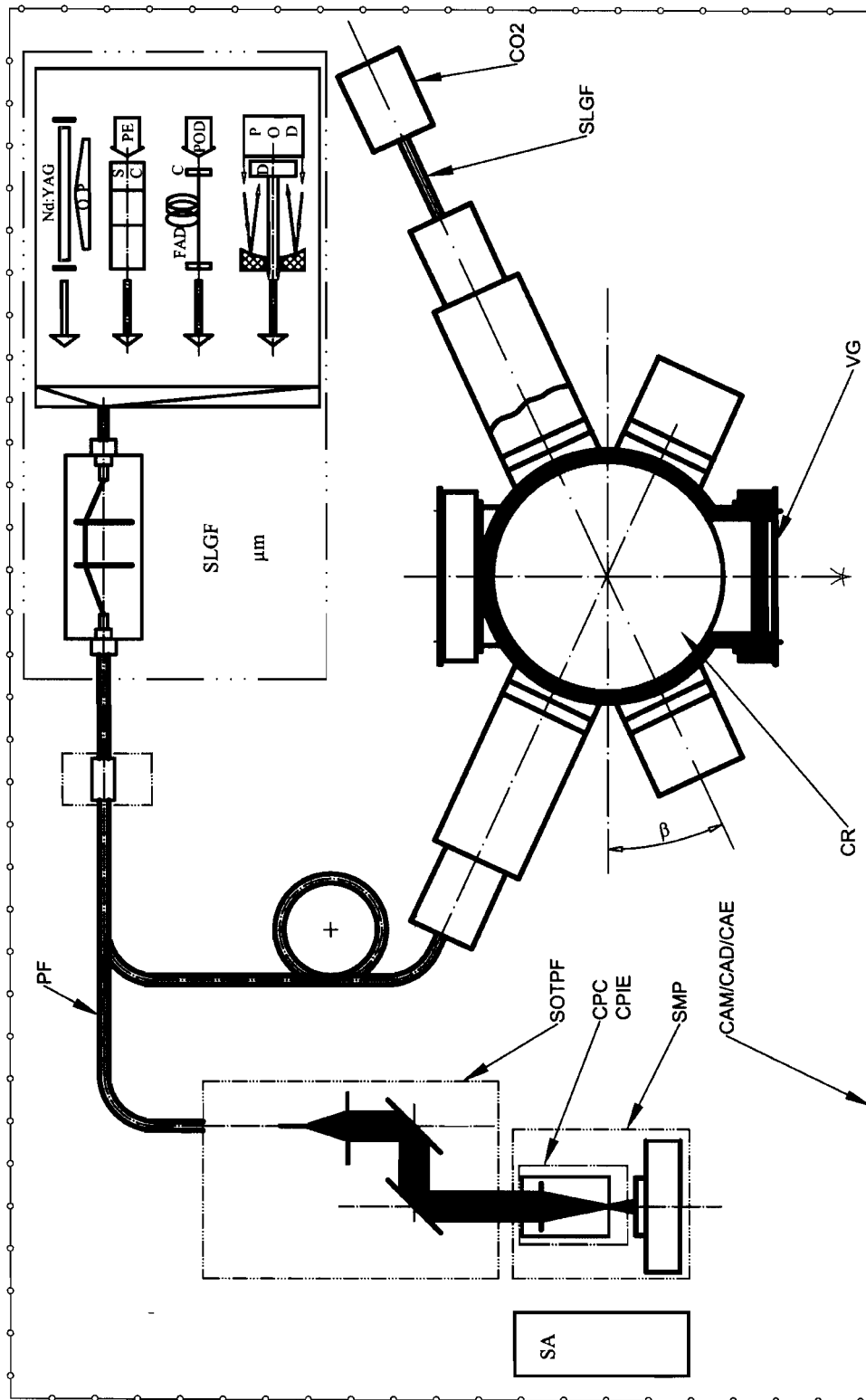


Fig. 2: Schema de conexiune optimizata a surselor laser la cele doua procese principale, la LC si la instalatia de piroliza laser

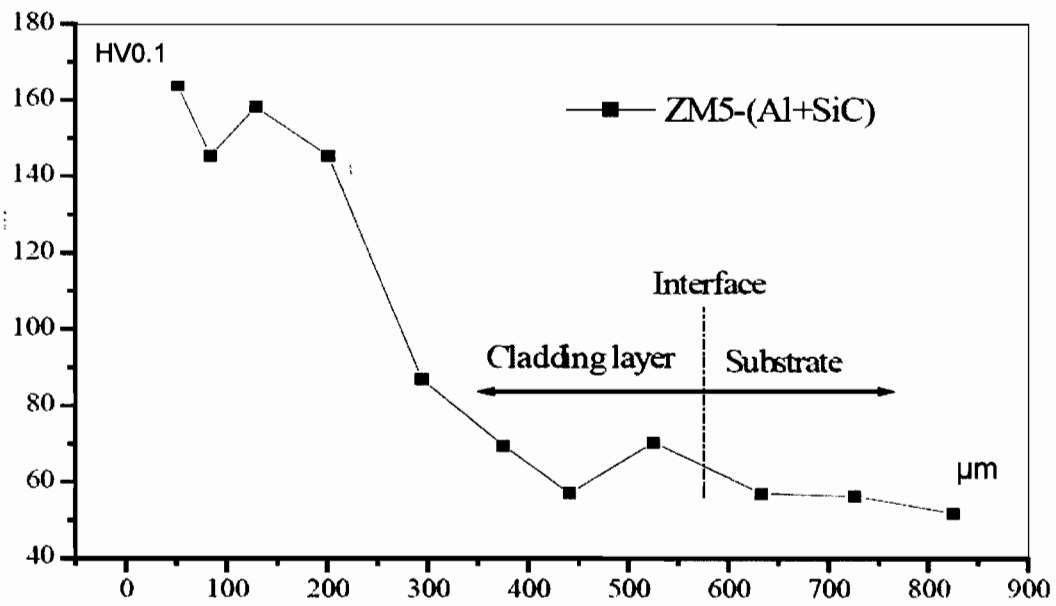




Fig. 3: Exemplificarea variatiei microduritatii in adancimea stratului depus, conf. sursa ref. 27/Lasers in Eng., Vol. 18, pp. 85–94.

6

Tab. 1: Caracteristici determinante pentru LC

| PROPRIETATI FASCICUL | PARAMETRI DE PROCESARE | PROPRIETATE PRODUS | PULBERE | | |
|---|---|---|--|--|---|
| | | | PREDEPUSA | INJECTAT A | PROPRIETA TI |
| -diametru focal -profil fascicul -lungime de unda -polarizare | -debit alimentare -preincalzire -gaze de protectie si transport -suprapunere -directia de procesare | -gabarit si geometrie -MB/MD -proprietati fizice -proprietati metalurgice -proprietati termofizice | -caracteristici fizice -grosime strat -liant -dimensionalitate pulbere | debit pulbere CPC/CPIE -pozitie reciproca injector- produs -constructie injector | -mod de transport -micro/nano compozitie -proprietati fizice / metal / compozit |
|  | | | | | |
| LC | | | | | |
| transfer de energie: -radiatie -convecție -absorbție -conductie | difuzie | dinamica fenomenului de topire | -interactiunea dinamica topitura – gaz de protectie | interactiune fascicul laser- materie | procesul de topire - solidificare |
|  | | | | | |
| REZULTATELE PROCESULUI LC | | | | | |
| -geometrie - reproductibi litate - proprietati functionale | microstructura macrostructura | fisuri interne/externe | porozitate / omogenitate | tensiuni interne remanente | rugozitate |

Tab. 2: Duritatea de suprafata dupa depunere; CO₂/1kW/d=2mm/5mm_s/p=0.5

| Depunere | MB/MD | nm | g, mm | Duritate, % | Rata uzurii, % |
|-------------------------------------|--------------|-----------|--------------|--------------------|-----------------------|
| NiCoCrAlY | de baza | - | | 100 | 100 |
| +Al₂O₃ | depuse | 20 | 4 | 113 | 57,74 |
| +SiC | depuse | 20 | 4 | 138 | 36,96 |
| +CeO₂ | depuse | 20 | 4 | 110 | 67,16 |

| Tab. 3: Elementele determinante ale LC, Ex. | |
|---|---|
| Material substrat | 1018 / \neq 12 mm |
| Tip laser | Dioda |
| Putere / densitate de putere specifica MB / MD | 7 kW / 9700 W / cm ² |
| Forma sectiune fascicul | a x b / O |
| Sectiune fascicul la densitatea de putere specifica MB / MD | 3 x 24 mm |
| Pulbere | compozitie, % dimensionalitate, μ m NP/NS |
| Latime depunere | 23 mm |
| Suprapunere depunere | 3 mm |
| Latime efectiva depunere | 20 mm |
| Grosime depunere | 2 mm |
| Viteza de depunere | 0.4 m / min |
| Debit alimentare pulbere | 10 kg / h |
| Gaz de transport | Ar |
| Preincalzire | DA / NU |