



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00845

(22) Data de depozit: 26/10/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/04/2020 BOPI nr. 4/2020

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

(72) Inventatori:  
• POPOVICI ERNEST, ALEEA REȘIȚA D  
NR.7, BL.A 5, SC.B, ET.3, AP.26,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• MIHĂILESCU ION, STR.FIZICIENILOR  
NR.70, BL.M6, AP.9, MĂGURELE, IF, RO;  
• MIHĂILESCU CRISTIAN,  
STR. FIZICIENILOR 10, BL.M6, AP.9,  
MĂGURELE, IF, RO;  
• POPESCU PELIN GIANINA FLORENTINA,  
STR. BERBECULUI, NR.5, MĂGURELE, IF,  
RO;  
• BADICEANU MARIA, STR.PECINEAGA  
NR.7, BL.25, SC.7, D2, AP.8, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO;

• IONIȚA ANTON, STR.DUZILOR, NR.127,  
MĂGURELE, IF, RO;  
• NECSOIU TEODOR,  
ALEEA AV. STĂLPEANU NR.1, BL.1, SC.1,  
AP.37, ET.10, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• POPOVICI IOAN RĂZVAN,  
ALEEA REȘIȚA D, NR.7, BL.A5, SC.B,  
AP.26, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• ILIESCU MIHAIELA,  
STR. ION MIHALACHE NR. 45, BL. 16 B+C,  
SC. C, ET. 2, AP. 57, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• VLĂDĂREANU LUIGE, STR.GOLOVITA,  
NR.36, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• STANCIU ELENA MANUELA,  
CALEA CRÂNGAȘI, NR.26-28, BL.48-49,  
SC.1, ET.4, AP.12, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) METODĂ HIBRID DE RECUPERARE ȘI/SAU DE CREARE  
CU DEPUNERE LASER DE COMPONENTE CU ALIERE  
CU NANOPARTICULE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă hibrid de recuperare și/sau de creare prin depunere cu laser de componente aliate cu nanoparticule. Metoda conform invenției începe cu o etapă de validare și calificare a compatibilității metodei cu scopul propus, o etapă de proiectare a procedurilor de proces, pentru realizarea cerințelor prin tema propusă, o etapă a procesării hibrid efective a depunerii cu laser de componente cu aliere cu nanoparticule, care permite alierea directă *in situ*, în zona de depunere, a materialului depus cu nanoparticule produse prin sinteza acestora cu laserul utilizat în procesul de depunere, cu fazele de proiectare proces, o etapă de prelucrare mecanică preliminară, etapa de depunere cu laser, o etapă de prelucrare mecanică finală, etapa de tratament termic cu laser, etapa de teste și control final de validare a procesării hibrid, și etapa rezultatelor comerciale.

Revendicări: 1  
Figuri: 8

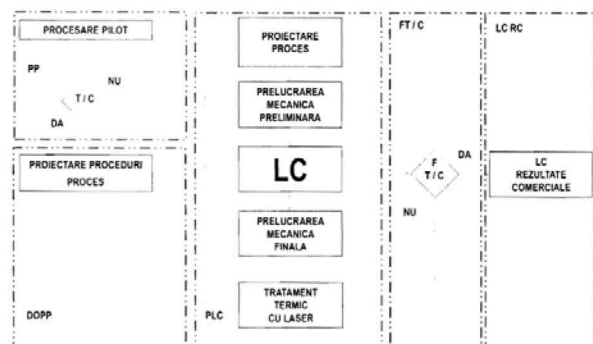
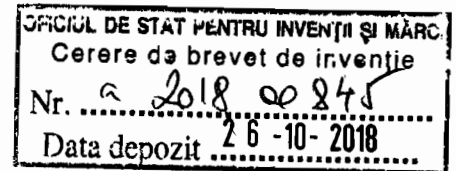


Fig. 1

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).





## DESCRIEREA INVENTIEI

### TITLUL INVENTIEI

## METODA HIBRID DE RECUPERARE SI / SAU DE CREARE CU DEPUNERE LASER DE COMPONENTE CU ALIERE CU NANOPARTICULE

### DOMENIUL TEHNIC AL INVENTIEI

Inventia face parte din domeniile tehnice al ingineriei si tehnologiei si se incadreaza in subdomeniile de inginerie mecanica, ingineria chimica, ingineria materialelor, nano tehnologie, inginerie electrica / inginerie optica / , inginerie electronica, inginerie informationala.

### STADIUL TEHNICII

Stadiul tehnicii de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente este caracterizat printr-un inalt nivel de interdisciplinaritate, US9289854, US20130248219, US20160144455:

- inginerie aplicata: sisteme de automatizare / control / mecatronica / robotica, desen si proiectare asistata de calculator (CADD) / electronica / grafica / nanotehnologia, ingineria informatiilor
- ingineria informatiilor: stiinta datelor / teoria controlului / procesare a semnalului / procesarea imaginii / teoria informatiilor / viziune pe calculator / robotica autonoma / robotica mobila
- inginerie industriala: inginerie de productie - instrumente, echipamente, procese / ingineria componentelor – asamblarea componentelor optime / ingineria sistemelor - logistica, coordonarea echipei, controlul echipamentelor / tehnici de siguranta - functionare sigura si moduri de avarii în siguranta / ingineria fiabilitatii / durabilitatea produsului
- inginerie mecatronica: robotica / ingineria instrumentelor / ingineria optomecatronica
- ingineria managementului: gestionarea proceselor de inginerie
- nano-inginerie / introducerea nanotehnologiei în domeniile de inginerie existente: ingineria nano - materialelor
- inginerie de proiect: inginerie mecanica, ingineria proceselor, inginerie de instrumentatie si control, inginerie structurala, inginerie electrica.



- ingineria sistemelor.

Domeniul de aplicare este foarte variat si poate fi caracterizat dupa multe criterii: materialele pieselor / materialul de baza - MB, cantitatea / numarul de bucati, complexitatea pieselor, marimea dimensionala, gabarit, masa, parametrii depunerii atat ca proces cat si geometric, control / verificare / atestare, etc.

Sunt elaborate sisteme complexe, automatizate destinate unor linii de productie de mare serie care justifica investitia financiara si sunt integrate in linii tehnologice complexe, exemplificat prin produsele companiilor din domeniu.

Pentru beneficiari a caror nevoi si / sau necesitati sunt punctuale sau de serie mica cu necesitatea de recuperare sau de creare de componente nu exista o metoda sablon preexistent, sistem tehnologic elaborat cu o infrastructura tehnologica necesara pentru asigurarea calitatii si garantarea fiabilitatii componentelor procesate. Una din cauze este insasi costul echipamentului de LC – depunere cu laser. Costurile variaza in limite foarte largi si sunt greu de evaluate si din cauza imposibilitatii de evaluare a componentelor de procesat sub aspect calitativ si cantitativ. Caracterul interdisciplinar complex a procesarii determina si / sau cauzeaza lipsa unor dotari specifice si de personal adecvat. Rezolvarile punctuale de procesare cu LC a unor furnizori rezolva doar nevoi si necesitati punctuale bine definite, cu eforturi financiare considerabile si cu eficienta economica indoielnica.

## PREZENTAREA PROBLEMEI TEHNICE PE CARE INVENTIA O REZOLVA

Inventia, proces hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule, rezolva urmatoarele probleme raportate fata de stadiul tehnicii:

- Integreaza un sistem LC rational / optimizat, din punct de vedere tehnic, intr-un sistem interdisciplinar complementar preexistent, care devine prin noua functie mai eficient economic. Proces hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule este caracterizat printr-un inalt nivel de interdisciplinaritate: inginerie aplicata, ingineria informatiilor, inginerie industriala, inginerie mecatronica, ingineria managementului, nano-inginerie, inginerie de proiect, ingineria sistemelor, etc.
- Face posibila procesarea si pentru beneficiari externi companiei prin asigurarea calitatii certificate prin prezentare de garantii calitative / cantitative cerute de beneficiari, realizate prin facilitati interdisciplinare complementare existente, un sistem tehnologic elaborat cu o infrastructura tehnologica necesara pentru asigurarea calitatii si garantarea fiabilitatii componentelor procesate.



- Gama de componente recuperate prin procesarea hibrid este cuprins între recuperarea de piese unicate și până la recuperarea de piese uzate cantitativ mari, rezultate din exploatarea de flote de vehicule de transport, identificate în procesele de reparatii capitale a masinilor unelte, etc.
- Integrarea procesului hibrid de recuperare și / sau de creare cu depunere laser de componente contribuie la creșterea eficienței financiare a infrastructurii / facilităților complementare implicate.
- Refacerea / repararea componentelor cu cerințele de calitate originală sau mai bună funcție de modul / varianta precizată prin procedurile de procesare și convenite cu beneficiar.
- Eficiența economică:
  - piese de schimb nu sunt accesibile sau nu sunt pe piață, în acest caz se aruncă tot ansamblul. În acest caz metoda hibrid de recuperare și / sau de creare cu depunere laser de componente are o eficiență economică maximă și se pune valoarea ansamblului recuperat.
  - piese de schimb există și se compară costurile de achiziție / de recuperare.
- Metoda hibrid de recuperare și / sau de creare cu depunere laser de componente este aplicabil componentelor unicat sau în serie.
- 

### EXPUNEREA INVENTIEI

Obiectul invenției, procesul / metoda hibrid de recuperare și / sau de creare cu depunere laser de componente constituie soluția tehnică a problemei de integrare a LC și a nanotehnologiei în condiții tehnico – financiare justificate în industrie.

În domeniul de recuperare de componente prin această metodă se poate realiza o calitate a componentelor procesate ca cea originală sau mai bună.

Eficiența metodei de procesare hibrid de recuperare și / sau de creare cu depunere laser de componente este superioară în cazul creării / întreținerii / utilizării unei baze de date privind cazurile procesate și parametrii utilizați.

Metoda de procesare hibrid de recuperare și / sau de creare cu depunere laser de componente reprezintă o succesiune logică de etape, faze, pași, definite prin: a) ordinea de desfășurare; b) condiții inițiale; c) parametri, d) condiții tehnice de desfășurare și / sau mijloace tehnice utilizate; e) condiții tehnice de control și / sau calitate, etc. integrate într-un sistem tehnologic preexistent sub aspect de facilități și experiență în domeniile interdisciplinare implicate.

Metoda, procesarea hibrid constă dintr-o activitate tehnologică de natură mecanică, fizică, chimică, de transfer de energie care are ca efect obținerea sau modificarea unui produs.

Metoda este caracterizată prin etape de operare bine definite.



Inventia este o etapa de dezvoltare a aplicatiei LC in industrie, vezi A/00123/01.03.2017, A/00667/18.09.2017, A/00943/16.11.2017, RO131728, RO131729, etc.

Procesarea hibrid - PH, asigura obtinerea de componente finite prin procesul hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente, prin integrare a LC si a nanotehnologiei in conditii tehnico / financiare eficiente in industrie.

Refacerea / repararea componentelor cu cerintele de calitate originala sau mai buna functie de modul / varianta precizata prin procedurile de procesare si convenite cu beneficiar.

Metoda hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente constituie solutia tehnica a problemei de integrare a LC si a nanotehnologiei, este elaborat in urmatoarele etape, vezi Fig. 1:

- i. etapa de procesare pilot - PP
- ii. etapa de proiectare proceduri procesare – DOPP
- iii. etapa de procesare cu depunere cu laser- PLC
- iv. etapa de teste / control final – FT / C
- v. LC rezultate comerciale – LC RC

Ordinea de desfasurare a etapelor de procesare este ordinea mentionarii prin numerotare, mai sus, a celor patru etape, fiecare etapa este compusa din faze de procesare care se specifica in descrierea etapelor.

#### **i. Etapa de procesare pilot - PP**

Este etapa de validare preliminara a problemei tehnice de recuperare / creare a unei componente prin procesul hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente. La baza acestei etape trebuie sa stea dorinta si criteriile / cerintele exprimate de beneficiarul procesarii hibrid cu detalii necesare si suficiente pentru precizarea problemei tehnice a carui rezolvare o solicit exprimata printr-o tema. Aceasta etapa are urmatoarele faze, vezi Fig. 1 si Fig. 2 Etapa de procesare pilot - PP:

- i.1 -studiul preliminar a compatibilitatii tehnice – SPCT a procesarii hibrid dpdv. a facilitatilor existente / disponibile si a experientei acumulate in domeniul procesarii hibrid. In aceasta faza se stabilesc parametrii pilot a unei procesari posibile cu materialele disponibile precum si testele care sa confirme existenta tehnica a unei solutii pentru problema tehnica ridicata. Aceasta faza se bazeaza pe experienta acumulata in domeniu, capabilitatea tehnica, si disponibilitatea facilitatilor de testare si control pentru validarea prelucrarilor executate in mod satisfactor. Se are in vedere si se tine cont de importanta functionala si de complexitatea componentei, inclusiv de gradul de siguranta si securitate in exploatare, etc.
- i.2 –procesarea pilot – PP. In aceasta faza se precizeaza parametrii de baza si se executa procesari de testare in cateva variante.
- i.3 – teste si controale – T / C, privind procesarile pilot: distructive si nedistructive.



i.4 – evaluare capabilitate de procesare. In aceasta faza este validata executarea procesului hibrid sau se invalideaza procesarea pe temei precizate concret.

i.4.1 – Evaluarea preliminara a capabilitatii tehnice, printr-un raport tehnic se concluzioneaza perspectiva de realizare sau nu a cerintelor din tema.

i.4.2 - Evaluarea preliminara a eficientei economico financiare, printr-un raport tehnic se concluzioneaza perspectiva de realizare sau nu a cerintelor din tema in conditii economico financiare atractive..

## **ii. - Etapa de proiectare proceduri procesare – DOPP**

Aceasta etapa cuprinde urmatoarele faze, fazele mentionate includ fara alte precizari si componentele procesarii LC unde este cazul, fazele enumerate sunt aplicate in limita existentei unor facilitati si / sau infrastructuri specifice:

ii.1 – procesarea deseneelor tema pentru prelucrare in sistemul proprii – TDWG, desenele, schitele, si alte materiale grafice in tema sunt prelucrate pentru procesarea in sistem.

ii.2 – Proiectarea asistata de calculator – CAD, cu utilizarea sistemelor informatice pentru crearea, modificarea, analiza / optimizarea temei, a asigura comunicarea prin procesul hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente, elaboreaza sub forma de fisiere compatibile / utilizabile de sistem conditiile / parametrii de procesare, operatiuni de executie / fabricatie, inclusiv cele de testare si control. Rezulta si desenul tehnic final – TDWG - al procesarii. Fisierele CAD pentru proiectare prin desenele / fisele tehnice si de inginerie transmit informatii referitoare la procese, dimensiuni / tolerante, în conformitate cu conventiile specifice aplicatiilor.

ii.3 - Ingineria asistata de calculator – CAE, cu atributii in analiza de durabilitate, optimizare, analiza elementelor finite, analiza functionalitatii, modelarea procesului cu utilizarea bazei de date existenta.

ii.4 - Productia asistata de calculator – CAM, pentru controlul masinilor unelte, a celor conexe în procesul de fabricatie a componentelor de prelucrat atat in prelucrari preliminara cat si finale, precum si controlul componentelor procesarii LC. CAM este o procesare a informatiilor care face legatura functionala intre proiectarea asistata de calculator, ingineria asistata de calculator. Modelul generat în CAD si verificat în CAE se introduce în CAM, care apoi controleaza procesele.

## **iii. Etapa de procesare cu depunere cu laser – PLC**

In aceasta etapa se accepta rezolvare aproximative, bazate pe datele din baza de date - DB, pe similitudinea totala / partiala cu alte componente procesate anterior.

Etapa propriu zisa de procesare hibrid cu depunere cu laser este compusa din fazele:

iii.1 – Proiectare proces -PP

iii.2 - Prelucrarea mecanica preliminara - PMP

iii.3 – LC, depunerea cu laser

iii.4 - Prelucrarea mecanica finala - FMP



### iii.5 - Tratament termic cu laser - LHT

Cele cinci faze apartin la patru categorii, tehnologii, clase de tehnologii diferite. Tehnologiile de prelucrare mecanica sunt considerate cele industriale uzuale. Tratamente termice de recoacere, de durificare, se aplica unde sunt necesare si duc la imbunatatirea calitatii finale a componentei procesate.

iii.1 – **Proiectarea de proces**, pe baza procedurilor de proces si a unei analize a datelor initiale, aplica direct la procesul LC informatiile identificate personalizate pentru fiecare tip de component, fiind o interfata directa cu prelucrarea mecanica preliminara – PMP, LC, prelucrarea mecanica finala – FMP, tratament termic cu laser –. In cazul unor procesari numeroase se executa un prototip de tehnologie cu validare dupa etapa FT / C. Analiza datelor initiale

iii.2 - **Prelucrarea mecanica preliminara** sau se refera la cazul componentelor care se recupereaza. In faza precedenta se stabilesc desene de prelucrare personalizate, deoarece cazurile de uzura nu sunt rezultatul unei actiuni reproductibile. Se urmareste stabilirea conditiilor geometrice convenabile pentru LC precum si pentru MB. Conditiiile geometrice sunt esentiale pentru a asigura omogenitatea depunerii si dupa prelucrarea finala, vezi Fig. 3 Schema principiala de prelucrare preliminara ca o exemplificarea principiala / primara, unde:  $D_0$  – diametrul initial,  $D_u$  – profil uzat,  $D_p$  – diametrul dupa prelucrare. Din experienta se constata influenta mai mare sau mai mica asupra structurii metalurgice, microduritatii, compozitiei, etc. Parametrii prelucrarii mecanice preliminare se stabilesc in faza precedenta iii.1, inclusiv parametri de control dimensionale, geometrice, in conformitate cu TDWG. Facilitatile de prelucrare mecanica, functie de posibilitati trebuie sa satisfaca / realizeze conditiile prescrise componentei.

### iii.3 – LC – Depunere cu laser de materiale

iii.3.1 - Procesarea termica cu laser a materialelor si in special depunerea de materiale, vezi Fig. 4, urmareste realizarea de depuneri / acoperiri in fabricatia de piese noi si scule cu proprietati de protectie la uzura / coroziune, etc., de recuperare de componente prin restaurare dimensionala / functionala. In exemplificarea din Fig. 5 LC – Sistem integrat de depunere de materiale cu laser, inclusiv cu aliere directa cu NP / NS, sistemul integrat este compus din sistemul laser si instalatia de procesare. Sistemul laser principial este compus din generatorul de fascicul, sistem de control spatial / vizualizare, sistem de control temporal si sistemul de transport si prelucrare optica fascicul. sunt integrate cu o instalatie de procesare compus din instalatia de sinteza si din instalatie de tratament termic. Instalatia de sinteza are printre elementele sale componente un sistem de alimentare gaze precursora, camera de reactie si un sistem de control al procesarii. Instalatia de sinteza si sistemul laser poate sa fie integrate prin capul de depunere cu sinteza in situ de NP / NS.

iii.3.2 - **Descrierea procesului**. In cazul LC, vezi Fig. 6 Caracteristicile fazei LC a metodei de procesare hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente, fasciculul laser este defocalizat pe piesa de prelucrat cu o dimensiune a spotului selectat. Materialul de acoperire cu pulbere este



transportat printr-o duza de pulbere intr-un bazin de topire folosind un gaz inert. Optica laser si duza de pulbere sunt deplasate pe suprafata piesei de prelucrat pentru a depune urme singulare, straturi complete sau chiar volume mari. LC implica topirea MD, sub forma de pulbere, cu ajutorul unui fascicul laser si care formeaza un strat pe MB cu legatura metalurgica. MD are un rol cheie in acest sens, avand o influenta decisiva asupra preciziei dimensionale. Pe baza principiilor de alimentare cu pulbere laterala sau coaxiale pentru procesele de placare, sunt dezvoltate sisteme de alimentare cu pulbere care indeplinesc cerintele ridicate de precizie pentru aceasta tehnologie. Se dezvoltă solutii, e. g. capete de alimentare cu pulbere optice integrate care asigura rezultate optime de procesare. Injectoarele de pulbere pot procesa pulberi cu dimensionalitate de la 20 la 150  $\mu\text{m}$  pentru straturile macro  $d > 100 \mu\text{m}$  si mai mica de 20  $\mu\text{m}$  pentru straturi micro  $d < 100 \mu\text{m}$ . Injectoarele sunt compatibile pentru toate tipurile de laseri de mare putere, care sunt utilizate in prezent in LC cu CO<sub>2</sub>, Nd: YAG, disc, fibra, dioda, etc. LC combina progresele in tehnologia cu laser, in fabricarea asistata pe calculator CAM, stiinta materialelor, automatizare si control pentru a oferi o oportunitate unica de procesare aplicata in domeniul prelucrării materialelor. LC realizeaza prin utilizarea / aplicarea datelor din DB in procesele de proiectare si de fabricarea de componente pe baza de proprietati / caracteristici predictibile.

Modelarea bazata pe DB, avand in vedere complexitatea prelucrării cu laser, ofera posibilitatea de a reduce timpul, munca, costurile de cercetare / incercari si permite anticiparea rezultatului final al prelucrării prin:

- modelarea statistica, prin **utilizarea DB**-baza de date, avand in vedere stabilirea cerintelor / necesitatilor concrete existente,
- modelarea experimentală, prin conceperea, proiectarea si realizarea unui **model experimental** functional, demonstrativ pentru rezolvarea punctuala a unor necesitati, tinand cont de conditiile initiale.

### iii.3.3 - Conditii initiale:

- 1) cap de depunere, parametrii fascicului laser -FL: lungimea de unda, modul, nivelul de focalizare / defocalizare, putere / energie, distributie in sectiunea de lucru, durata de focalizare pulsului si frecventa de iradiere in impulsuri, etc.;
- 2) proprietatile materialului de baza / depus - MB / MD: elemente componente / compozitie, proprietati optice de suprafata, proprietati termo-fizice, dimensiuni componente, etc.;
- 3) conditii de iradiere cu laser: viteza de iradiere, coeficientul de suprapunere –  $\Delta p$ , cantitatea si tipul de iradiere, geometria zonei iradiate - ZI, unghiul de iradiere fata de suprafata, etc.;
- 4) conditii suplimentare: scanarea cu fascicul, utilizarea de energie suplimentara - procesarea hibrid, aplicarea de acoperiri de suprafata, modul de alimentare cu material, etc.





Ca obiectiv final al procesului de prelucrare trebuie luate in considerare o mare varietate de factori precum: dimensiuni, suprafata, rugozitate, microduritate, dimensiunea zonei influentate termic - ZIT, distributia de elemente chimice, rezistenta la uzura, rezistenta mecanica, etc.

iii.3.3 - **Caracteristici de baza**, vezi Fig. 7 Proprietatile straturilor depuse cu laserul, LC.

- Acoperiri / depuneri metalice perfect impermeabile si foarte dense
- Zona minima afectata de caldura si dilutie scazuta intre substrat si materialul MD rezultand acoperiri functionale care se executa la grosime redusa, aplicandu-se astfel mai putine straturi
- Microstructura fina, omogena obtinuta ca urmare a vitezei mari de solidificare, care favorizeaza rezistenta la uzura a acoperirilor cu carbura
- Geometriile marginilor muchiilor pot fi acoperite si construite cu depozite MD
- Depunerea prin LC in forma neta necesita putin efort de finisare
- Depunerea / alierea prin LC extinsa a materialelor sensibile, cum ar fi otelurile bogate in carbon sau superaliajele pe baza de nichel, care sunt dificil sau chiar imposibil de aliat folosind procedee conventionale de procesare
- Tratamentul termic ulterior LC este adesea eliminat deoarece zona mica afectata de caldura minimizeaza solicitarea componentelor, caracteristici de duritate se obtin prin aliere cu carburi si / sau nanopulberi
- Stabilitate excelenta a procesului si reproductibilitate mare a LC datorita procesului controlat numeric si integrat

iii.3.4 – **Dotare minima necesara:**

- a. laser cu mediu activ solid cu / fara transport / procesare optica a fasciculului
- b. cap de depunere cu / fara procesare optica a fasciculului, cu / fara aliere cu nanostructuri / nanoparticule – NS/NP
- c. sistem alimentare cu pulbere
- d. sistem robot de manipulare / sistem control robot
- e. interfata /control proces

iii.3.5 - **Parametri predefiniti**, vezi Fig. 8, reprezinta ansamblul format din facilitatile disponibile si parametrii predefiniti de componenta de procesat.

iii.4 - **Prelucrarea mecanica finala – FMP**

Proiectarea proceselor tehnologice PMP, trebuie sa parcurga urmatoarele etape cu specificitate pt. LC:

- Studiul documentatiei tehnice – DOPP si PLC-PP - al piesei finite si a semifabricatului dupa LC.
- Stabilirea succesiunii si continutul operatiilor / fazelor PMP.
- Calculul erorilor de prelucrare în baza schemelor de asezare si fixare dupa LC.



- Indicarea echipamentului tehnologic adecvat PMP, în conformitate cu varianta aleasă.
- Calculul adaosurilor, specifice LC, de prelucrare și a dimensiunilor / toleranțelor intermediare.
- Determinarea regimurilor de prelucrare

### iii.5 – **Tratament termic cu laser - LHT**

LHT este o operație care implică încălzirea la o anumită viteză, înmuiere la o temperatură pe o perioadă de timp și răcire la o anumită viteză specificată. Scopul este de a obține o microstructură cu anumite proprietăți predeterminate fizice, mecanice, magnetice sau electrice. La LHT energia fasciculului este transmisă pe suprafața materialului pentru a crea un strat durificat prin transformare metalurgică. Laserul este folosit ca sursă de căldură și asigură creșterea rapidă a temperaturii suprafeței materialului. Transferul de căldură în masă se face la gradient redus, căldura mediului asigură o răcire rapidă zonei vizate, producând astfel un strat de transformare durificat.

În timpul LHT materialul este încălzit local la o temperatură sub temperatura de topire. Grosimea este determinată. Spre deosebire de tratamentul cu cuptor, această tehnică implică invariabil un tratament termic scurt de câteva secunde. Viteza de încălzire, temperatura maximă și viteza de răcire pot fi setate în mod specific prin controlul temperaturii. Deoarece FL poate fi concentrat pe o suprafață determinată unde produce un efect termic, de energie termică intensă, există numeroase avantaje atunci când se ia în considerare utilizarea unui laser.

- Propagarea minimă a căldurii în masă MB, deoarece temperatura sursei este ridicată, transformarea are loc rapid, iar propagarea căldurii în masă este redusă. Acest lucru reduce deformările / tensiunile în zonele afectate de căldură.
- Controlul este precis FL este concentrat, zona de tratare termică poate fi localizată cu o mare precizie.
- Fără-contact, procesare în aer liber,

Dezavantajele precum:

- Investiția inițială este foarte mare.
- Costul de întreținere este foarte mare.
- Este necesar un lucrător calificat,

datorită integrării în tehnologie dispar și pot fi executate și alte operații nu numai cele aparținând metodei.

### iv. **Etapă de teste / control final – FT / C**

Etapă de teste / verificări sistemul de asigurare a calității – AQ, este determinată de cerințele beneficiarului față de procesul / rezultatele LC convenite cu executantul. Politica de calitate a unei companii exprimă dorința de a asigura procesul LC în sistemul de calitate, certificat sau nu oficial de un Institut de Certificare - CI. Cele mai importante aspecte AQ sunt următoarele:

- Certificarea proceselor



- Documentele de calitate
- Asigurarea calitatii online in timpul LC prin monitorizarea / controlul proceselor
- Echipamente de asigurare a calității
- AQ consumabile pulbere, gaze, etc.

Placarea cu laser este un proces la care rezultatul / calitatea nu sunt predictibile fara a fi parcurse etapele precedente, dupa care se poate evalua calitatea reală. Prin urmare, există beneficiari și CI care stabilesc cerințe în cadrul companiilor de producție în domeniul LC. Scopul este elaborarea / stabilirea condițiilor de control și de a asigura calitatea componentelor procesate să corespundă cerințelor AQ. s

Depinde de componenta cerințe suplimentare de AQ, vezi cazul componentelor destinate industriilor de mare impact sau industriei alimentare, in care caz este obligatorie un sistem de management al calității – MAQ pentru:

- evaluarea cerințelor
- evaluarea tehnică
- externalizarea unor servicii
- calificarea personalului: de procesare si de inspectarea / testarea
- echipamente de producție / testare si de întreținere
- descrierea echipamentelor
- planificarea productiei
- descrierea / aprobarea metodei LC
- program LC, de securitate / protectie
- securitate laser / mediu

Documentatia trebuie sa contina: specificații funcționale si / sau tehnice, testele de pre-calificare PP, specificația procedurii de fabricare DOPP, plan / proceduri de inspectie și testare FT / C procedura de reparare, feedback procesare, fișe de siguranță de securitate / protectie, fișe cu date despre produs, dosarul de fabricatie.

#### v. LC rezultate comerciale – LC RC

In cazul validarii procesarilor rezultatele comerciale se reflecta in validarea procesului LC si extinderea comenzilor din domeniu.

### PREZENTAREA AVANTAJELOR INVENTIEI

Inventia, proces hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule, rezolva urmatoarele probleme raportate fata de stadiul tehnicii:

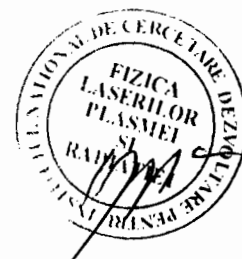
- Calitatea pieselor realizate prin proces hibrid de recuperare si / sau de creare cu LC de componente este cea originala sau mai buna functie de modul / varianta precizat in DOP.



- Integreaza un sistem LC rational / optimizat, din punct de vedere tehnic, intr-un sistem interdisciplinar complementar preexistent, care devine prin noua functie mai eficient economic. Proces hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule este caracterizat printr-un inalt nivel de interdisciplinaritate: inginerie aplicata, ingineria informatiilor, inginerie industriala, inginerie mecatronica, ingineria managementului, nano-inginerie, inginerie de proiect, ingineria sistemelor, etc.
- Sistemul poate procesa si tratament termic a componentelor.
- Face posibila procesarea si pentru beneficiari externi companiei prin asigurarea calitatii certificate prin prezentare de garantii calitative / cantitative cerute de beneficiari, realizate prin facilitati interdisciplinare complementare existente, un sistem tehnologic elaborat cu o infrastructura tehnologica necesara pentru asigurarea calitatii si garantarea fiabilitatii componentelor procesate.
- Metoda hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu NP / NS este aplicabil componentelor unicat sau in serie.
- Gama de componente recuperate prin procesarea hibrid este cuprins intre recuperarea de piese unicate si pana la recuperarea de piese uzate cantitativ mari, rezultate din exploatarea de flote de vehicule de transport, identificate in procesele de reparatii capitale a masinilor unelte, etc.
- Integrarea procesului hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente contribuie la cresterea eficientei financiare a infrastructurii / facilitatilor complementare implicate.
- Refacerea / repararea componentelor cu cerintele de calitate originala sau mai buna functie de modul / varianta precizata prin procedurile de procesare si convenite cu beneficiar.
- Eficienta economica:
  - piese de schimb nu sunt accesibile sau nu sunt pe piata, in acest caz se arunca tot ansamblul. In acest caz metoda hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente are o eficienta economica maxima si se pune valoarea ansamblului recuperat.
  - piese de schimb exista si se compara costurile de achizitie / de recuperare.
- Face posibila integrarea unui sistem laser intr-un sistem tehnologic in conditii de investitie redusa ca sarcina financiara

### PREZENTAREA FIGURILOR DIN DESENE

Fig. 1: Etapele metodei hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente, prezinta principial etapele si fazele componente integrate



**Fig. 2:** Etapa de procesare pilot – PP intr-o desfasurare logica. Include si bucelele feedback de corectie. Procesarea preliminara este testarea sumara a capacitatii tehnologice si avizarea continuarea procesarii

**Fig. 3:** Schema principiala de prelucrare preliminara. prelucrarea preliminara asigura in mare masura rezultatele depunerii.

**Fig. 4:** Procesarea termica cu laser a materialelor, incadrarea procesarilor LC in sistemul de procesari cu aport energetic prin FL

**Fig. 5:** Sistem integrat de depunere de materiale cu laser, inclusiv cu aliere directa cu NP / NS principial este compus din elemente care asigura cele trei functii importante generarea de FL functional, instalatia de procesare si interactiunea laser materie

**Fig. 6:** Caracteristicile fazei LC a metodei de procesare hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule in forma tabelara prezinta datele initiale, procesele care se petrec in LC, verificarea si testarea dupa LC si rezultatele procesului LC.

**Fig. 7:** Caracteristici de baza, proprietatile straturilor depuse cu laserul LC, datele care definesc caracteristicile procesului de depunere.

**Fig. 8:** Parametri predefiniti in LC, cele cu influenta importanta precum si parametrii de depunere rezultate, de realizat care sunt tintite prin tema.

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

Metoda se aplica / realizeaza prin identificarea capacitatilor / facilitatilor / infrastructurii existente necesare etapelor metodei hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente, vezi Fig. 1. Profilul si marimea unitatii unde se implementeaza metoda, precum si necesarul de componente de procesat determina marimea si calitatea unitatii de procesare LC.

Capacitatile / facilitatile / infrastructura existenta trebuie sa asigure sisteme de automatizare / control / mecatronica / robotica, desen si proiectare asistata de calculator (CADD) / electronica / grafica / nanotehnologia, ingineria informatiilor, inginerie de productie - instrumente, echipamente, procese / ingineria componentelor – asamblarea componentelor optime / ingineria sistemelor - logistica, coordonarea echipei, controlul echipamentelor / tehnici de siguranta - functionare sigura si moduri de avarii în siguranta / ingineria fiabilitatii / durabilitatea produsului, robotica / ingineria instrumentelor / ingineria optomecatronica, ingineria managementului / gestionarea proceselor de inginerie, inginerie de proiect, ingineria sistemelor. Functie de aceste disponibilitati se adopta o structura de procesare care sa contina un sistem LC. Costurile variaza in limite foarte largi si sunt greu de evaluate din cauza imposibilitatii de evaluare a componentelor de procesat sub aspect calitativ si cantitativ in detaliu. Metoda hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente este aplicabil componentelor



unicat sau in serie in care caz evaluarea este mult mai precisa si obiectiva. Metoda hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente constituie solutia tehnica a problemei de integrare a LC si a nanotehnologiei.

### MODUL IN CARE SE POATE APLICA INDUSTRIAL

Metoda hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule se aplica potential in domeniile de mare interes cum ar fi:

- inginerie mecanica generala
- constructia de nave
- procesarea alimentelor,
- tipuri diferite de arbori
- agricultura, protectie impotriva uzurii si coroziunii pentru unelte de cultivare a solului
- industria petrolului si a gazelor, acoperire ale conductelor de foraj si unelte, protectie la coroziune
- industria siderurgica
- reparatii generale
- industria de pompe, coroziune si uzura de protectie pentru supape si carcase
- minerit
- industria aerospatuala
- instalatiile de incinerare general
- prelucrarea lemnului
- industria de turnatorie
- lacatuserie
- industria chimica
- constructii de vehicule
- constructii de masini agricole
- industria alimentara
- energetica nucleara, ALFRED
- industria de aparare.

Fiecare aplicatie in sine reprezinta o adaptare a posibilitatilor infrastructurii / facilitatilor la cerintele tehnice / tehnologice a componentelor procesate. In fiecare caz insa criteriile economico / financiare localizate pe componenta sau pe ansamblul in care este functional decide aplicarea sau nu a metodei.

Procesarea si pentru beneficiari externi companiei prin asigurarea calitatii certificate prin prezentare de garantii calitative / cantitative cerute de beneficiari, realizate prin facilitati interdisciplinare complementare



existente, un sistem tehnologic elaborat cu o infrastructura tehnologica necesara pentru asigurarea calitatii si garantarea fiabilitatii componentelor procesate.



## REFERINTE

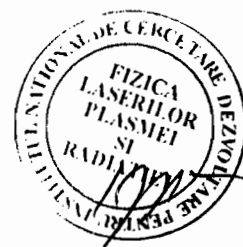
1. Andrew J. Pinkerton, Advances in the modeling of laser direct metal deposition, J. Laser Appl., Vol. 27, No. S1, February 2015
2. G. Bi et al. / Optics and Lasers in Engineering 44 (2006) 1348–1359
3. M. Zhong, W. Liu JMES1782 Proc. IMechE Vol. 224 Part C: J. Mechanical Engineering Science, DOI: 10.1243/09544062JMES1782
4. B.R. Marple, M.M. Hyland, Y.-C. Lau, C.-J. Li, R.S. Lima, G. Montavon, Thermal Spray 2009: Proceedings of the International Thermal Spray Conference, p 403-408, DOI: 10.1361/cp2009itssc0403
5. Johannes Tjaard Hofman, Development of an observation and control system for industrial laser cladding, 13 December 1979
6. Volodymyr Kovalenko et al. / Procedia CIRP 42 ( 2016 ) 96 – 100, doi: 10.1016/j.procir.2016.02.197
7. Powder feed nozzles and wire feed, Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS
8. Cladding with High Power Diode Lasers, by Keith Parker, Direct Diode & Fiber Laser Systems,
9. J.I. Arrizubieta et al. / Physics Procedia 56 ( 2014 ) 429 – 438, Coherent
10. Final Report for Rail Safety IDEA Project 22, Laser Cladding of Welds to Improve Railroad Track Safety
11. US9126286
12. US20100086702
13. WO2014098634
14. US20130248219
15. US20130248219
16. US20060065650
17. WO2012109086
18. US20160144455





## REVENDICARILE

Este revendicata metoda hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule care permite alierea directa in situ, in zona de depunere, a materialului depus cu nanoparticule produse prin sinteza acestora cu laserul utilizat in procesul de depunere este **caracterizata prin aceea ca**, cuprinde o etapa de validare / calificare a compatibilitatii metodei cu scopul propus, o etapa de proiectare proceduri proces pentru realizarea cerintelor prin tema, etapa procesarii hibrid efective a depunerii cu laser de componente cu aliere cu nanoparticule care permite alierea directa in situ, in zona de depunere, a materialului depus cu nanoparticule produse prin sinteza acestora cu laserul utilizat in procesul de depunere, cu fazele de proiectare proces, prelucrarea mecanica preliminara, depunerea cu laser, prelucrarea mecanica finala, tratament termic cu laser, etapa de teste si control final de validare a procesarii hibrid, etapa de rezultate comerciale.



## DESENELE EXPLICATIVE

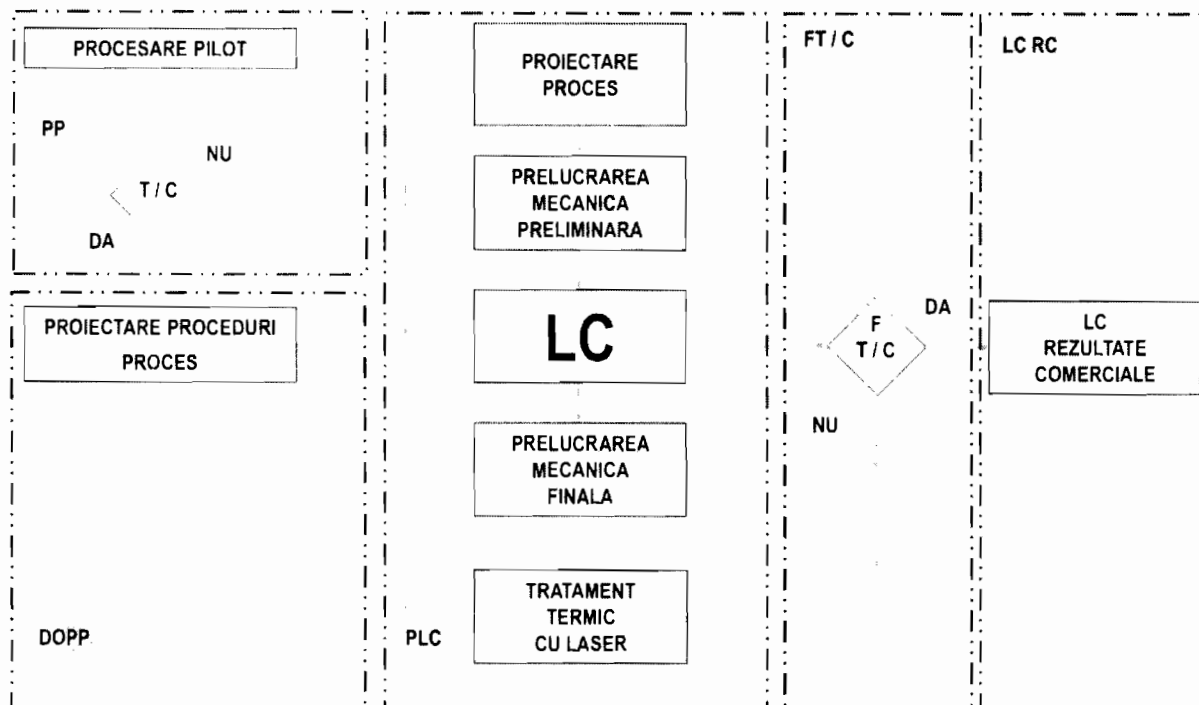


Fig. 1 Etapele metodei hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente



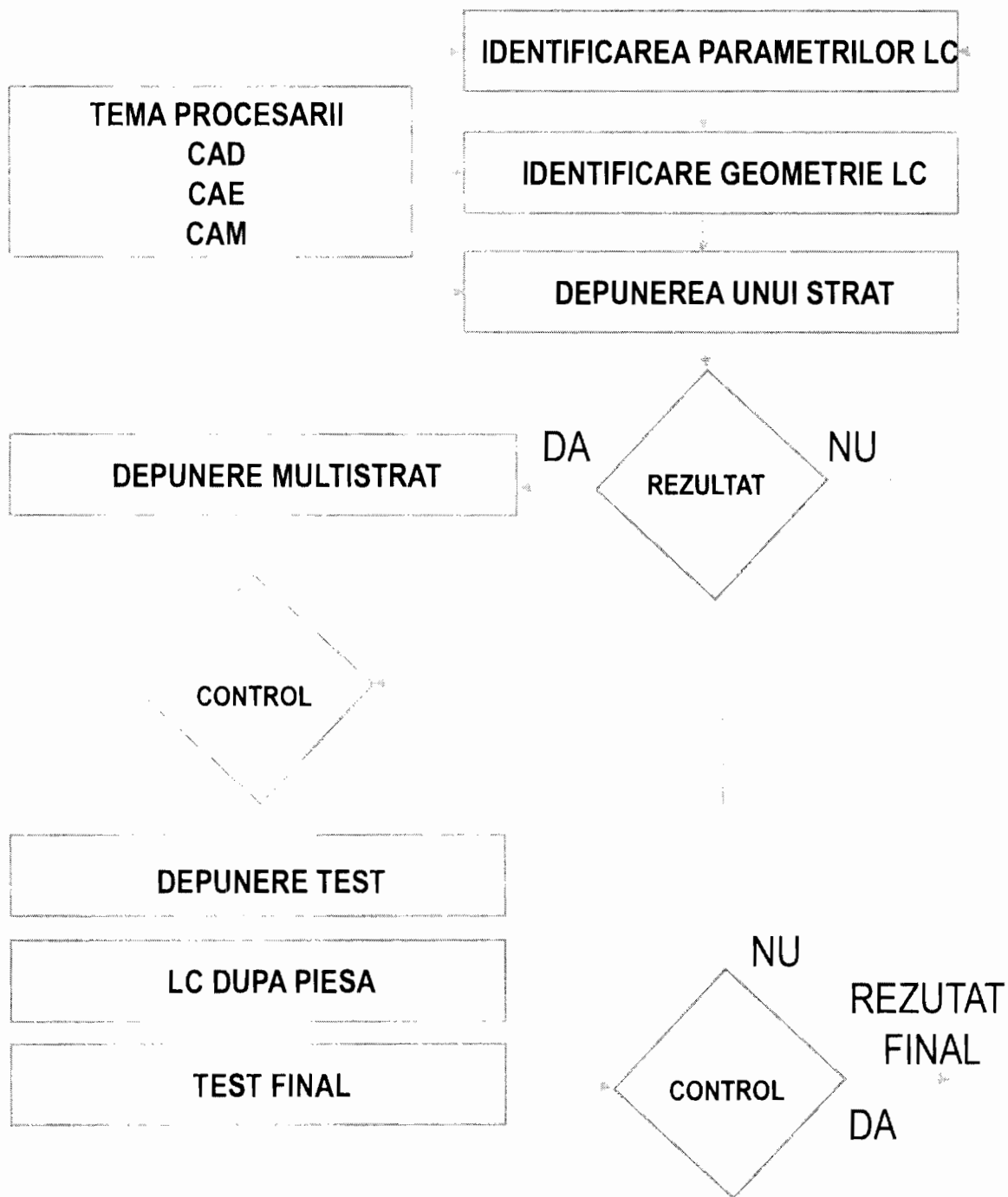


Fig. 2 Etapa de procesare pilot - PP



//

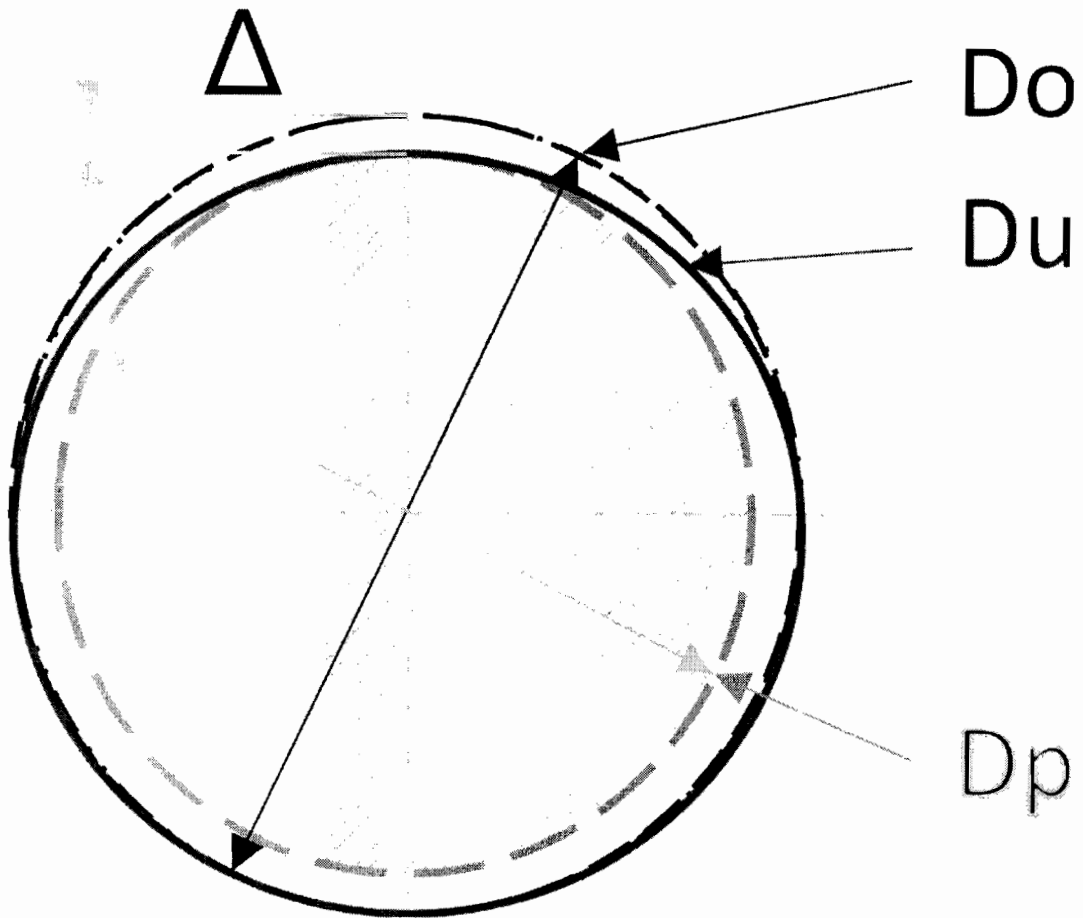


Fig. 3 Schema principiala de prelucrare preliminara



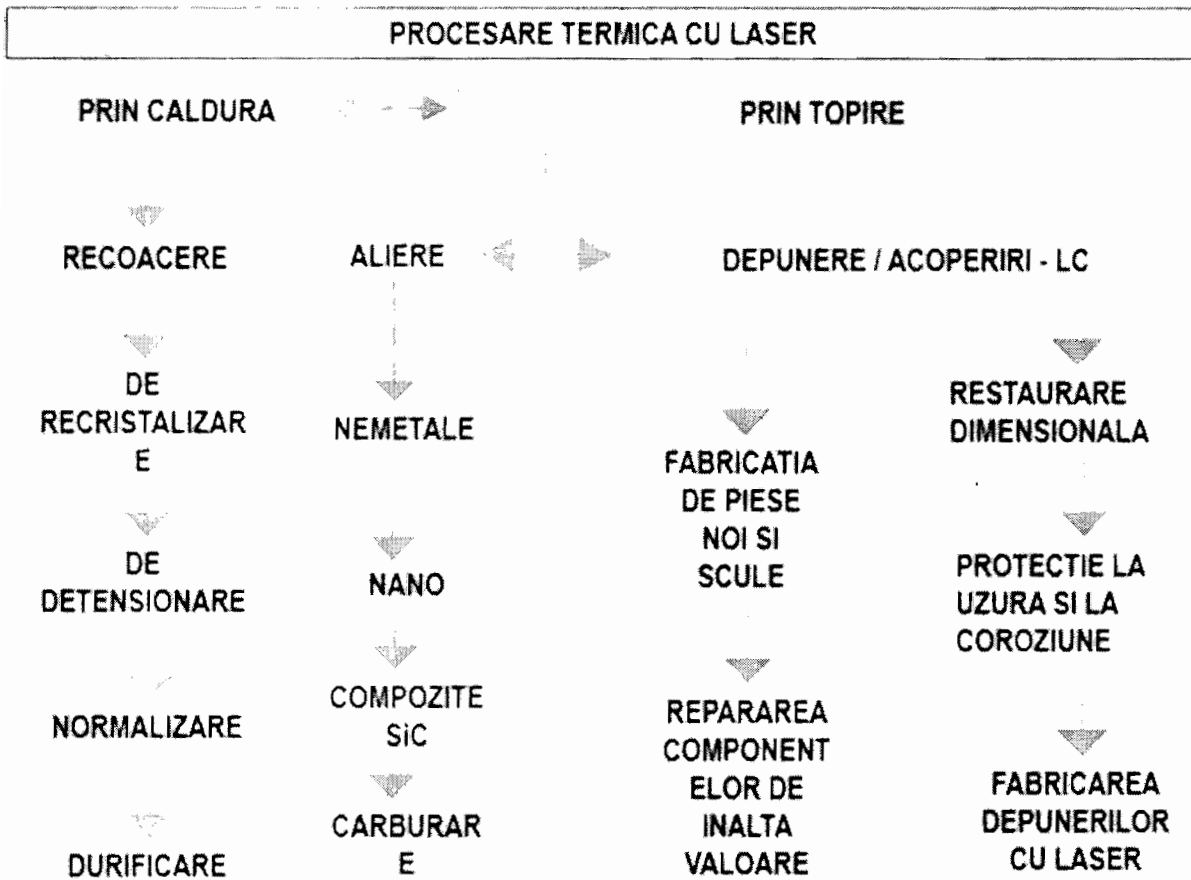


Fig. 4 Procesarea termica cu laser a materialelor



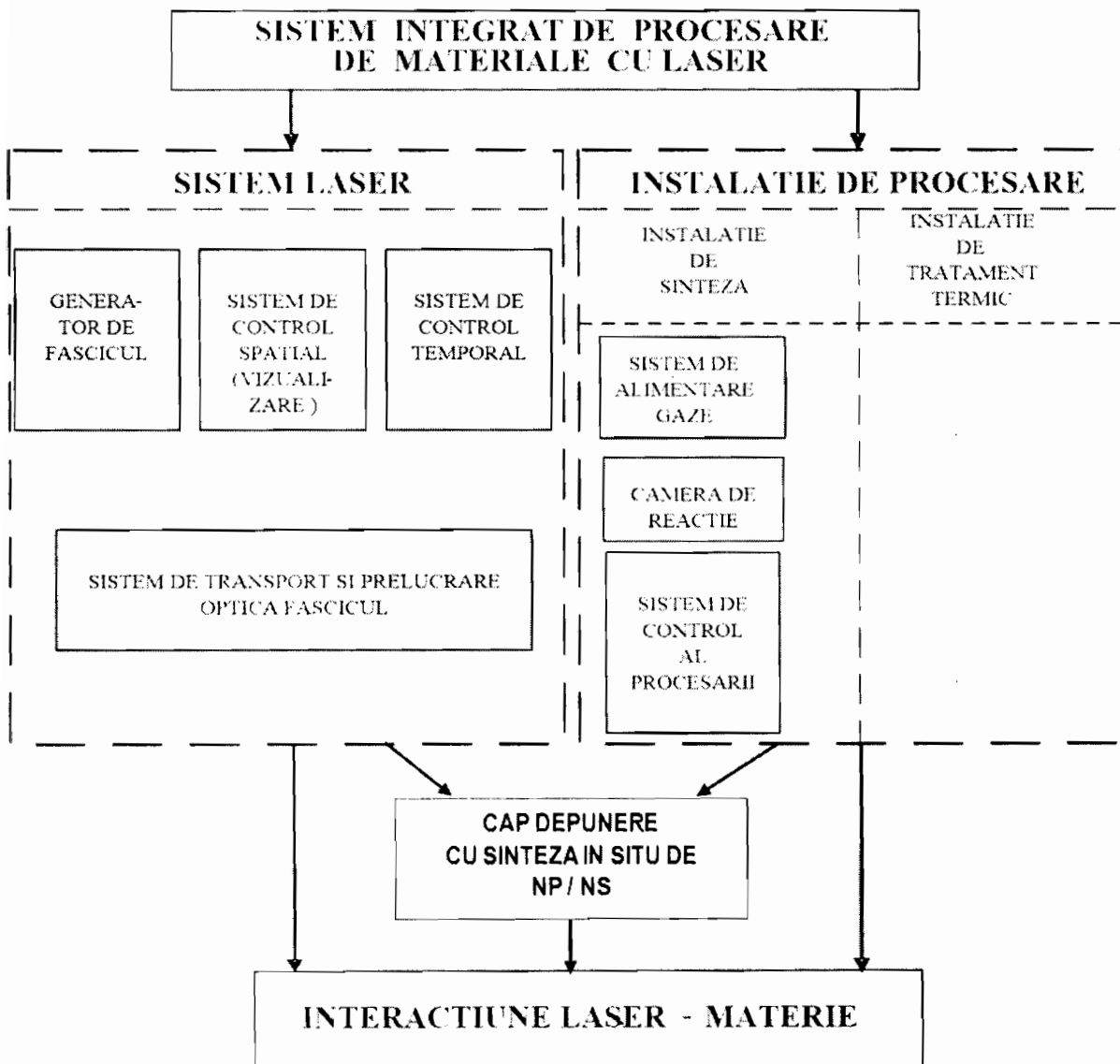


Fig. 5 LC – Sistem integrat de depunere de materiale cu laser, inclusiv cu aliere directa cu NP / NS



Caracteristicile fazei LC a metodei de procesare hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule					
PROPRIETATI FASCICUL	PARAMETRI DE PROCESARE	PROPRIETATI PRODUS	PULBERE		
			PREDEPUS	INJECTAT	PROPRIETATI
-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 / PROCESE					
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
T / C**					
Verificare si testare dupa LC					
NDT – control nedistructiv		DT – control distructiv			
Denumire	Norma	Denumire	Norma	Denumire	Norma



Reguli generale NDT	*** RO / EN	Incercare la tractiune	RO / EN	Controlul etanseitatii PL	RO / EN
Control vizual	RO / EN	Incercare la indoire	RO / EN	Incercarea cu AC	RO / EN
Control dimensional	RO / EN	Incercare de rezilienta	RO / EN	Incercari hidraulice	RO / EN
Control Rx	RO / EN	Încercare de duritate	RO / EN	Asigurarea calitatii - AQ	RO / EN
Control cu US	RO / EN	Controlul metalografic macro / micro	RO / EN	Certificarea proceselor	RO / EN
Control magnetica	RO / EN			Documente de calitate	RO / EN
Control cu LP	RO / EN			AQ in timpul LC control procese	RO / EN
				Echipamente de asigurare a calitati	RO / EN
				AQ consumabile	RO / EN



### REZULTATELE PROCESULUI LC

-geometrie	-microstructura	-fisuri interne / externe	-porozitate / omogenitate	-tensiuni interne remanente	-rugozitate
-reproductibilitate	-macrostructura				
-proprietati functionale					

\* - CPC – cap de depunere cu injectie de pulbere coaxiala  
- CPIE - cap de depunere cu injectie de pulbere externa

\*\* - T / C – teste si control





6

***	- RO / EN – norme nationale / EU
-----	----------------------------------

Fig. 6 Caracteristicile fazei LC a metodei de procesare hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente.





CARACTERISTICI DE BAZA LC		
Proprietatile straturilor depuse cu laserul, LC	▪ Putere tipica de laser de 1 - 6 kW	transport cu fibra
	▪ Rata de acumulare tipica este de 0,1 pana la 12 kg	max. 18 kg/h
	▪ Grosimea tipica de acoperire de 0,2 pana la 4 mm (sau mai mult), cu o singura trecere	vezi P laser
	▪ Materiale de acoperire: pulberi sudabile, metale, aliaje metalice, amestecuri de carburi, compozite, etc.	vezi PP
	▪ Aliere cu nanoparticule si / sau nanostructuri – NP/NS	cu / fara

Fig. 7 Caracteristici de baza, proprietatile straturilor depuse cu laserul, LC



Parametri predefiniti in LC *		
Conditii de lucru parametrii predefiniti	FL – fascicul laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ lungimea de unda,</li> <li>▪ modul,</li> <li>▪ nivelul de focalizare / defocalizare,</li> <li>▪ putere / energie,</li> <li>▪ transport / procesare fascicul,</li> <li>▪ durata de focalizare a pulsului</li> <li>▪ frecventa de iradiere in impulsuri,</li> <li>▪ etc.</li> </ul>
	Proprietatile MB / MD	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ elemente componente / compozitie,</li> <li>▪ proprietati optice de suprafata,</li> <li>▪ proprietati termo-fizice,</li> <li>▪ dimensiuni componente,</li> <li>▪ etc.</li> </ul>
	Pulbere	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Particule libere sferice</li> <li>▪ Continut de oxigen scazut</li> <li>▪ Fluxul de pulbere uniform / lin</li> <li>▪ Coerenta intre loturi</li> <li>▪ Controlul grosimii acoperirii precis, depinde si de pulbere</li> <li>▪ Eficienta ridicata de depunere</li> <li>▪ Strat complet dens</li> <li>▪ Transfer redus de caldura la substrat de cu dilutii &lt; 5 %, <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ etc.</li> </ul> </li> </ul>
	Conditii de iradiere cu FL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ viteza de iradiere,</li> <li>▪ <math>\Delta p</math> – diferenta de pas intre treceri, <math>\Delta p = p - B</math>, B – latime depunere, <math>\Delta p &lt; 0</math> – suprapunere,</li> <li>▪ cantitatea si tipul de iradiere,</li> <li>▪ geometria ZI – zona de iradiere,</li> <li>▪ unghiul de iradiere fata suprafata,</li> <li>▪ etc.</li> </ul>
	Conditii suplimentare	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ scanarea cu fascicul,</li> <li>▪ utilizarea de energie suplimentara - procesarea hibrid</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ modul de racire,</li> <li>▪ aplicarea de acoperiri de suprafata,</li> <li>▪ modul de alimentare cu material,</li> <li>▪ etc.</li> </ul>
Parametrii depunere rezultate, de realizat	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ dimensiuni,</li> <li>▪ suprafata</li> <li>▪ rugozitate,</li> <li>▪ micro duritate,</li> <li>▪ microstructura,</li> <li>▪ dimensiunea ZIT,</li> <li>▪ distributia de elemente chimice,</li> <li>▪ rezistenta la uzura,</li> <li>▪ rezistenta la coroziune,</li> <li>▪ rezistenta mecanica,</li> <li>▪ etc.</li> </ul>
*	- Fara parametri predefiniti a infrastructurii LC

Fig. 8 Parametri predefiniti in LC.

