



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00763

(22) Data de depozit: 01/10/2018

(41) Data publicării cererii:
29/05/2020 BOPI nr. 5/2020

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• COSMA SORIN COSMIN,
STR.REPUBLICII, NR.10, AP.1, TURDA, CJ,
RO;
• BĂLC NICOLAE OCTAVIAN,
STR. DORNEI NR. 31, CLUJ-NAPOCA, CJ,
RO;

• POPAN ALINA IOANA, STR.PARÂNG,
NR.35, BL.T3, AP.45, CLUJ NAPOCA, CJ,
RO;

• HENDEA RADU EMIL,
STR.AUREL VLAICU, NR.3/302,
CLUJ NAPOCA, CJ, RO

(74) Mandatar:
CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, SC.1,
AP. 2, CLUJ NAPOCA, CJ

(54) METODĂ DE REALIZARE A SUPORȚILOR UTILIZAȚI
ÎN TOPIRE SELECTIVĂ CU LASER PRIN SCANARE
DIFERENȚIATĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de realizare a suporturilor utilizați în topirea selectivă cu laser prin scanare diferențiată. Metoda, conform invenției, cuprinde fazele de inițializare a parametrilor de proces aferenți scanării zonei inferioare a suporturilor, de depunere strat cu strat a materialului și de scanare cu laser a secțiunilor 2D ale suportului pentru consolidare, suportul (13) fiind împărțit într-o zonă inferioară (13a) de contact cu o platformă de lucru (15), o zonă superioară (13c) pe care se fixează piesa (14) și o zonă mediană (13b), în care scanarea suportului (13) se face diferențiat pe cele trei zone (13a, 13b, 13c).

Revendicări: 4
Figuri: 2

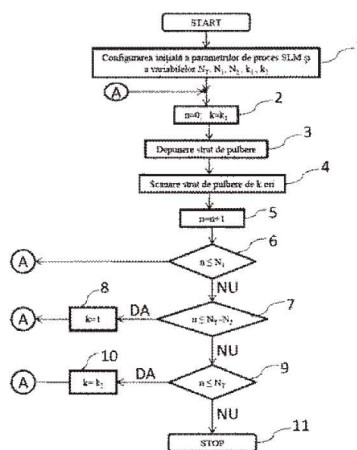


Fig. 1

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).



Metodă de realizare a suporturilor utilizați în topire selectivă cu laser prin scanare diferențiată

Invenția se referă la o metodă de fabricare a suporturilor utilizați pentru ancorarea pieselor în timpul procesării lor prin topire selectivă cu laser (Selective Laser Melting – SLM). Scopul metodei este de a îmbunătăți calitatea suporturilor printr-o mai bună adeziune la contactul cu platforma de lucru a echipamentului SLM, respectiv la contactul cu piesa. Metoda este destinată tehnologiilor aditive (Additive Manufacturing - AM) care folosesc materiale sub formă de pulbere și lasere pentru topirea și adeziunea particulelor.

În general, tehnologia SLM permite fabricarea directă a pieselor cu geometrie complexă, pornind de la un model digital tridimensional. Tehnologiile AM care utilizează lasere și materii prime sub formă de pulbere sunt: topirea selectivă cu laser (Selective Laser Melting - SLM), sinterizarea directă cu laser a metalelor (Direct Metal Laser Sintering - DMLS), topirea cu fascicul laser (Electron Beam Melting – EBM) și altele similare. Fabricarea pieselor prin aceste tehnologii se realizează prin depunerea unor straturi succesive de pulbere care sunt scanate cu laser, urmărind secțiunea 2D a suporturilor și a piesei.

Pentru realizarea unor piese cu ajutorul tehnologiilor aditive, materialul este depus strat cu strat. Scanarea cu laser are rolul de face punți de sudură în pulberea metalică, în vederea consolidării acesteia. Principiul de bază a tehnologiilor aditive este următorul: se depune un strat de pulbere, apoi acesta este scanat cu laserul, conform geometriei piesei în secțiunea respectivă, iar ciclul se repetă strat cu strat până la finalizarea piesei.

Pentru realizarea unor piese precise, depunerea de material trebuie să fie foarte bine controlată, atât prin poziționarea precisă a punctelor în care lucrează laserul cât și prin parametrii de proces ai scanării. Dintre parametrii de proces ai scanării foarte importanți sunt: viteza de scanare și puterea laserului. Pentru fabricarea pieselor prin tehnologii aditive este nevoie de suporturi care să ancoreze și să susțină piesele fixe în raport cu platforma de lucru a mașinii, pe tot parcursul procesului tehnologic. Suporturi sunt fabricați direct pe platforma de lucru a echipamentului SLM, iar pe ei sunt procesate piesele. Suportii au rolul de a susține piesele și de a preveni deformarea lor în timpul fabricației SLM, fenomen uzual întâlnit în procesul SLM, fiind provocat de tensiunile termice foarte mari ce sunt acumulate în reperle fabricate. Totodată, suportii au rolul de a permite fabricarea pieselor la o anumită distanță față de placa echipamentului SLM, evitând procesarea pieselor direct pe platforma de lucru. Dacă piesele s-ar fabrica fără suporturi, ele ar fi procesate direct pe platforma de lucru, fapt care ar conduce la imposibilitatea de a susține unele margini ale pieselor respectiv la îngreunarea

semnificativă a operațiilor de post-procesare a pieselor (exemplu: dificultăți multiple la îndepărtarea pieselor sudate direct pe placa de lucru).

La ora actuală există diferite forme privind designul suportilor, iar metoda lor de fabricație este cea cunoscută adică fiecare strat al secțiunii 2D a suportului este scanată cu laserul o singură dată cu aceiași parametri de proces. Această metodă de a fabrica suportii poate duce pe de-o parte la desprinderea lor de pe platforma de lucru în special a primelor straturi procesate. Pe de altă parte, topirea suportilor insuficientă la contactul suportilor cu piesa poate contribui la deformarea unor suprafețe în timpul fabricației SLM datorită tensiunilor interne ce există în reperi. Aceste probleme sunt cunoscute de inventatori din experiența și expertiza deținută în domeniul fabricației SLM. Totodată, numeroase lucrări științifice publicate în reviste de prestigiu de către diverse centre internaționale de cercetare descriu aceste probleme. Fenomenul tensiunilor reziduale ce apare în piesele fabricate prin SLM sau alte procedee similare este cauzat de ciclul rapid prin care se face topirea și răcirea unui strat scanat cu laserul. Aceste tensiuni ridicate pot fi diminuate prin fabricarea unor suportii adecvați care să mențină piesa până la finalizarea procesului SLM și în timpul post-procesării prin tratamente termice. Astfel, este nevoie de noi abordări privind metoda de fabricare a suportilor deoarece cea existentă poate conduce la fabricarea unor piese rebut.

Metoda cunoscută de fabricare SLM a suportilor este aceeași cu cea privind fabricația pieselor și este prezentată în brevetul cu nr. DE1996149865 – 1996 și presupune următorii pași:

- Transformarea modelului 3D în format 2D prin felierea suportilor și a piesei în straturi cu o grosime între 0,02 – 0,10 mm;
- Depunere unui strat orizontal de pulbere metalică având grosimea egală cu cea definită la pasul 1;
- Scanarea selectivă cu laser doar a secțiunii 2D (exemplu secțiunea 2D a suportului);
- Depunerea unui nou strat de pulbere și repetarea pasului 3;
- Repetarea pașilor 3 și 4 până la ultimul strat.

Totodată, mai este cunoscut și patentul cu nr. US20160121430A1 – 2014 care redă o metodă pentru producerea unei componente utilizând mai multe lasere dispuse unul lângă celălalt care scanează regiuni diferite ale unei secțiuni. Acest procedeu prezintă cum mai multe lasere pot scana stratul de pulbere, însă nu se fac precizări clare privind modul de configurare a parametrilor de proces sau dacă metoda permite scanarea multiplă a unei zone cu diferite lasere. Este cunoscută și metoda patentată cu nr. WO2017123107A1 – 2017 care

propune fabricarea pieselor prin tehnologii AM utilizând scanarea dublă cu laser a unui strat de pulbere. Metoda folosește 2 strategii de scanare distincte care sunt aplicate succesiv pe un strat. Din punct de vedere al materialelor utilizate de această metodă, inventatorii au limitat-o la metale amorfice. Totodată, metoda se restrânge la doar 2 scanări cu laserului a unui strat, inclusiv a straturilor care formează suportii ce ancorează piesele. Dezavantajul metodelor consacrate de realizare a suportilor specifici tehnologiei SLM este că nu permit scanare diferențiată a suportilor în funcție de complexitatea pieselor ce trebuie să le ancoreze în timpul fabricației SLM.

Din punct de vedere al formei suportilor, există câteva patente ale unor metode de proiectare și fabricație a suportilor necesari procesării pieselor prin AM. Astfel, este cunoscut procedeul prezentată în brevetul cu nr. CN107856311A – 2017 care propune utilizarea unor suporti formați dintr-un trunchi cu minim 2 ancore la contactul cu piesa, design similar unui „arbore”. Vârful unei ancore la contactul cu piesa fabricată prin AM are o suprafață de până la 4 ori mai mare comparativ cu grosimea unui strat. În același scop, mai este cunoscut și patentul cu nr. EP2910362A1 - 2014 care prezintă o metodă de fabricație AM a structurilor suport având o formă similară celei amintite anterior. Acești suporti stabilizează mecanic marginile exterioare ale piesei și prin diverse ancore fine la contactul cu piesa, disipează căldura în zone mai îndepărtate de reper. Este de asemenea cunoscută metoda prezentată în patentul cu nr. US9183325B2-2013 care propune fabricare suportilor care ancorează piesele complexe prin identificarea tuturor suprafețelor ce necesită structuri de sprijin și generarea unor suporti cu trunchi vertical și apex aproximativ perpendicular pe suprafața analizată. Dezavantajul acestor metode este că se referă doar la forma suportilor nu și la metoda de procesare tehnologică a lor, în principiu ei fiind realizați utilizând aceeași parametri de proces, neputând fi îmbunătățiți pentru zonele de contact.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de a oferi o metodă de fabricație a suportilor pentru a îmbunătăți adeziunea cu platforma de lucru respectiv cu piesa, și pentru a oferi o rezistență mecanică superioară, reducând astfel efectele tensiunilor reziduale din piesele fabricate prin SLM.

Metoda de realizare a suportilor utilizați în topire selectivă cu laser prin scanare diferențiată, conform invenției, presupune realizarea următorilor pași:

- se inițializează parametrii de proces SLM aferenți scanării zonei inferioare a suportilor;
- se depune primul strat de pulbere și se scanează cu laserul prima secțiune 2D a suportului;

- următoarele N_1 straturi ($N_1 = 10-20$ straturi) se depun și topesc succesiv într-un ciclu de scanare multiplă cu k_1 treceri ($k_1 = 2-4$ scanări / strat), având parametrii de proces specifici primei zone;
- se configurează parametri de proces pentru zona mediană a suportului, pentru topirea fiecărui strat cu o singură scanare, se depun și se scanează atâtea straturi până când se ajunge la ultimele N_2 straturi ale suportului;
- se reconfigurează parametri de proces pentru scanarea zonei superioare a suportului și se reia ciclul de scanare multiplă în k_2 treceri ($k_2 = 2-4$ scanări / strat), a unei secțiuni din stratul anterior depus, se scanează repetat de k_2 ori ultimele N_2 straturi ($N_2 = 10-20$ straturi) rămase până la finalizarea suportului și contactul cu piesa;
- se continuă fabricația piesei peste suportul realizat.

Algoritmul de aplicare a acestei metode se prezintă în figura 1. Pe baza formei suporturilor, a materialelor și în funcție de cerințele tehnico-funcționale ale piesei, se face configurarea inițială a parametrilor de proces SLM. În blocul de inițializare 1 se stabilesc numărul total de straturi N_T , numărul de straturi a zonei de început N_1 și numărul de straturi a zonei finale N_2 a suportului. N_T se obține ca raport între înălțimea suportului și grosimea straturilor. Suportul se va realiza diferențial, în trei zone diferite astfel: o zonă de început cu o scanare laser de k_1 treceri pe fiecare secțiune 2D a suportului, o zonă mediană cu o scanare ($k=1$) pe fiecare strat și o zonă terminală cu o scanare de k_2 treceri pe fiecare strat. În general, pentru zona de început și cea terminală se folosesc 2-4 treceri de scanare, iar pentru zona de mijloc, o singură trecere. În mod evident, în funcție de aplicație se pot alege valori adecvate ale parametrilor k_1 și k_2 . Aceste valori precum și cele ale numărului de straturi din zona de început sau de final (N_1 sau N_2 pot avea 10-20 de straturi) sunt stabilite de utilizatorul metodei, în funcție de complexitatea piesei ce trebuie susținută de suporti, precum și de materia primă utilizată.

În blocul 2 din figura 1 are loc o inițializare a numărului curent de straturi n ($n=0$) și a numărului de treceri pentru primul strat ($k = k_1$). După aceste inițializări, în blocul 3 are loc depunerea stratului de pulbere, iar în blocul 4, scanarea cu laser a stratului de k ori. Valoarea lui k este cea stabilită în blocul 2. După fiecare strat depus și scanat, are loc o contorizare 5 a numărului de straturi depuse. Blocul de decizie 6 are rolul de a menține procesul de scanare multiplă în k_1 treceri până când se depun primele N_1 straturi. După ce s-au depus primele N_1 straturi, se consideră prima parte a suportului finalizată și se va intra într-un nou regim de scanare, cu o singură scanare pe strat ($k=1$). Blocul decizional 7 are rolul parcurge zona mediană a suportului și astfel se scanează o singură dată fiecare strat până când se ajunge la

ultimele N_2 straturi, aferente ultimei părți a suportului. Blocul decizional 9 va repune sistemul în procesul de scanare multiplă prin inițializarea 10 a numărului de treceri la valoarea $k=k_2$. Acest proces se va menține până la finalizarea suportului 11.

Astfel, pe larg, pentru a optimiza fabricația suporturilor în funcție de complexitatea și gabaritul piesei ce urmează să o ancoreze, metoda pornește de la proiectarea sau modelarea suporturilor, felierea lor la o anumită grosime (între 0,02-0,1 mm) precum și alte operații specifice tehnologiei SLM, înglobate în pasul (1), din figura 1. Tot în această etapă este setat numărul de straturi ce sunt scanate multiplu în zona inferioară (N_1) și superioară a suportului (N_2), valori cuprinse în intervalul 10-20 de straturi, respectiv de câte ori se va repeta scanarea unei secțiuni din zona inferioară (k_1) sau superioară (k_2), valori cuprinse între 2-4 scanări cu laserul a unei secțiuni. Tot aici se configurează inițial parametri de proces aferenți scanării secțiunilor din zona inferioară a suportului. Principalii parametri de proces SLM care pot fi configurați sunt puterea laserului, viteza de scanarea a laserului, distanța dintre doi vectorii de scanare (dacă este cazul), strategia de scanare și grosimea stratului de pulbere. Toate aceste operații de pregătire a fabricației SLM sunt realizate la pasul (1). După setarea acestor parametri, în pasul (2) se inițializează numărul curent de straturi n ($n=0$) și numărul de treceri pentru primul strat ($k=k_1$). În pasul (3) se depune primul strat de pulbere pe platforma de lucru a echipamentului SLM, apoi se scanează de k_1 treceri prima secțiune 2D a suportului (vezi pasul 4, figura 1). Se incrementează n cu $n+1$, practic se face trecerea logică la următorul strat utilizând acest contor. Fiind în zona inferioară a suportului se intră în ciclul de scanare multiplă cu laserul a unui strat de k_1 treceri (vezi pasul 5 și 6, figura 1). Acest ciclu se repetă până când au fost scanate multiplu primele N_1 straturi (10-20 de straturi), după care se trece la zona mediană a suportului (vezi pasul 7, figura 1), unde se pot configura alți parametri de proces SLM, iar laserul scanează un strat o singură dată prin $k=1$ (pasul 8, figura 1). În această zona mediană a suportului se intră într-un ciclu normal unde se depune un strat de pulbere, care este scanat cu laserul o singură dată conform secțiunii 2D a suportului prin decizia de la pasul 7. Acest ciclu se repetă până când se ajunge la ultimele N_2 straturi ale suportului (pasul 9), moment în care se pot configura alți parametri de proces SLM și numărul de scanări pe un strat este de k_2 ori (vezi pasul 10, figura 1). Se reintră astfel în ciclul de scanare multiplă a unui strat de k_2 ori, se depun și se scanează multiplu ultimele straturi ale suportului (10-20 de straturi). Acest ciclu se repetă până la contactul cu piesa (pasul 11, figura 1), moment în care se continuă procesul SLM cu fabricația piesei peste acest suport.

Soluția detaliată în schema din figura 1 permite optimizarea fabricației suporturilor atât din punct de vedere al numărului de scanări cât și a parametrilor de proces SLM. Astfel, în

funcție de complexitatea și gabaritul piesei ce trebuie fabricate prin procesul SLM. metoda prezentată permite configurarea numărului de straturi ce vor fi scanate multiplu, respectiv a numărului de scanări cu laser executate pe un strat. În plus, această metodă poate fi utilizată și de alte procese similare cu cel SLM, procese ce utilizează pentru fabricația pieselor lasere și materii prime sub formă de pulbere (exemple: metale, ceramice, materiale compozite, etc.). Procesele similare cu fabricația SLM sunt DMLS, EBM, etc.

În figura 2 se prezintă un exemplu de aplicare a invenției pentru realizarea unui suport cilindric 13 care susține o piesă 14 fabricată prin SLM. Suportul 13 se fabrică direct pe platforma de lucru 15 a echipamentului SLM. Suportul 13 are o zonă inferioară 13a, de contact cu platforma de lucru 15, o zonă mediană 13b și o zonă superioară 13c, de contact cu piesa 14. Numărul total de straturi prin care se realizează suportul 13 este $N_T=37$.

Zona inferioară 13a a suportului se realizează din 10 straturi ($N_1=10$) care sunt scanate multiplu cu laserul, în trei treceri ($k_1=3$).

Zona mediană 13b a suportului se realizează din 17 straturi (adică $N_T-N_1-N_2$), iar scanarea se face o singură dată prin $k=1$.

Zona superioară 13c a suportului se realizează din 10 straturi ($N_2=10$) care sunt scanate multiplu cu laserul, în două treceri ($k_2=2$).

Metodele uzuale de proiectare, generare virtuală și fabricație prin SLM a suporturilor, utilizează programe soft adecvate, dar care nu prevăd/permit scanarea multiplă cu laser a primelor/ultimelor straturi depuse. Pentru a putea realiza această scanare repetată atât a primelor cât și a ultimelor 10-20 straturi, se poate trece pe comanda manuală a echipamentului SLM. Această comandă manuală constă în oprirea intenționată a sistemului, după fiecare scanare a unui strat și comanda manuală a repetării scanării aceluiași strat, încă o dată. Urmează depunerea următorului strat al suporturilor, după care se oprește manual și se comandă repetarea scanării aceluiași strat, procesul continuând analog, iar după depunerea primelor 10-20 straturi (în funcție de complexitatea și de gabaritul piesei respective), se continuă ciclul uzual de fabricație a straturilor intermediare ale suporturilor prin scanarea o singură dată a unui strat. Acest proces de scanare repetată se aplică și în cazul ultimelor 10-20 de straturi, ele ajungând să fie în contact cu piesa pe care o susțin.

În general, toți utilizatorii de echipamente SLM, folosesc o comandă automată a fabricației suporturilor care presupune depunerea și scanarea o singură dată a unui strat. Această comandă automată este gestionată și integrată în soft-uri specializate, disponibile comercial, fie de la furnizorii echipamentelor SLM, fie de la distribuitorii de soft-uri pentru fabricația aditivă 3D.

Exemplul ilustrat în figura 2 și fabricat prin metoda din aceste brevet conduce la o sudare mai bună a suportului pe platforma de lucru SLM, respectiv mai consistentă pe suprafața piesei. În prezent această scanare multiplă se comandă manual, de către autorii invenției, dar va putea fi ulterior integrată în softurile uzuale de generare/fabricare a suporturilor.

Această aplicației pentru brevet de invenție prezintă o metodă de fabricare a suporturilor prin repetarea scanării unor secțiuni, oferind totodată posibilitatea inginerilor de a optimiza parametri de proces în zone sensibile cum ar fi la contactul dintre suport și platforma de lucru (denumită și zona inferioară a suporturilor), respectiv contactul dintre suport și piesă (denumită și zona superioară a suporturilor). Astfel, atât zona inferioară cât și cea superioară a suporturilor vor avea o adeziune mai bună la aceste suprafețe și o rezistență mai ridicată, știindu-se faptul că scanare multiplă cu laser conduce la îmbunătățirea caracteristicilor fizico-mecanice (exemplu: reducerea porozității spre 0,2%).

Prin aplicarea invenției, se obțin următoarele avantaje:

- posibilitatea creșterii aderenței suporturilor la contactul cu platforma de lucru a echipamentului SLM și la contactul cu piesa;
- obținerea unor suporturi cu micro-structură diferită prin scanarea multiplă cu laser și cu diferiți parametri de proces în zona inferioară, mediană respectiv superioară;
- invenția utilizează o tehnologie aditivă existentă (SLM);
- metoda este accesibilă și se poate integra/aplica în sistemele SLM existente;
- utilizarea metodei pentru orice tip de material sub formă de pulbere;
- nu există nici o limită a complexității formei suportului, metoda de fabricare propusă poate fi aplicată pe orice model;
- îmbunătățirea caracteristicilor fizico-mecanice ale suporturilor prin scanarea multiplă cu laser a unei secțiuni dintr-un strat de pulbere;
- evitarea fisurilor și a altor defecte din zonele inferioare și superioare ale suporturilor prin scanarea multiplă cu laser a unei secțiuni dintr-un strat de pulbere;
- metoda propusă nu are impact negativ asupra mediului.

Legendă

2D –bidimensional;

AM – Additive Manufacturing (tehnologie de prelucrare prin adăugare de material);

DMLS - Direct Metal Laser Sintering (sinterizare directă cu laser a metalelor);

EBM - Electron Beam Melting (topira cu fascicul laser);

SLM – Selective Laser Melting (topire selectivă cu laser);

N_T - numărul total de straturi ale unui suport;

N₁ - numărul de straturi a zonei de început (10-20 de straturi);

N₂ - numărul de straturi a zonei finale a suportului (10-20 de straturi);

n – contor privind incrementarea straturilor depuse și scanate;

k₁ - numărul de scanări aferente zonei de început a suportului (2-4 treceri pe strat);

k₂ - numărul de scanări aferente zonei finale a suportului (2-4 treceri pe strat).

REVENDICĂRI

1. Metoda de realizare a suporturilor utilizați în topirea selectivă cu laser prin scanare diferențiată constând din faze de inițializare a parametrilor de proces aferenți scanării zonei inferioare a suporturilor, de depunere strat cu strat a materialului și de scanare cu laser a secțiunilor 2D ale suportului pentru consolidare, suportul (13) fiind împărțit în trei părți având o zonă inferioară (13a) de contact cu platforma de lucru (15), o zonă superioară (13c) pe care se fixează piesa (14) și o zonă mediană (13b), **caracterizată prin aceea că**, pentru evitarea tensiunilor interne și pentru obținerea unei calități superioare a piesei (14), scanarea suportului (13) se face diferențiat pe cele trei zone (13a, 13b, 13c), zona inferioară (13a) se consolidează printr-un proces de scanare multiplă în k_1 treceri pe un strat, zona superioară (13c) se consolidează prin scanare în k_2 treceri pe un strat, iar zona mediană (13b) se scanează cu laserul o singură dată pe fiecare strat depus de material.
2. Metoda de realizare a suporturilor utilizați în topire selectivă cu laser prin scanare diferențiată conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, într-un exemplu de aplicare zona inferioară (13a) se scanează în 3 treceri ($k_1=3$) pe un strat, zona mediană (13b) se scanează într-o singură trecere ($k=1$) pe un strat, iar zona finală (13c) se consolidează prin scanare în două treceri ($k_2=2$) pe un strat depus de material.
3. Metoda de realizare a suporturilor utilizați în topire selectivă cu laser prin scanare diferențiată conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, într-un exemplu de aplicare zona inferioară (13a) se scanează în 2 treceri ($k_1=2$) pe un strat, zona mediană (13b) se scanează într-o singură trecere ($k_2=1$) pe un strat, iar zona finală (13c) se consolidează prin scanare în două treceri ($k_3=2$) pe un strat depus de material.
4. Algoritm pentru implementarea într-un program specific echipamentului SLM a metodei de realizare a suporturilor utilizați în topire selectivă cu laser prin scanare diferențiată conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, este prevăzut cu un bloc (1) pentru configurarea inițială a parametrilor de proces SLM în care se stabilesc și numărul total de straturi N_T , numărul de straturi N_1 a zonei inferioare (13a), numărul de straturi N_2 a zonei superioare (13c) și numerele k_1 și k_2 reprezentând de câte ori se repetă scanarea în fiecare zonă, un bloc (2) de inițializare a numărului n de straturi, două blocuri operaționale pentru depunerea de material (3) și pentru scanare cu laser (4), un contor (5) de indexare a

numărului de straturi depuse și trei blocuri decizionale (6), (7), (9), cu rol de inițializa numărul de scanări la valorile aferente zonei de lucru k_1 (2), k_2 (10) și $k=1$ (8) .

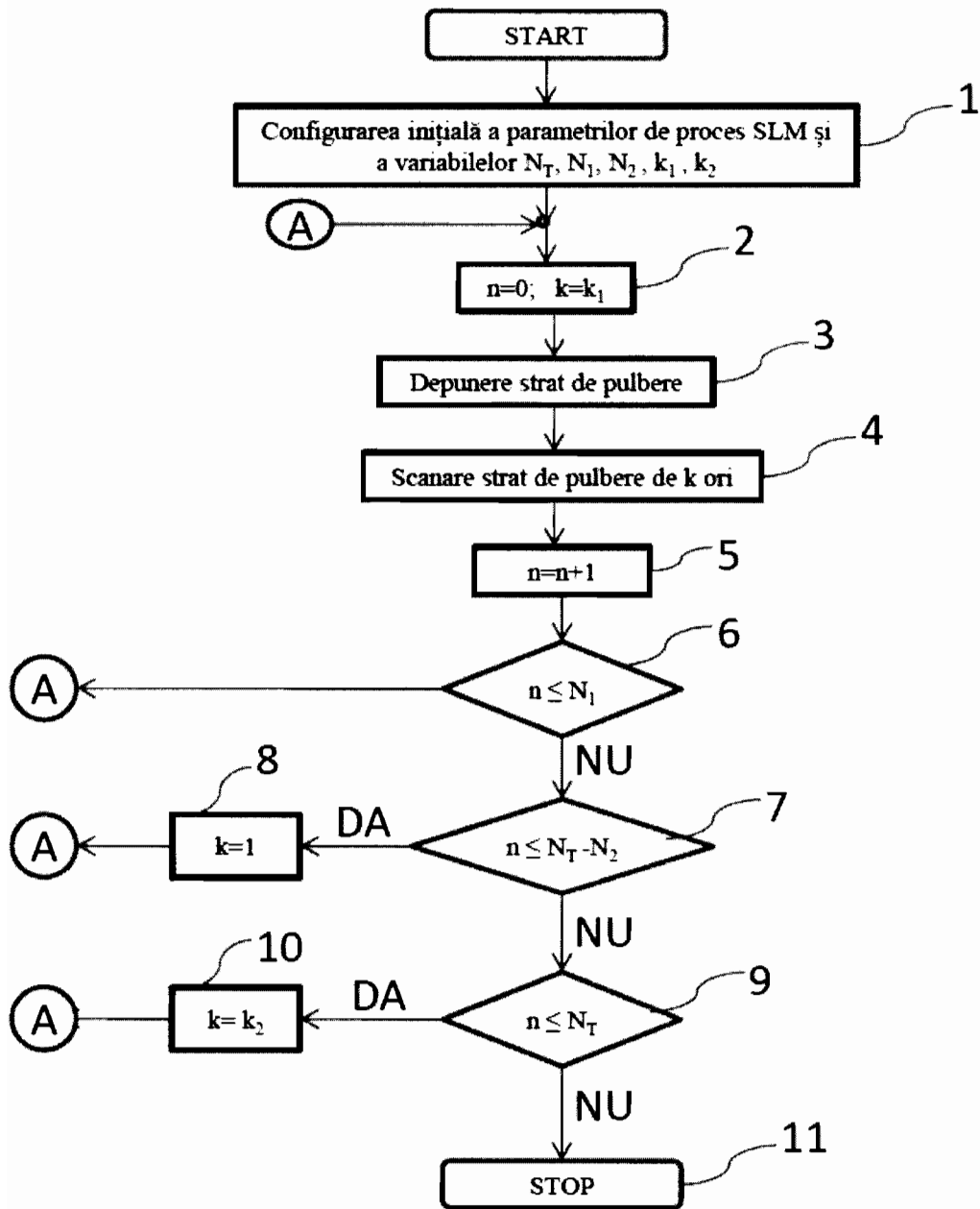


Figura 1

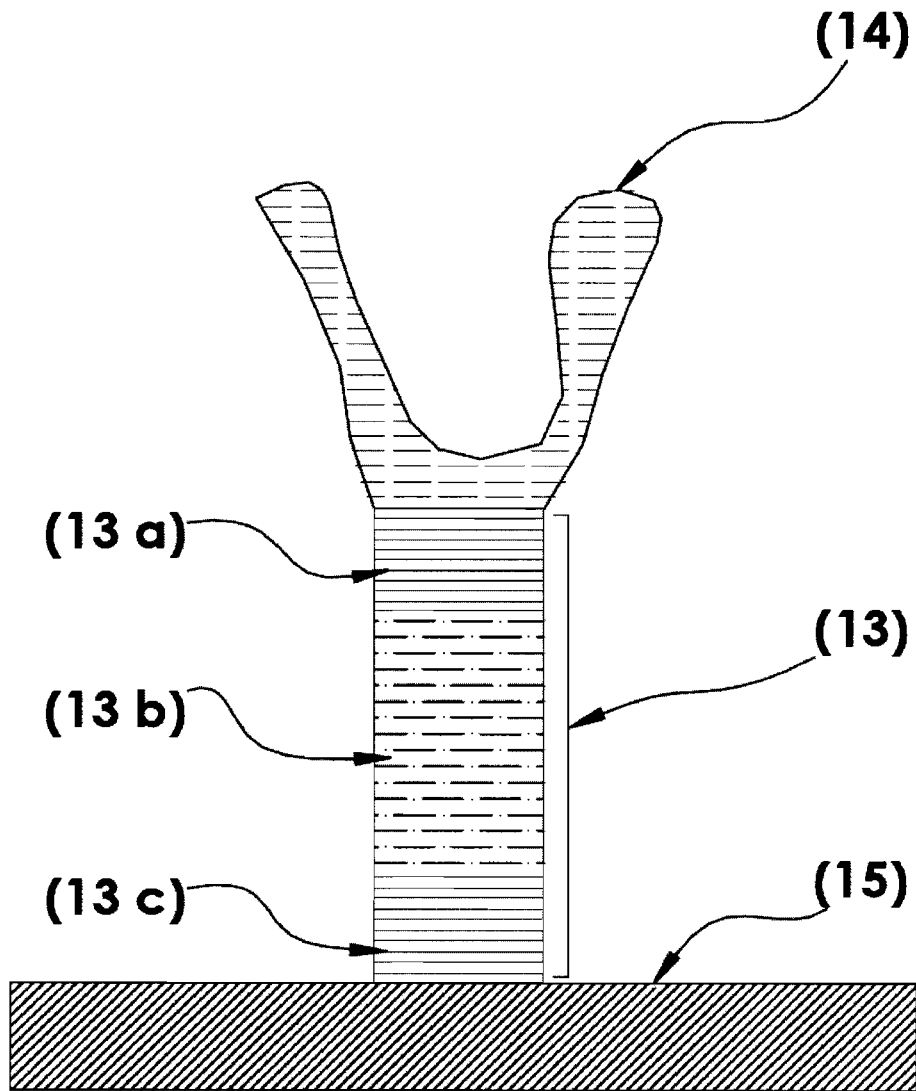


Figura 2