



(11) **RO 130409 B1**

(51) **Int.Cl.**

B22F 3/10 (2006.01),
B22F 3/105 (2006.01),
B23K 20/10 (2006.01),
B29C 67/00 (2006.01),
B33Y 10/00 (2015.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00736**

(22) Data de depozit: **11/10/2013**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/04/2019** BOPI nr. **4/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/07/2015 BOPI nr. **7/2015**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE,
STR.EROU IANCU NICOLAE NR.126 A,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:

• **MOAGĂR POLADIAN GABRIEL,
ALEEA FUIORULUI NR. 6, BL. Y3A, SC. 1,
ET. 6, AP. 27, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

**US 6450393 B1; US 5015312;
US 6215093 B1**

(54) **PROCEDEU DE MANUFACTURARE RAPIDĂ FOLOSIND
FASCICUL FOCALIZAT DE ULTRASUNETE**



1 Invenția se referă la un procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultrasunete.

3 Este cunoscut un procedeu de manufacturare rapidă folosind radiația laser, care constă în realizarea obiectului strat cu strat prin topirea locală a materialului aflat sub formă
5 de pulbere, topire produsă de către fasciculul laser. Acest procedeu se mai numește sinterizare/topoire selectivă laser în cazul polimerilor, respectiv sinterizare laser directă a
7 metalului în cazul metalelor. Fotopolimerizarea se poate desfășura ca un proces de fotopolimerizare fie cu un singur foton, fie cu doi fotoni. Brevetul **US 6450393 B1** descrie o
9 metodă de fabricație a pieselor tridimensionale, utilizând foi de material planar, sudate selectiv una peste cealaltă prin utilizarea ultrasunetelor.

11 De asemenea, este cunoscut un procedeu de manufacturare rapidă care constă în realizarea obiectului strat cu strat prin fotopolimerizarea locală, cu ajutorul unui fascicul
13 luminos, a unui material, fotopolimerizare care se poate face cu absorbție de un foton sau absorbție de doi fotoni.

15 Dezavantajele procedurii cu sinterizare laser sunt:

17 - pentru fiecare clasă de materiale în parte, și anume polimeri, metale, ceramică, trebuie folosit un laser adecvat ca putere și lungime de undă;

19 - procesul de construcție este lent, deoarece trebuie depus fiecare strat, realizată sinterizarea laser și apoi continuat cu depunerea unui nou strat, procesul repetându-se până când obiectul dorit este realizat. În cazul polimerilor, fiecare strat trebuie pre-încălzit până
21 aproape de temperatura de topire, proces care consumă timp;

23 - la ora actuală, nu se poate lucra decât cu un singur tip de material o dată, acesta putând fi simplu sau compozit;

25 - în cazul sinterizării laser a metalelor, este necesară realizarea de structuri suport care să împiedice deformarea piesei în timpul realizării, ca urmare a existenței gradientului termic.

27 Dezavantajele procedurii cu fotopolimerizare sunt:

29 - gama de materiale este destul de limitată, mai ales în cazul utilizării fotopolimerizării cu absorbție de doi fotoni;

31 - nu se lucrează decât cu un singur material o dată.

33 Problema pe care o rezolvă invenția constă în faptul că permite manufacturarea rapidă a unor piese cu geometrii complexe, dintr-o gamă largă de materiale, fără a fi necesară schimbarea echipamentului de lucru și fără a necesita structuri suport.

35 Soluția propusă, conform invenției, elimină dezavantajele de mai sus prin faptul că, folosind un fascicul focalizat de ultrasunete, produce sudura locală a grăunților de pulbere și poate lucra în toată masa pulberii fără a mai fi necesară depunerea strat cu strat, în acest
37 fel crescând viteza de construcție. În plus, sistemul de lucru se poate aplica pentru o gamă largă de materiale cum ar fi metale, ceramice, polimeri, cu condiția ca acestea să fie sudabile cu ultrasunete, iar în anumite situații, poate lucra cu mai multe materiale o dată.

39 Avantajele procedurii de manufacturare rapidă folosind fascicul de ultrasunete sunt:

41 - oferă un proces mai rapid de construcție 3D, nefiind necesară depunerea strat cu strat și eventuala pre-încălzire a fiecărui strat;

43 - se poate aplica unei game largi de materiale, fără a fi necesară modificarea în vreun fel a echipamentului de lucru;

45 - asigură o densitate a piesei realizate apropiată de cea a materialului de bază, datorită presării din timpul procesului de construcție;

47 - nu necesită realizarea de structuri suport, obiectul fiind încastrat în pulberea presată;

49 - în anumite condiții, permite realizarea de obiecte de tip multimaterial.

Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figura, care reprezintă:	1
- figura: schița ansamblului utilizat pentru manufacturarea aditivă folosind ultrasunete focalizate.	3
Procedeeul, conform invenției, constă în sudura locală a grăunților de pulbere prin focalizarea undelor ultrasonore într-un focar și baleierea acestui focar în masa de pulbere, focar în care are loc cel puțin unul dintre procesele de topire locală, topire locală prin frecare urmată de umplerea golurilor, înlăturarea asperităților grăunților, inter-difuzie locală între grăunții de pulbere, precum și alte fenomene care au loc la interfața dintre materiale atunci când sunt supuse unui câmp ultrasonor, și conține următoarele etape:	5
- etapa 1: umplerea unei cuve 1 cu pulberea materialului 2 din care se dorește a fi realizat obiectul;	11
- etapa 2: degazarea și eventuala uscare a pulberii respective. Acest pas se poate realiza în vid ușor, presiunea fiind cuprinsă între 10^{-12} Torr și 0,1 Torr. Tot în această etapă, cuva 1 conținând pulberea 2 poate fi vibrată un anumit interval de timp, în vederea așezării mai compacte a pulberii, frecvența de vibrație a pulberii fiind cuprinsă între 2 Hz și 2 MHz, iar amplitudinea de vibrație fiind cuprinsă între 10 nm și 1 mm;	13
- etapa 3: aplicarea unui capac 3 deasupra pulberii 2 și presarea acesteia pe toată durata procesului de construcție cu o forță suficient de mare, dependentă de tipul de material folosit și de proprietățile acestuia. Cuva 1 conținând pulberea 2 mai poate fi vibrată un anumit interval de timp și în cadrul acestei etape, cu capacul 3 se presează pulberea 2, parametrii de vibrație fiind similari cu cei de la etapa 2;	15
- etapa 4: deasupra capacului 3 se toarnă un lichid 4 care are rolul de a crea o adaptare de impedanță acustică între sursa 5, respectiv optica 6 de focalizare a ultrasunetelor, și capacul 3, astfel încât să se asigure un transfer optim de putere;	17
- etapa 5: dacă este necesar, pulberea 2 poate fi încălzită până la o anumită temperatură pe durata procesului de construcție, dar fără a evapora sau fierbe lichidul 4;	19
- etapa 6: se pornește sursa 5 de ultrasunete și se coboară optica 6 de focalizare astfel încât spotul de focalizare să se afle la baza cuvei 1 în material 2;	21
- etapa 7: se scanează la înălțime constantă stratul respectiv de pulbere 2, realizându-se sudura locală cu ultrasunete a materialului. Puterea sursei 5 de ultrasunete poate fi variată, fiind maximă acolo unde se dorește sudura locală a particulelor de pulbere 2;	23
- etapa 8: spotul de ultrasunete focalizate este mișcat pe verticală, de jos în sus, pe o anumită distanță determinată de rezoluția spațială a spotului de ultrasunete - mai precis, de dimensiunea spotului focal și de puterea ultrasonoră a sursei 5 - cu ajutorul opticii 6 de focalizare, astfel încât să se realizeze întregul obiect 7 3D, prin repetarea etapei 7. De asemenea, atunci când geometria obiectului 7 o permite, etapele 7 și 8 pot fi contopite într-una singură. În plus, atunci când se dorește o rezoluție spațială cât mai bună, se lucrează cu o optică 6 acustică cu focală redusă/apertură numerică mare, focala putând fi mai mică decât înălțimea totală a obiectului 7 care se dorește a fi construit. În acest caz, în cadrul etapei 1, cuva 1 se umple pe o înălțime egală cu cel mult focala opticii 6 acustice, după care se trece la etapa 2. Obiectul 7 se construiește apoi conform etapelor 3...8, după care se repetă etapele 1...8 până când obiectul 7 este realizat în totalitate. Tot pe parcursul etapei 8 poate fi folosită imagistica ultrasonoră cu ultrasunete de altă frecvență decât cea folosită pentru construcție, în scopul urmăririi în timp real a procesului de construcție 3D și a identificării eventualelor erori de construcție. Imagistica ultrasonoră se poate realiza cu un sistem de tip ecograf amplasat în lateralul cuvei 1, fasciculul ultrasonor folosit pentru imagistică propagându-se de exemplu la un unghi de 90° față de fasciculul ultrasonor folosit la construcția 3D a obiectului 7;	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47
	49

RO 130409 B1

1 - etapa 9: după ce obiectul 7 a fost realizat, se lasă să se răcească lent, dacă acesta
a fost încălzit în etapa 5;

3 - etapa 10: se scoate lichidul 4 de deasupra capacului 3. Dacă lichidul 4 este solid
la temperatura ambiantă, se lasă să se răcească, după care solidul rezultat se îndepărtează,
5 dacă este necesar, de pe capacul 3;

- etapa 11: se scoate capacul 3;

7 - etapa 12: se scot obiectul 7 și pulberea 2 din cuva 1, obiectul 7 fiind curățat de
eventuala pulbere rămasă pe el. Această curățare se poate realiza prin metode în sine
9 cunoscute, de exemplu - dar fără a restrânge generalitatea - suflarea cu pulbere sau
sablarea.

11 Capacul 3 este apăsător pe toată durata procesului de construcție a obiectului 7.
Capacul 3 are suprafața de contact cu lichidul 4 microstructurată, astfel încât să se realizeze
13 o adaptare acustică mai bună între lichidul 4 și capacul 3, dar, totodată, dimensiunea
caracteristică microstructurării fiind mult mai mică decât lungimea de undă a ultrasunetelor
15 folosite.

Dimensiunea grăunților de pulbere 2 este cuprinsă între 2 nm și 1 mm, grăunții
17 putând avea toți aceeași dimensiune sau putând avea o distribuție oarecare după
dimensiuni, de exemplu - dar fără a restrânge generalitatea - o distribuție gaussiană.

19 De asemenea, cuva 1 are pereți care nu reflectă ultrasunetele, pentru a preveni
aparitia de unde ultrasonore staționare în interiorul pulberii 2 pe durata de construire a
21 obiectului 7.

Parametrii de lucru, care pot fi variați în funcție de materialul 2 utilizat și de
23 proprietățile acestuia, sunt frecvența ultrasunetelor, puterea ultrasunetelor, dimensiunea
spotului ultrasonor focalizat - dependent de lungimea de undă a ultrasunetelor în materialul
25 2 și de caracteristicile opticii 7 de focalizare, viteza de baleiere orizontală, respectiv verticală,
a spotului ultrasonor focalizat și, respectiv, modul de funcționare al sursei 5 de ultrasunete,
27 adică în undă continuă, cu modulare de intensitate sau în impulsuri. De asemenea, un alt
parametru de lucru este forța de apăsare a capacului 3 pe pulbere 2. Pentru aplicarea
29 acestei forțe se pot folosi procedee în sine cunoscute, forța fiind aplicată preferabil direct
capacului 3 sau, în altă variantă, prin intermediul lichidului 4.

31 Baleierea spotului ultrasonor se poate face fie folosind elemente acordabile/adaptive
de optică acustică în cadrul sistemului optic 6 ultrasonor și, respectiv, sisteme de baleiere
33 X-Y ale fasciculului ultrasonor, fie prin mișcarea X-Y-Z a sistemului optic 6 ultrasonor cu
ajutorul unor elemente de translație în sine cunoscute. În acest ultim caz, mișcarea
35 sistemului 6 de optică acustică prin lichidul 4 trebuie să se facă fără a afecta proprietățile
acustice ale acestui lichid 4. De asemenea, se pot folosi mai multe surse 5 ultrasonore, între
37 care există o relație de fază bine determinată în combinație cu o singură optică 6 ultrasonoră
adaptivă. Variind diferența de fază dintre diferitele surse 5 și, respectiv, variind distanța
39 focală a opticii 6 acustice, se poate obține o baleiere după cele trei direcții spațiale. Fiecare
dintre sursele 5 ultra-acustice pot avea propria optică 6 ultrasonoră sau pot avea același
41 sistem 6 optic ultrasonor.

Într-o altă variantă, se pot folosi un număr de N surse 5 ultrasonore independente,
43 fiecare având propria optică 6 acustică și corelate între ele astfel încât, împreună, cele N
spoturi focale de ultrasunete să construiască obiectul 7 în paralel, folosind unul dintre
45 procedeele de baleiere menționate în paragraful anterior.

Frecvența ultrasunetelor poate avea valori cuprinse între 25 kHz și 10 GHz, puterea	1
ultrasunetelor poate avea valori cuprinse între 1 nW și 100 kW, dimensiunea spotului	
ultrasonor poate fi între 1 μ m și 1 mm, viteza de baleiere orizontală poate avea valori	3
cuprinse între 1 μ m/s și 100 m/s, viteza de baleiere verticală poate avea valori cuprinse între	
1 μ /s și 1 m/s, iar forța de apăsare poate fi cuprinsă între 10 N și 100 MN. Valoarea forței de	5
apăsare poate varia în timpul procesului de construcție a obiectului 7, dacă este necesar.	
Capacul 3, pulberea 2 și lichidul 4 trebuie să aibă viteze ale sunetului de valori	7
apropiate, astfel încât să nu apară, la interfețele de separare dintre ele, schimbarea tipului	
de unde ultrasonore, ci să se propage numai un singur tip de unde ultrasonore - numai	9
longitudinale sau numai transversale. Existența a două tipuri de unde ultrasonore implică	
apariția a două focare, din moment ce undele longitudinale și cele transversale au viteze de	11
propagare diferite.	
Până acum am considerat cazul în care pulberea 2 este formată dintr-un singur	13
material, turnat în cuvă 1. În anumite situații, cuva se poate umple cu mai multe materiale	
2, amplasate după modul în care este necesar pentru realizarea obiectului 7. Aceste	15
materiale 2 diferite trebuie să aibă câteva caracteristici, dintre care menționăm: fiecare dintre	
ele să poată fi sudate cu ultrasunete, să fie sudabile între ele, să aibă proprietăți acustice -	17
viteza sunetului - asemănătoare pentru a evita reflexiile și interferența undelor ultrasonore	
la interfața dintre ele, precum și să necesite puteri ultrasonore de sudare care să fie	19
apropiate ca ordin de mărime.	
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției. Astfel, cuva 1 este realizată	21
din oțel și are pereții microstructurați, iar pe exterior are un material absorbant de	
ultrasunete. În interior se introduce pulbere de aluminiu cu grăunți de dimensiuni micronice	23
și se umple cuva 1 până la vârf. Peste pulberea 2 de aluminiu se pune capacul 3 din oțel.	
Suprafața de deasupra, aflată în contact cu lichidul 4 care este apă, este microstructurată,	25
având niște piramide cu latura de 10 μ m și înălțimea de 10 μ m. Pe capacul 3 se aplică o	
forță de 100 kN. Sursa 5 de ultrasunete emite ultrasunete cu frecvența de 500 MHz, la o	27
putere de 100 W, în impulsuri cu durată de 1 μ s și cu frecvența de repetiție de 100 kHz.	
Sistemul 6 optic ultrasonor focalizează ultrasunetele într-un spot cu mărimea de 10 μ m.	29
Viteza de baleiere pe orizontală este de 10 cm/s. Viteza de baleiere pe verticală este de	
1 mm/s.	31

Revendicări

1. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultrasunete conform invenției, **caracterizat prin aceea că** respectivul procedeu constă în sudura locală a grăunților de pulbere prin focalizarea undelor ultrasonore într-un focar și baleierea acestui focar în masa de pulbere, astfel încât să se realizeze obiectul (7) în 3D, focar în care are loc cel puțin unul dintre procesele de topire locală, topire locală prin frecare urmată de umplerea golurilor, înlăturarea asperităților grăunților, inter-difuzie locală între grăunții de pulbere, precum și alte fenomene care au loc la interfața dintre materiale atunci când sunt supuse unui câmp ultrasonor, și conține următoarele etape:

- etapa 1: umplerea unei cuve (1) cu pulberea materialului (2) din care se dorește a fi realizat obiectul;

- etapa 2: degazarea și eventuala uscare a pulberii (2) respective; acest pas se poate realiza în vid, presiunea fiind cuprinsă între 10^{-12} Torr și 0,1 Torr; tot în această etapă, cuva (1) conținând pulbere (2) poate fi vibrată un anumit interval de timp, în vederea așezării compacte a pulberii, frecvența de vibrație a pulberii fiind cuprinsă între 2 Hz și 2 MHz, iar amplitudinea de vibrație fiind cuprinsă între 10 nm și 1 mm;

- etapa 3: aplicarea unui capac (3) deasupra pulberii (2) și presarea acesteia pe toată durata procesului de construcție cu o forță suficient de mare, dependentă de tipul de material folosit și de proprietățile acestuia; unde cuva (1) conținând pulberea (2) mai poate fi vibrată un anumit interval de timp și în cadrul acestei etape, unde capacul (3) presează pulberea (2), parametrii de vibrație fiind similari ca interval de valori din etapa 2;

- etapa 4: deasupra capacului (3) se toarnă un lichid (4) care are rolul de a crea o adaptare de impedanță acustică între sursă (5), respectiv optica (6) de focalizare a ultrasunetelor, și capac (3), astfel încât să se asigure un transfer optim de putere;

- etapa 5: pulberea (2) poate fi încălzită până la o anumită temperatură pe durata procesului de construcție, dar fără a evapora sau fierbe lichidul (4);

- etapa 6: se pornește sursa (5) de ultrasunete și se coboară optica (6) de focalizare astfel încât spotul de focalizare să se afle la baza cuvei (1) în material (2);

- etapa 7: se scanează la înălțime constantă stratul respectiv de pulbere (2), realizându-se sudura locală cu ultrasunete a materialului (2); puterea sursei (5) de ultrasunete poate fi variată pe durata procesului de construcție 3D a obiectului (7), variația acesteia ducând la variația dimensiunii spotului în care are loc sudura ultrasonoră;

- etapa 8: spotul de ultrasunete focalizate este mișcat pe verticală, de jos în sus, pe o anumită distanță determinată de rezoluția spațială a spotului de ultrasunete - mai precis, de dimensiunea spotului focal în care are loc sudarea, respectiv de puterea ultrasonoră a sursei (5) - cu ajutorul opticii (6) de focalizare, astfel încât să se realizeze întregul obiect (7) 3D, prin repetarea etapei 7; de asemenea, atunci când geometria obiectului (7) o permite, etapele 7 și 8 pot fi contopite într-una singură; în plus, atunci când se dorește o rezoluție spațială cât mai bună, se lucrează cu o optică (6) acustică cu focală redusă/apertură numerică mare, focala putând fi mai mică decât înălțimea totală a obiectului (7) care se dorește a fi construit; în acest caz, în cadrul etapei 1, cuva (1) se umple pe o înălțime egală cu cel mult focala opticii (6) acustice, după care se trece la etapa 2; obiectul (7) se construiește apoi conform etapelor 3...8, după care se repetă etapele 1...8 de un anumit număr de ori, până când obiectul (7) este realizat în totalitate; tot pe parcursul etapei 8 poate fi folosită imagistica ultrasonoră cu ultrasunete de altă frecvență decât cea folosită pentru construcție, în scopul urmăririi în timp real a procesului de construcție 3D și a identificării eventualelor erori de construcție; imagistica ultrasonoră se poate realiza cu un sistem (8) de tip ecograf amplasat în lateralul cuvei (1), fasciculul ultrasonor folosit pentru imagistică propagându-se, de exemplu, la un unghi de 90° față de direcția de propagare a fasciculului ultrasonor folosit la construcția 3D a obiectului (7);

- etapa 9: după ce obiectul (7) a fost realizat, se lasă să se răcească lent, dacă acesta a fost încălzit în etapa 5;	1
- etapa 10: se scoate lichidul (4) de deasupra capacului (3); dacă lichidul (4) este solid la temperatura ambiantă, se lasă să se răcească, după care solidul rezultat se îndepărtează, dacă este necesar, de pe capac (3);	3 5
- etapa 11: se scoate capacul (3);	
- etapa 12: se scot obiectul (7) și pulberea (2) din cuva (1), obiectul (7) fiind curățat de eventuala pulbere rămasă pe el; această curățare se poate realiza prin metode în sine cunoscute cum ar fi, de pildă - dar fără a restrânge generalitatea - suflarea cu gaz sub presiune, suflarea cu gaz sub presiune în amestec cu pulbere, suflarea cu lichid sub presiune sau sablarea.	7 9 11
2. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultrasunete conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că respectiva cuvă (1) are pereți care nu reflectă ultrasunetele, pentru a preveni apariția de unde ultrasonore staționare în interiorul pulberii (2) pe durata de construire a obiectului (7).	13 15
3. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultrasunete conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că respectivul capac (3) are suprafața microstructurată, fiind în contact cu lichidul (4), astfel încât să se realizeze o adaptare acustică mai bună între lichid (4) și capac (3), dar, totodată, dimensiunea caracteristică microstructurării fiind mult mai mică decât lungimea de undă a ultrasunetelor folosite.	17 19 21
4. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultrasunete conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că lichidul (4) poate fi lichid la temperatura ambiantă sau, într-un alt caz, poate fi solid, iar solidul respectiv va trebui topit prin procedee în sine cunoscute înainte de a trece la etapa 5.	23 25
5. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultrasunete conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că baleierea spotului ultrasonor se poate face fie folosind elemente acordabile/adaptive de optică acustică în cadrul sistemului optic (6) ultrasonor și, respectiv, sisteme de baleiere X-Y ale fasciculului ultrasonor, fie prin mișcarea X-Y-Z a ansamblului format din sursa (5) și sistemul optic (6) ultrasonor cu ajutorul unor elemente de translație în sine cunoscute - în acest ultim caz, mișcarea ansamblului format din sursa (5) și sistemul (6) de optică acustică prin lichid (4) trebuind să se facă fără a afecta proprietățile acustice ale acestui lichid (4), ori se pot folosi mai multe surse (5) ultrasonore, între care există o relație de fază bine determinată în combinație cu o singură optică (6) ultrasonoră adaptivă la care, variind diferența de fază dintre diferitele surse (5) și, respectiv, variind distanța focală a opticii (6) acustice, se poate obține o baleiere după cele trei direcții spațiale.	27 29 31 33 35 37
6. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultrasunete conform revendicărilor 1 și 5, caracterizat prin aceea că procesul de construcție 3D a obiectului (7) se poate face în paralel de către mai multe spoturi focale ultrasonore, în acest caz folosindu-se un număr de cel puțin două surse (5) ultrasonore independente, fiecare având propria optică (6) acustică și corelate între ele astfel încât, împreună, aceste spoturi focale de ultrasunete să construiască obiectul (7) în paralel, folosind unul dintre procedeele de baleiere menționate în revendicarea 5.	39 41 43
7. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultrasunete conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că parametrii de lucru care pot fi variați, în funcție de materialul (2) utilizat și de proprietățile acestuia, sunt frecvența ultrasunetelor, puterea ultrasunetelor, dimensiunea spotului ultrasonor focalizat - dependent de lungimea de undă a ultrasunetelor în material (2) și de caracteristicile opticii (6) de focalizare, viteza de baleiere orizontală, respectiv verticală, a spotului ultrasonor focalizat și,	45 47 49

1 respectiv, modul de funcționare al sursei (5) de ultrasunete, adică în undă continuă, cu
modulare de intensitate sau în impulsuri, un alt parametru de lucru fiind forța de apăsare a
3 capacului (3) pe pulbere (2), pentru aplicarea acestei forțe folosindu-se procedee în sine
cunoscute, forța fiind aplicată preferabil direct capacului (3) sau, în altă variantă, prin
5 intermediul lichidului (4), perpendicular pe suprafața stratului de pulbere (2).

8. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultra-
7 sunete conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** frecvența ultrasunetelor poate
avea valori cuprinse între 25 kHz și 10 GHz, puterea ultrasunetelor poate avea valori cu-
9 prinse între 1 nW și 100 kW, iar dimensiunea spotului ultrasonor poate fi între 1 μm și 1 mm.

9. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de
11 ultrasunete conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** viteza de baleiere orizontală
poate avea valori cuprinse între 1 μm/s și 100 m/s, viteza de baleiere verticală poate avea
13 valori cuprinse între 1 μm/s și 1 m/s.

10. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de
15 ultrasunete conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** forța de apăsare poate fi
cuprinsă între 10 N și 100 MN, valoarea forței de apăsare putând varia în timpul procesului
17 de construcție a obiectului (7), dacă este necesar.

11. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de
19 ultrasunete conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** se pot folosi ca material (2)
pulberi metalice, pulberi ceramice, pulberi de polimeri, grăunții acestor materiale (2) de tip
21 pulberi putând fi simpli din punct de vedere al compoziției, de tip compozit, de tip amestec
sau de tip aliaj de cel puțin două substanțe, condiția fiind ca materialul (2) considerat să
23 poată fi sudat cu ultrasunete, dimensiunea grăunților de pulbere (2) fiind cuprinsă între 2 nm
și 1 mm, grăunții putând avea toți aceeași dimensiune sau putând avea o distribuție oarecare
25 după dimensiuni, de exemplu - dar fără a restrânge generalitatea - o distribuție gaussiană.

12. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de
27 ultrasunete conform revendicărilor 1 și 11, **caracterizat prin aceea că** poate folosi în timpul
procesului de construcție 3D a obiectului (7) cel puțin două dintre materialele (2) menționate
29 în revendicarea 11, materiale (2) amplasate în cuvă (1), prin procedee în sine cunoscute,
după modul în care este necesar pentru realizarea obiectului (7), condițiile fiind ca acestea
31 să fie sudabile între ele, să aibă proprietăți acustice - în special viteza sunetului asemănă-
toare, precum și să necesite puteri ultrasonore de sudare care să fie apropiate ca ordin de
33 mărime.

13. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de
35 ultrasunete conform revendicărilor 1, 11 și 12, **caracterizat prin aceea că** materialul (2)
poate fi de tip monocristalin, policristalin, amorf sau vitros.

14. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultra-
37 sunete conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** permite urmărirea în timp real a
construcției obiectului (7) prin imagistică ultrasonoră, în scopul identificării eventualelor erori
39 de construcție, imagistica ultrasonoră realizându-se cu un sistem (8) de tip ecograf în sine
cunoscut amplasat în lateralul cuvei (1), fasciculul ultrasonor emis de către sistemul (8)
41 folosit pentru imagistică propagându-se de exemplu la un unghi de 90° față de fasciculul
43 ultrasonor folosit la construcția 3D a obiectului (7) și având o altă frecvență decât acesta din
urmă.

15. Procedeu de manufacturare rapidă care folosește un fascicul focalizat de ultra-
45 sunete conform revendicărilor 1, 3, 4, 11 și 12 **caracterizat prin aceea că**, într-una dintre
47 variante, capacul (3), pulberea (2) și lichidul (4) trebuie să aibă viteze ale sunetului de valori
apropiate, astfel încât să nu apară, la interfețele de separare dintre ele, schimbarea tipului
49 de unde ultrasonore, ci să se propage numai un singur tip de unde ultrasonore, ori numai
longitudinale, ori numai transversale.

(51) Int.Cl.

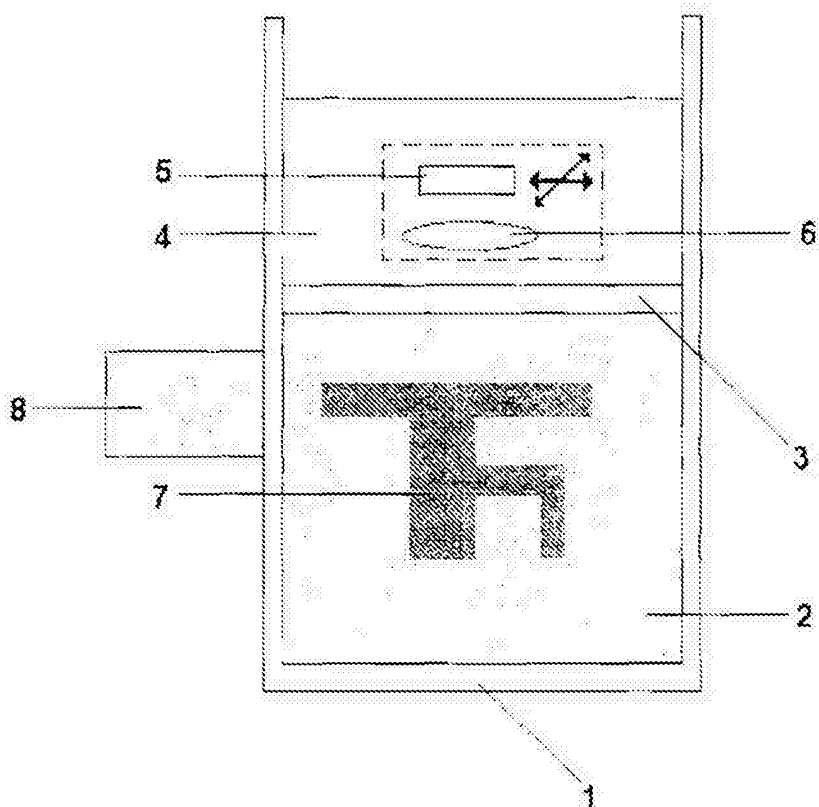
B22F 3/10 (2006.01),

B22F 3/105 (2006.01),

B23K 20/10 (2006.01),

B29C 67/00 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 146/2019