



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2017 00489**

(22) Data de depozit: **19/07/2017**

(41) Data publicării cererii:
29/12/2017 BOPI nr. **12/2017**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **AMZA CĂTĂLIN GHEORGHE,
STR. PICTOR MIREA G. DEMETRESCU
NR. 14, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **ZAPCIU AURELIAN,
STR.DRUMUL TABEREI NR.15, BL.A1,
SC.1, AP.10, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **POPESCU DIANA, STR. CIACOVA NR. 1,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **DISPOZITIV DE EXTRUDARE A MATERIALELOR
MALEABILE PENTRU IMPRIMAREA 3D**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv de extrudare pentru materiale maleabile de tip plastilină, gel, silicon, ghips, lut sau altele asemenea, care se poate atașa unei mașini de imprimare 3D în coordonate carteziane sau de alt tip. Dispozitivul conform invenției este constituit dintr-un cap (B) de imprimare ce poate integra, alături de extruderul (B1) destinat extrudării printr-o duză a materialului maleabil, și un extruder (B2) destinat extrudării printr-o altă duză a materialului termoplastic, un cilindru (C) hidraulic montat deasupra capului (B) de imprimare care se deplasează împreună cu acesta pe direcțiile x și y, o pompă (D) hidraulică ce este montată pe partea fixă a imprimantei 3D, și este acționată de un motor (E) electric liniar, cilindrul (C) hidraulic și pompa (D) hidraulică fiind conectate între ele printr-un furtun (F) prin care circulă fluidul hidraulic; pistonul cilindrului (C) hidraulic este fixat de rezervorul (G) în care se află materialul maleabil, iar sub acțiunea motorului (E) electric liniar, pistonul pompei (D) hidraulice este împins în direcția +z, ceea ce conduce la deplasarea pistonului cilindrului (C) hidraulic în direcție inversă -z datorită fluidului hidraulic incompresibil care circulă printr-un furtun (F), determinând astfel extrudarea materialului maleabil aflat în rezervor (G) printr-o duză conectată la un rezervor printr-un conector de tip luer.

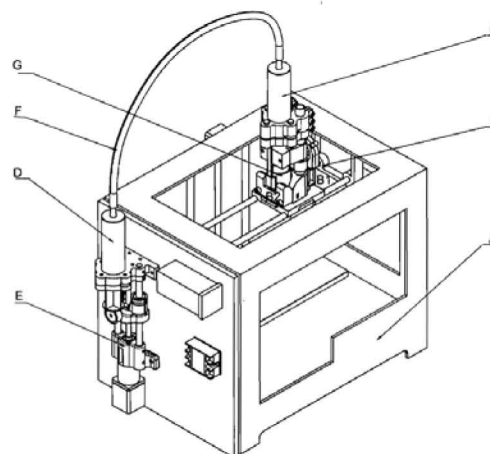


Fig. 1

Revendicări: 3
Figuri: 2

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).



Dispozitiv de extrudare a materialelor maleabile pentru imprimarea 3D

Invenția se referă la un dispozitiv de extrudare a materialelor maleabile care poate fi utilizat în imprimarea 3D.

Imprimarea 3D cunoscută și sub denumirea de printare 3D reprezintă o tehnologie de fabricație în care obiectele sunt obținute prin suprapunerea de straturi de material – 2½, adică într-o manieră aditivă (fabricație aditivă). Se cunosc și sunt standardizate [ISO 17296-2/2015. Categorii de procedee și materie primă] mai multe astfel de tipuri de procedee de fabricație aditivă, de interes pentru prezentul brevet fiind fabricația prin depunere de filamente de material [US5121329A/1989]. În mod uzual, imprimantele 3D utilizează filamente de materiale termoplastice de tip ABS (acrilonitril butadien stirenă), PLA (acid polilactic), PC (policarbonat), PETG (polietilen tereftalat glicol) etc., care sunt extrudate prin duze de diferite diametre. Fiecare strat este obținut prin alăturarea și lipirea rândurilor semi-topite de material, iar obiectul este format prin suprapunerea straturilor astfel formate care și ele aderă unele la altele pentru a forma un obiect tridimensional.

Dispozitivul de extrudare descris în invenție utilizează materiale maleabile (plastice) și se poate atașa oricărei mașini de imprimare 3D, incluzând, fără însă a se limita la imprimantele 3D în coordonate carteziene, în conformitate cu preambulul revendicării independente 1. Materialele maleabile utilizate pot fi de tip plastilină, diverse tipuri de gel, silicon, ghips, lut, fără însă a se limita la acestea. Dispozitivul poate funcționa în paralel cu un extruder de materiale termoplastice care echipează în mod curent imprimantele 3D. În scopul obținerii unor obiecte cu forme geometrice complexe prin tehnologia de fabricație cu depunere strat cu strat/imprimare 3D, materialele termoplastice pot servi ca structură suport pentru susținerea straturilor de material maleabil în timpul procesului de fabricație.

În ultima perioadă de timp gama de materiale utilizate în imprimarea 3D a cunoscut o extindere și către materiale maleabile, fiind dezvoltate aplicații cum ar fi cele din industria construcțiilor (materiale de tip ciment) sau industria alimentară (materiale de tip ciocolată, de exemplu). Și în artă, obiectele imprimate 3D din materialele de tip lut, pastă etc. își găsesc din ce în ce mai mult utilizarea prin exploatarea nu doar a capacității de fabricare a obiectelor cu forme geometrice complexe (avantaj asigurat de tehnologia de imprimare 3D), ci și prin beneficiul dat de reutilizarea materialului maleabil și de posibilitatea modificării obiectului obținut pentru a se adapta cerințelor artistice. Cu alte cuvinte, obiectul imprimat 3D din materiale maleabile care nu corespunde intențiilor proiectantului poate fi readus în forma de materie primă maleabilă și reutilizat pentru obținerea unui alt obiect. Astfel se reduce cantitatea de deșeuri, cu impact asupra dezvoltării durabile a societății. De asemenea, obiectul obținut prin imprimare 3D cu materiale maleabile poate fi modificat și remodelat, în cazul în care acest lucru este necesar, fără a mai trebui să se reia procesul de imprimare care este mare consumator de timp.

În acest context general de interes și datorită necesității de a dezvolta noi aplicații, prezentul brevet propune o soluție inovativă de dispozitiv de extrudare pentru materiale maleabile pentru imprimarea 3D care oferă următoarele avantaje:

- Poate fi atașat fără modificări costisitoare sau complicate unei imprimante 3D;
- Poate funcționa în paralel cu un extruder clasic pentru materiale termoplastice;
- Poate fi utilizat pentru extrudarea unei game largi de materiale maleabile;

- Majoritatea elementelor sale componente pot fi obținute tot prin imprimare 3D din materiale plastice, reducând astfel costul dispozitivului;
- Asigură reducerea încărcării pe capul de imprimare prin implementarea unei soluții în care motorul de acționare este amplasat pe partea fixă a mașinii, iar transmiterea mișcării necesare extrudării materialului maleabil se face prin exploatarea avantajelor oferite de un fluid hidraulic incompresibil.

În cadrul soluțiilor tehnice la nivel național, problematica dispozitivelor de extrudare de materiale maleabile pentru imprimarea 3D nu este deloc abordată.

La nivel internațional au fost analizate critic mai multe soluții din perspectiva elementelor de design, constructive, mecanice, de acționare și control necesare pentru a îndeplini funcționalitatea acestor dispozitive. Aceste soluții au fost identificate prin analiza atât a literaturii de specialitate (Li, W. ș.a., *Methods of extrusion on demand for high solids loading ceramic paste in freeform extrusion fabrication, SFF 2015 Symposium, pp.332-345, M. Li, L. Tang, R.G. Landers, and M.C. Leu, Extrusion Process Modeling for AqueousBased Ceramic Pastes—Part 1-2, J. Manuf. Sci. Eng., vol. 135, 2013*), din realizări practice de imprimante 3D bazate pe metoda de depunere cu seringă (*Fab@Home2016*) sau extrudere ca RichRap (Horne, R., *Reprap development and further adventures in DIY 3D printing: Universal Paste extruder, 2012*), precum și din analiza brevetelor internaționale în domeniu pentru imprimate 3D și extrudere destinate mai multor tipuri de materiale maleabile și aplicații (US0141491A1/2013, US0169193A1/2011, US 5656230/1997, US0182717A1/2017, WO/2015/120668).

Cea mai des întâlnită soluție tehnică (exemple: US0182717A1/2017, imprimanta Fab@Home 2006) utilizează un sistem de depunere a materialului folosind o seringă la care pot fi atașate diverse ace pentru extrudarea acestuia. Seringa este acționată de un motor electric. Exista și versiuni (în special bio-imprimante 3D cum ar fi BioAssemblyBot sau Aether 1) în care până la opt astfel de seringi sunt acționate pentru a depune materialul maleabil necesar. Alte variante constructive (de exemplu, US0169193A1/2011 sau modelul 28BYJ-48 de extruder pentru pastă) folosesc un piston care se deplasează în interiorul unui cilindru pentru a împinge materialul maleabil printr-o duză fixată la un capăt al cilindrului. Pistonul poate fi acționat electric, de obicei printr-un motor pas cu pas. Mișcarea poate fi transmisă pistonului printr-un mecanism cu șurub de acționare și cu piuliță. Această soluție presupune utilizarea de ghidaje liniare pentru piston, determinând creșterea considerabilă a greutateii întregului sistem, ceea ce face ca instalarea extruderului pe axa de mișcare a unei imprimante 3D să nu fie practică și eficientă. O altă variantă este extruderul universal de pastă de la RichRap care utilizează un mecanism cu curele de transmisie pentru a acționa pistonul, iar componentele sale structurale sunt imprimate 3D. Această variantă constructivă reduce greutatea pe capul de imprimare prin faptul că nu necesită ghidaje liniare, dar elimină o caracteristică importantă a procedurii de depunere prin filamente de material, și anume capacitatea de depunere selectivă care presupune oprirea depunerii de material în anumite zone ale stratului. De asemenea, pistonul cilindrului poate fi acționat pneumatic (sistemul Lutum, de exemplu), ceea ce reduce semnificativ greutatea dispozitivului de extrudare prin eliminarea motorului electric, dar necesită sisteme electronice suplimentare pentru a controla compresorul de aer și supapă de presiune.

O altă variantă constructivă identificată utilizează în locul pistonului un șurub de alimentare de tip șnec (<https://gallery.autodesk.com/fusion360/projects/3d-printer-paste-extruder>, 17.07.2017). Materialul este alimentat printr-o deschidere din partea superioară a cilindrului și împins prin duză prin mișcarea șurubului. Această variantă are avantaje și dezavantaje față de

variantea cu piston. În extruderul cu piston, cilindrul trebuie să conțină o cantitate mică de material de construcție, deoarece extruderul este poziționat pe axa de mișcare a imprimantei 3D. Astfel, procesul de fabricare trebuie oprit des pentru alimentare cu material. Varianta șurubului cu șnec nu are această limitare, deoarece materialul de construcție poate fi stocat într-o rezervor mai mare montat pe structura fixă a imprimantei. Cu toate acestea, acest rezervor trebuie presurizat pentru a asigura un flux constant de material de construcție, ceea ce presupune utilizarea de componente suplimentare (cum ar fi compresorul de aer, supapele de presiune, electronică de control etc.).

În nici una dintre variantele analizate nu au fost identificate elemente care să conducă la creșterea domeniului de aplicabilitate a extruderului la materialele care necesită încălzire sau răcire/uscare cu aer forțat.

Astfel, obiectivul principal al prezentei invenții este acela de a propune o soluție inovativă pentru un dispozitiv de extrudare pentru materiale maleabile care se poate atașa oricărei mașini de imprimare 3D incluzând fără însă a se limita la imprimantele 3D în coordonate carteziane, și care elimină dezavantajele dispozitivelor existente descrise anterior.

Obiectivul menționat este atins prin intermediul caracteristicilor tehnice prezentate pe parcursul revendicărilor independente, anexate prezentei. Alte caracteristici preferate ale prezentei invenții sunt prezentate pe parcursul revendicărilor dependente.

Această invenție este prezentată în continuare mai specific pe baza următoarei descrieri detaliate a unui exemplu preferat de realizare a dispozitivului extrudare pentru materiale maleabile pentru imprimare 3D. Scopul acestei descrieri este doar acela de a furniza un exemplu ilustrativ și de a indica alte avantaje și particularități ale invenției, și din acest motiv nu poate fi interpretată ca o limitare a domeniului de aplicare a invenției sau a drepturilor de brevet revendicate în revendicări.

În această descriere detaliată este făcută referire, prin intermediul numerelor de referință, la desenele anexate:

- figura 1, vederea izometrică a dispozitivului cu menționarea principalelor sale elementelor componente;
- figura 2, secțiune prin capul de extrudare a materialelor maleabil și termoplastice.

Dispozitivul conform invenției se poate monta pe orice imprimată 3D (A) și cuprinde următoarele elemente componente: (B) cap de imprimare care include două extrudere: (B1) destinat extrudării printr-o duză a materialului termoplastice și (B2) destinat extrudării printr-o altă duză a materialului maleabil; un cilindru hidraulic (C) montat deasupra capului de imprimare (B) și care se deplasează împreună cu acesta pe direcțiile x și y; o pompă hidraulică (D) care este montată pe partea fixă a imprimantei 3D și care este acționată de un motor liniar (E). Cilindrul hidraulic (C) și pompa hidraulică (D) sunt conectate printr-un furtun (F). Pistonul cilindrului hidraulic (C) este fixat de rezervorul (G) în care se află materialul maleabil. Sub acțiunea motorului liniar (E), pistonul pompei hidraulice (D) este împins în direcția +z ceea ce conduce la deplasarea pistonului cilindrului hidraulic (C) în direcția inversă -z datorită fluidului hidraulic incompresibil care circulă prin furtunul (F), determinând astfel extrudarea materialului maleabil aflat în rezervorul (G) printr-o duză conectată la rezervor printr-un conector de tip luer.

Montarea motorului electric și a pompei hidraulice (D) pe partea fixă a imprimantei (A), separat de cilindrul hidraulic (C), de capul de imprimare (B) și de rezervorul de material (G), face ca greutatea care trebuie deplasată pe direcțiile x și y să fie substanțial redusă. Acest aspect face ca



dispozitivul să poată fi atașat unei imprimante 3D fără a necesita modificări în sensul utilizării unor motoare electrice mai puternice, a unor sisteme de ghidare sau structuri de susținere mai robuste.

Materialele maleabile utilizate de acest tip de dispozitiv pot fi de tip plastilină, gel, silicon, ghips, lut, fără însă a se limita la acestea. Dispozitivul poate funcționa în paralel cu un extruder de materiale termoplastice care actualmente echipează imprimantele 3D. În scopul obținerii unor obiecte cu forme geometrice complexe prin tehnologia de fabricație cu depunere strat cu strat/imprimare 3D, materialele termoplastice pot servi ca structură suport pentru susținerea straturilor de material maleabil în timpul procesului de fabricație. Acest lucru constituie un alt avantaj foarte important al prezentei invenții.

Componentele capului de extrudare (B) care depune material termoplast (B1) și material maleabil (B2) sunt evidențiate în secțiunea din figura 2. Fluidul hidraulic 1 aflat în pistonul (C) exercită presiune asupra pistonului (2) fixat de pistonul (3) al rezervorului (G) cu material maleabil prin intermediul conectorului (4). Rezervorul cu material maleabil conține și o garnitură de cauciuc (5) cu rolul de a asigura etanșarea materialului maleabil (6) în interiorul rezervorului (G). Materialul maleabil (6) încălzit progresiv cu un rezistență ceramică pentru încălzire (7) este împins prin duza (8) și depus pe platforma imprimantei 3D (A). Capul (B2) de extrudare a materialului termoplast funcționează conform soluției prezentate în brevetul US5121329A/1989 și conține un canal (9) prin care filamentul de material este adus în zona de încălzire (10) și împins prin duza (11) pentru a fi depus pe aceeași platformă a imprimantei 3D (A) ca și materialul maleabil. Răcirea materialului termoplast la ieșirea din duza de extrudare se realizează prin intermediul ventilatorului (12).

REVENDICĂRI

1. Dispozitiv pentru extrudarea de materiale maleabile în imprimarea 3D care include: un cap de imprimare (B) ce poate integra alături de extruderul (B1) destinat extrudării printr-o duză a materialului maleabil, și un extruder (B2) destinat extrudării printr-o altă duză a materialului termoplast; un cilindru hidraulic (C) montat deasupra capului de imprimare (B) și care se deplasează împreună cu acesta pe direcțiile x și y ; o pompă hidraulică (D) acționată de un motor liniar (E) și care este montată pe o structură fixă, **caracterizat prin aceea că un furtun (F) prin care circulă fluid hidraulic incompresibil realizează conectarea cilindrului hidraulic (C) cu pompa hidraulică (D) ceea ce face ca mișcarea liniară din direcția $+z$ a pistonului pompei hidraulice (D) să fie transmisă ca mișcare liniară în direcția inversă $-z$ a pistonului cilindrului hidraulic (C) fixat de rezervorul (G) cu material maleabil, determinând astfel extrudarea sa printr-o duză conectată la rezervor printr-un conector de tip luer.**
2. Dispozitiv pentru extrudarea de materiale maleabile **caracterizat prin aceea că poate fi montat pe orice imprimantă 3D în coordonate carteziane sau de alt tip.**
3. Dispozitiv pentru extrudarea de materiale maleabile, **caracterizat prin aceea că poate funcționa alături de un extruder de materiale termoplastice care actualmente echipează imprimantele 3D, în scopul obținerii unor obiecte cu forme geometrice complexe prin tehnologia de fabricație cu depunere strat cu strat (imprimare 3D), materialele termoplastice putând servi ca structură suport pentru susținerea straturilor de material maleabil în timpul procesului de fabricație.**

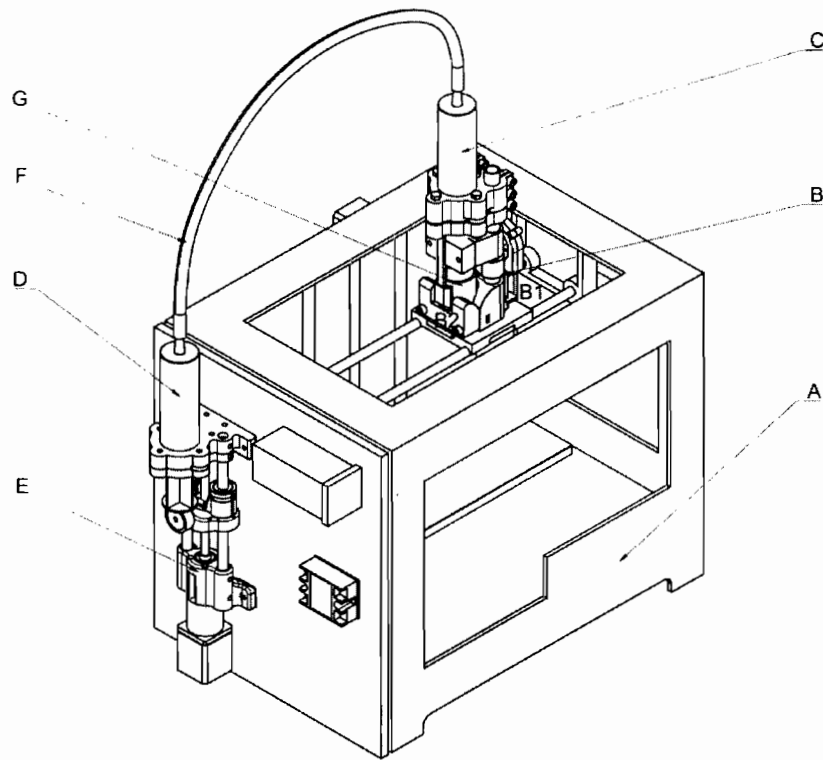


Figura 1. Vedere izometrică a dispozitivului de extrudare materiale maleabile pentru imprimarea 3D

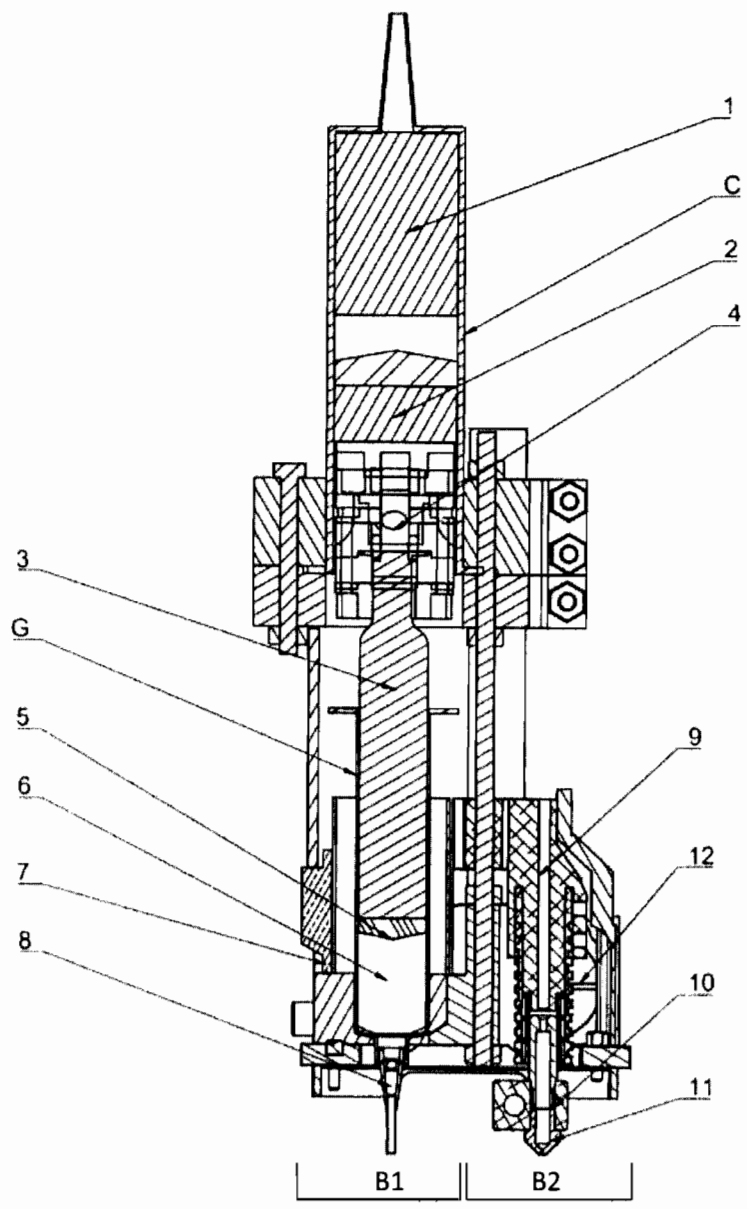


Figura 2. Secțiune prin capul de depunere a materialelor

[Handwritten signature and scribbles]