



A XIX-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”,
CLUJ NAPOCA, 2019

PERSPECTIVE INGINEREȘTI IMPRESIONANTE **Partea a II-a**

Mircea BEJAN, Ioana BĂLAN, Barbu BEJAN,
Ioan VIDICAN, Ioan Aurel CHERECHEȘ

PERSPECTIVE IMPRESSIVE ENGINEERS – Part II

Over the past 150 years technology has advanced more than ever predicted history of technology. For example, 3D prototyping / printing has become a widely-appreciated and widely used phenomenon. This is a simple and fast manufacturing process, a technique that allows engineers to overcome certain design difficulties in just a few hours, compared to a few weeks that would take traditional methods. Through this technology, engineering sciences, design and technical research are undergoing transformation and the special materials industry will open up a huge fan of possibilities. With 3D technology, an idea goes directly from the design phase to the execution phase, escalating beyond the traditional stages of product manufacturing.

The paper systemizes some of the major 3D printing technologies, presenting tabular, focusing on the advantages, disadvantages and application domains of these technologies. And in Romania, the prospect of expanding the home use of 3D printers open to prosumerators (users acting both as producers and consumers). The 3D equipment maker will create the right legal framework for the commercialization of 3D technology only compatible with the processing of non-hazardous materials. The 3D printer user will be granted access to a type of 3D technology limited by software specifically designed by manufacturers for civil use.

And so with the advent of this technology, a new chapter in jurisprudence will soon be written in Romania. But until then, Romania is only taking the first steps in this area.

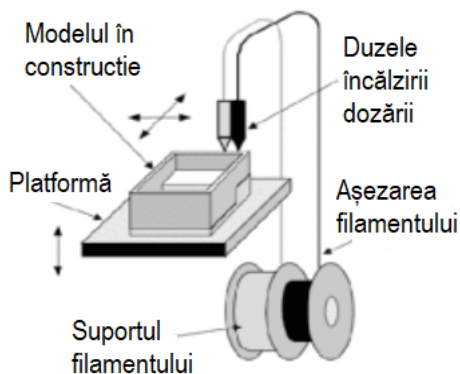
Keywords: 3D prototyping/printing, FDM-Thermoplastic Extrusion Modeling, SLA-Stereolithography, DLP-Digital Light Exposure, SLS-Selective

Laser Sintering, Laser-SLM-Melting, 3DP- Laminated Layer Manufacturing, PolyJet PJP Printing with Photopolymers, 3D Printed House Construction

Cuvinte cheie: prototiparea/printarea 3D, FDM–Modelare prin Extrudare Termoplasică, SLA–Stereolitografie, DLP–Expunerea digitală a luminii, SLS–Sinterizare Laser Selectivă, SLM–Sinterizare (Topire) Laser a Metalelor, 3DP–Printare inkjet tridimensională, LOM–Fabricare Stratificată prin Laminare, PJP–Printare PolyJet cu Fotopolimeri, construcții de case imprimate 3D

3. Metode și procese de prototipare/printare 3D

■ FDM – Fused Deposition Modeling – Modelare prin Extrudare Termoplasică. Tehnologia de prototipare rapidă FDM, în traducere



Modelare prin Extrudare Termoplasică (depunere de material topit) este cea mai utilizată tehnologie de fabricare aditivă datorită simplității și a accesibilității acesteia. Este utilizată în modelare, prototipare dar și în aplicații de producție. Tehnologia de prototipare rapidă FDM (în traducere Modelare prin Extrudare Termoplasică - depunere de material topit) este cea mai utilizată tehnologie de fabricare aditivă datorită simplității și a

Imprimare 3D FDM/MEM

accesibilității acesteia. Este utilizată în modelare, prototipare dar și în aplicații de producție¹.

Cu ajutorul unei aplicații software dedicate, modelul 3D dorit este feliat inițial în secțiuni transversale numite straturi (layere). Tehnologia de printare constă în trecerea unui filament din material plastic printr-un extrudor ce îl încălzește până la punctul de topire, aplicându-l apoi uniform (prin extrudare) strat peste strat, cu mare acuratețe pentru a printa fizic modelul 3D conform fișierului CAD.

Capul (extrudorul) este încălzit pentru a topi filamentul plastic, deplasându-se atât pe orizontală cât și pe verticală sub coordonarea

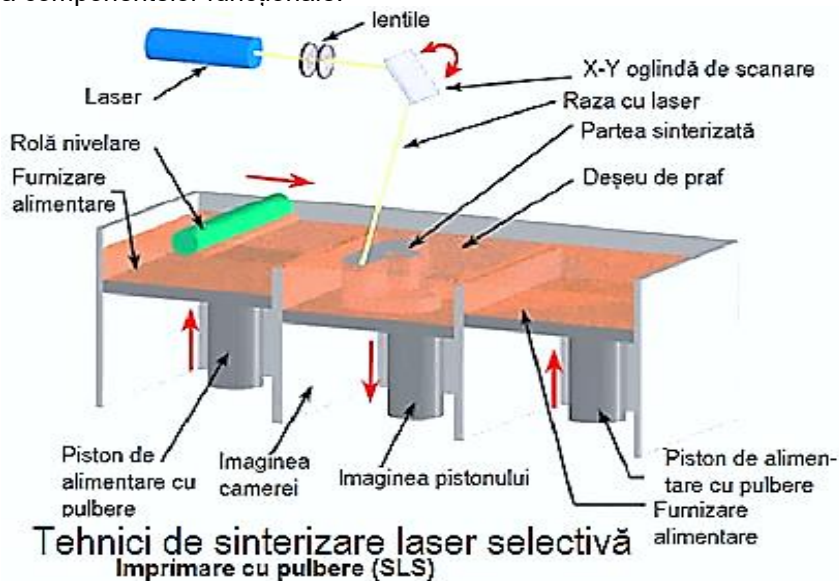
¹ Alte denumiri utilizate sunt: MEM (Melting Extrusion Modeling), extrudare termo-plastică TPE (Thermoplastic Extrusion), FFF (Fused Filament Fabrication).

unui mecanism de comandă numerică, controlat direct de aplicația CAM a imprimantei. În deplasare, capul depune un șir subțire de plastic extrudat care la răcire se întărește imediat, lipindu-se de stratul precedent pentru a forma modelul 3D dorit.

Pentru a preveni deformarea pieselor cauzată de răcirea bruscă a plasticului, unele modele profesionale de printere 3D includ o cameră închisă de construcție, încălzită la temperatură ridicată. Pentru geometrii complexe sau modele în consolă, tehnologia FDM necesită printarea cu material suport care va trebui ulterior îndepărtat manual.

În ultimii ani, expirarea patentelor din domeniul tehnologiei FDM a dus la apariția a zeci de (mici) producători de imprimante 3D mici, de tip hobby, destul de ieftine. Online, pot fi găsite kituri de asamblare ieftine (de la 500-600 euro incluzând sau nu transport și TVA) iar imprimantele 3D complet asamblate și funcționale pornesc de la aproximativ 1000 de euro cu transport inclus.

■ SLA – Stereolithography – Stereolitografie. Stereolitografia (SLA sau SL) este o tehnologie de prototipare rapidă utilizată la scară largă în mediul industrial pentru realizarea matrițelor, modelelor și chiar a componentelor funcționale.



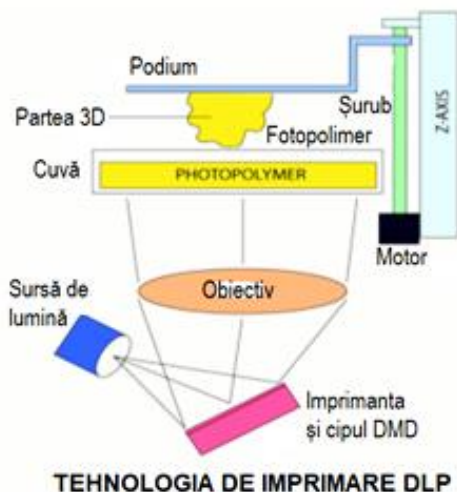
Cunoscută și sub numele de foto-solidificare sau fabricare optică, stereolitografia implică utilizarea unui fascicul laser cu lumină

ultravioletă pentru solidificarea unei rășini fotopolimerice lichide aflată în cuva de construcție a imprimantei.

Sub acțiunea luminii laser ultraviolete această rășină curabilă (sensibilă la lumina ultravioletă) se solidifică în straturi succesive obținându-se astfel modelul solid 3D. Modelul 3D dorit este feliat inițial în secțiuni transversale pe care fasciculul laser o trasează pe suprafața rășinii lichide. Expunerea la lumina laser ultravioletă solidifică modelul trasat pe rășina lichidă rezultând un strat solid construit (printat 3D) care se adaugă la stratul precedent construit.

După finalizarea construcției, modelul 3D obținut este imersat într-o baie chimică separată, pentru îndepărtarea excesului de rășină după care este tratat într-un cuptor cu radiații ultraviolete pentru întărirea finală.

■ DLP – Digital Light Processing – Expunerea digitală a luminii. Tehnologia de printare DLP reprezintă un proces de fabricare aditivă bazat pe utilizarea luminii UV pentru solidificarea unor rășini polimerice lichide. Dezvoltată de Texas Instruments, tehnologia DLP are ca element principal cipul DMD (Digital Micromirror Device) – o matrice de microglinzi folosite pentru modularea spațială rapidă a luminii.



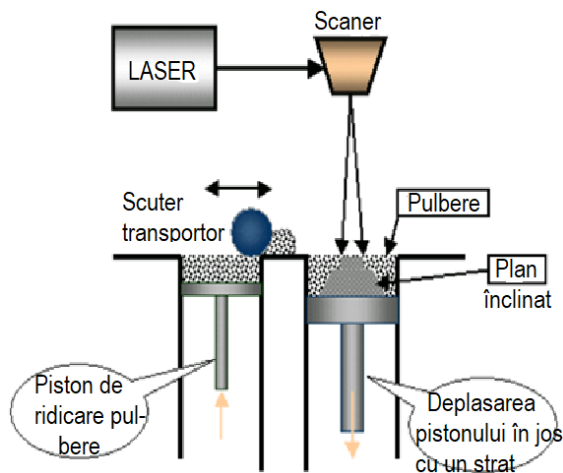
Inițial, modelul 3D CAD este convertit de aplicația software a printerului 3D în secțiuni transversale (felii) ale obiectului, apoi informațiile sunt trimise către imprimanta și cipul DMD. Pentru fiecare secțiune transversală a modelului 3D CAD, lumina UV emisă de un proiector este modulată și proiectată prin intermediul cipului pe suprafața rășinii polimerice aflată în cuva de construcție. Fiecare microglinză individuală a cipului DMD proiectează pixeli din secțiunea transversală a modelului 3D. Sub acțiunea luminii UV, rășina lichidă fotoreactivă (sensibilă la lumina ultravioletă) se solidifică în straturi succesive.

Deoarece întreaea secțiune transversală este proiectată într-o singură expunere, viteza de construcție a unui layer (secțiune) este constantă indiferent de complexitatea geometriei. Indiferent că se printează o piesă simplă sau simultan 10 piese complexe, viteza de printare rămâne constantă.

Observație: Obiectele 3D de geometrii mai complexe sunt printate cu ajutorul materialelor suport care sunt ulterior îndepărtate. Rășina rămasă în cuva de construcție poate fi reutilizată la printările ulterioare. Anumite materiale de printare pot necesita procese ulterioare de întărire în cuptoare UV.

■ SLS – Selective Laser Sintering - Sinterizare Laser Selectivă

Tehnologia de prototipare rapidă SLS (Selective Laser Sintering), tradusă prin Sinterizare Laser Selectivă, a fost patentată la sfârșitul anilor 1980 și este apropiată de SLA. Pe lângă denumirea SLS se folosește pe scară largă și denumirea generică LS (Laser Sintering), sau Sinterizare Laser. Tehnologia SLS implică folosirea unui fascicul laser de mare putere (exemplu, un laser CO₂) pentru topirea (sinterizarea) unor pulberi în straturi succesive obținându-se astfel modelul 3D dorit.



Modelul 3D dorit este convertit inițial în secțiuni transversale (felii) ale obiectului și trimise apoi printerului. Pe baza informațiilor primite, fasciculul mobil al laserului topește (sinterizează) selectiv stratul de pulbere aflat pe platforma de construcție din interiorul cuvei, conform fiecărei secțiuni trans-

versale. După finalizarea secțiunii, platforma pe care sunt construite modelele 3D este coborâtă înăuntru cuvei cât să poată fi realizată următoarea secțiune transversală. Se aplică un nou strat de pulbere care este apoi uniformizată, după care procesul se repetă până la finalizarea întregului model 3D conform fișierului CAD. În timpul printării, modelul 3D este în permanență încadrat în pulberea de construcție, ceea ce

permite printarea unor geometrii extrem de complexe fără material suport. Pulberea rămasă în cuva de construcție poate fi reutilizată la printările ulterioare. Obiectele 3D obținute prin sinterizarea laser sunt poroase și nu necesită finisare ulterioară decât dacă se dorește întărirea acestora prin infiltrare.

4. Unele realizări ingineresti

4.1 Construcții de case imprimate 3D în China

O nouă tehnologie este pe cale să îmbunătățească condițiile de viață, imprimarea 3D. Aceasta se dezvoltă extrem de rapid în lumea fabricațiilor, ajutând la reducerea costurilor financiare și respectarea condițiilor de mediu, în paralel cu reducerea mijloacelor de producție. Chiar și grădinile urbane sunt realizate folosind această tehnologie de ultimă generație. În anul 2015, unui băiat în vârstă de numai 12 ani i-au fost implantate vertebre imprimate 3D în coloana sa vertebrală, fiind primul om căruia i s-a făcut o asemenea operație.

În aceste condiții, să vorbim de zonele rurale din China, unde venitul (deloc exagerat) din mediul urban este de trei ori mai mare decât din zonele rurale, iar pe măsură ce timpul trece, diferența dintre cele două zone devine din ce în ce mai mare². Ma Yihe lucrează de mai mult timp la perfecționarea metodei de imprimare 3D și susține că a găsit o soluție care ar putea rezolva situația chinezilor. În mai puțin de 24 de ore, Yihe a fabricat 10 case cu un singur etaj, fiecare la un cost mai mic de 5.000 de dolari.

Casele realizate la imprimanta 3D, măsoară 200 m², pentru construcția structurii și pereților, compania de construcții din China folosind un amestec din ciment și sticlă, la care adaugă un liant special care îi asigură o rigiditate precum cea a betonului. „Prin procesare, substanțele toxice din mixtură sunt filtrate pentru a produce material brut care este mai solid decât betonul. Materialul nostru este mai ecologic”, spune Ma Yihe, directorul companiei care a construit casele. Casele

² Muncitorii din fabricile chinezești sunt plătiți acum mai bine decât oricând: salariile medii au atins 3,60 dolari pe oră în anul 2016, urcând cu 64 % față de anul 2011, potrivit datelor firmei de cercetare Euromonitor. Nivelul este de peste cinci ori cel al salariilor din India, apropiindu-se mai degrabă de cele din țări ca Portugalia și Africa de Sud. Cifrele reflectă creșterea economică puternică a Chinei și progresele făcute de această țară în îmbunătățirea nivelului de trai al celor 1,4 miliarde de locuitori ai săi. Iar unii analiști argumentează că creșterea productivității ar putea împinge salariile din sectorul manufacturier și mai sus. În general, în China, salariul minim pe economie/lună este cuprins între 138 și 238 dolari, în funcție de regiune.

realizate la imprimante 3D asigură o izolație foarte bună atât la temperaturile exterioare, cât și la zgomot. Acest tip de locuință poate reprezenta o alternativă la casele tradiționale din China. De exemplu, un apartament de 100 m² costă câteva sute de mii de dolari. „Casa pe care o construiești fără această tehnologie nu este agreată de oamenii obișnuiți din cauza costului prea mare, iar calitatea ei este mai proastă decât a casei noastre. Cred că locuințele printate în 3D se vor înmulți în următorii cinci ani”, spune Ma Yihe.

În timp ce primele 10 case vor servi ca spațiu de birouri într-un mic oraș din afara Shanghai-ului, Ma Yihe consideră că această tehnologie poate schimba dramatic viitorul construcțiilor din China. De asemenea, tehnologia 3D a lui Yihe reduce semnificativ timpul de realizare, stabilind și o relație prietenoasă cu mediul înconjurător. În viitorul apropiat, arhitectul speră ca întreg orașul să fie împânzit de case imprimate 3D.

Casele din zona rurală a Chinei au fost construite folosind imprimante cu o înălțime de 6,6 m, 10 m lățime și 32 m lungime și au costat trei milioane de dolari. Aparatul poate funcționa 24 de ore din 24 astfel că, în câteva zile, poate fi construit un cartier întreg folosind această tehnologie. Iar centrul de cercetare al companiei Winsun aparținând arhitectului Ma Yihe a fost construit folosind propria sa tehnologie și practică ceea ce-și propune. În prezent, acest tip de tehnologie evoluează într-un ritm alert, iar codurile din domeniul construcției pentru arhitectura 3D au fost puse deja în aplicare.

4.2 Au printat o casă în 24 de ore la imprimanta 3D

Arhitectura trebuie să ia o pauză și să admire și să laude tehnologia ! Apis Cor, o companie din SUA specializată în realizarea de imprimante



3D industriale, a printat o casă în Rusia, în perioada cea mai friguroasă, în numai 24 de ore. Spațiul e foarte mic, de numai 37 m²,

dar construcția e garantată pentru 175 de ani și costă numai 10.000 de euro!



Imprimanta 3D lucrează cu beton, pe care îl toarnă în funcție de coordonatele oferite de computer. Câteva geamuri, două uși și casa e gata.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bejan, M., *Ingineria – artă sau meșteșug*, vol. 4, Editura AGIR, București, 2019 și Editura MEGA, Cluj Napoca, 2019, 960 pagini.
- [2] * * * colecția *Știință și Inginerie*, 2001-2018, editor Bejan, M., Editura AGIR București și Editura MEGA Cluj Napoca.
- [3] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*, ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005, 186 pagini.

Prof.univ.em.Dr.Ing. DHC Mircea BEJAN
Membru de onoare al Academiei de Științe Tehnice din România,
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca,
președintele Filialei Cluj a Asociației Generale a Inginerilor din România
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro

Ing. Ioana BĂLAN
Membru AGIR, Metz, Franța
Prof. Barbu BEJAN, Paris, Franța
Dr.Ing. Ioan VIDICAN
e-mail: ionvidi@yahoo.com, Cluj Napoca, membru AGIR
Șef lucr. Dr.Ing. Ioan Aurel CHERECHEȘ
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Prefectul județului Cluj,
membru AGIR; e-mail: relu_chereches@yahoo.ro