

DE LA PROTOTIP LA PRODUS: PERSPECTIVE ȘI PROVOCĂRI ÎN ERA IMPRIMĂRII 3D

Andreea GRIGORIU, Mihai VRABIE

*Departamentul Ingineria Fabricației, grupa TDF - 231, Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transport,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova*

Îndrumător/coordonator științific: **Nicolae TRIFAN**, dr., conf. univ., Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. *Fabricarea aditivă, cunoscută și sub denumirea de imprimare 3D, a devenit o tehnologie inovatoare cu un potențial vast în diferite domenii, de la inginerie și medicină până la design și arhitectură. Acest articol explorează progresele recente în domeniul fabricării aditive, concentrându-se pe procesele, materialele și aplicațiile care se află în proces de dezvoltare. De la imprimarea de prototipuri și componente personalizate până la fabricarea de organisme biologice și structuri complexe, tehnologia 3D oferă o gamă variată de oportunități și provocări. Vom analiza avantajele și impedimentele actuale ale acestei tehnologii, precum și perspectivele sale viitoare, inclusiv potențialul de a revoluționa producția industrială și de a crea soluții inovatoare pentru problemele globale. Prin explorarea acestor aspecte, articolul își propune să furnizeze o perspectivă amplă și detaliată asupra rolului și impactului fabricării aditive în societatea contemporană, evidențiind necesitatea unor reglementări și practici sustenabile pentru a optimiza beneficiile și pentru a reduce potențialele riscuri și consecințe nefavorabile. Adicional, accentuăm importanța continuă a cercetării și colaborării interdisciplinare întru avansarea și integrarea acestei tehnologii în diverse sectoare ale economiei și societății.*

Cuvinte cheie: *Fabricare aditivă, imprimare 3D, inovație, producție industrială.*

Introducere

În era tehnologiilor moderne, procesul de dezvoltare a produselor a suferit transformări semnificative datorită noilor tehnologii avansate care se află în continuă dezvoltare. Printre cele mai revoluționare instrumente se numără fabricarea aditivă, sau imprimarea 3D, care, odată cu scăderea prețurilor unei imprimante 3D, în jur de 300\$, a deschis noi posibilități în prototipare și producție, impunându-se ca puntea dintre concept imaginar și realitate. Articolul dat explorează procesul de transformare a unui prototip în produs final, evidențiind esențialul rol și impact al imprimării 3D. Această tehnologie multifuncțională și capabilă să modeleze o gamă variată de materiale aduce flexibilitate și agilitate în procesul de dezvoltare a producției și a altor domenii ingineresti. În pofida avantajelor, apar și unele provocări, precum: calitatea materialului, complexitatea designului, finisarea și post-procesarea obiectelor printate.

Imprimarea 3D în prototipare și producție

În ultimii ani, imprimarea 3D a devenit un instrument vital în procesul de dezvoltare a modelelor preliminare și producție în diverse industrii. Această tehnologie oferă o gamă largă de avantaje, inclusiv flexibilitatea în design, reducerea timpului de dezvoltare și costurile de producție. Unul dintre principalele beneficii ale imprimării 3D este capacitatea de a realiza rapid prototipuri funcționale și modele de testare fără a fi necesare scule sau matrice costisitoare. Acest lucru permite inginerilor și designerilor să lucreze cu ușurință și rapid asupra designului și să identifice eventualele probleme sau îmbunătățiri necesare înainte de procesul de imprimare. Mai mult decât atât, imprimarea 3D oferă șansa de a personaliza și adapta rapid produsele la nevoile individuale ale clienților sau la cerințele specifice ale diferitelor aplicații. Această flexibilitate este crucială în industrii precum medicina, unde prototipurile personalizate pot fi utilizate pentru a crea dispozitive medicale adaptate la anatomia unui pacient în mod unic sau în industria aeronautică, unde piese complexe pot fi produse cu geometrii optimizate pentru greutate și performanță.

Materialele utilizate în imprimarea 3D sunt diferite și adaptate la diferite necesități. Printre acestea se numără metale precum pulbere de oțel, titan, aluminiu și aliaje de nichel, care sunt folosite în industria aerospațială, automotivă și în alte aplicații unde rezistența și durabilitatea sunt aspecte esențiale. De asemenea, există și rășini speciale utilizate în imprimarea 3D, care oferă o gamă largă de proprietăți, inclusiv transparență, flexibilitate și rezistență la temperaturi ridicate. Rășinile sunt adesea folosite în industria medicală și în prototiparea rapidă a pieselor din diferite domenii ingineresti. Totuși, plasticul rămâne unul dintre cele mai populare materiale în fabricarea aditivă datorită disponibilității sale, costului redus și versatilității. Printre cele mai comune tipuri de plastic folosite se numără PLA (acid polilactic), PC (polycarbonat), ABS (acrilonitril butadien stiren) și altele. Aceste materiale sunt folosite în diverse domenii precum industria de consum, producția componentelor electronice și prototiparea rapidă. În plus, imprimarea 3D oferă posibilitatea utilizării unor materiale inovatoare, cum ar fi cimentul, în construcții, pentru a realiza structuri complexe și detalii arhitecturale. Cu toate acestea, este important de evidențiat faptul că fiecare material are propriile sale caracteristici și limite, iar selecția materialului potrivit este esențială pentru obținerea rezultatelor dorite în procesul de prototipare și producție utilizând imprimarea 3D.

Acest proces tehnologic poate avea loc datorită unor tehnici variate și metode care permit transformarea datelor digitale în obiecte fizice tridimensionale reale. Fiecare metodă de imprimare 3D are propriile sale caracteristici, avantaje și limite, iar selecția metodei potrivite depinde de cerințele specifice ale aplicației și de caracteristicile obiectului imprimat.

- FDM (Modelare prin Extrudare Termoplăstică) (fig. [1]): Această metodă implică extrudarea unui material termoplăstic, cum ar fi PLA sau ABS, printr-un cap de imprimare încălzit care se deplasează într-un model specific. Materialul se solidifică apoi pentru a forma obiectul imprimat.
- DLP (Expunerea Digitală a Luminii) (fig. [2]): Această metodă implică expunerea unui strat subțire de rășină fotosensibilă la un proiector digital care proiectează imaginea stratului de rășină într-un mod precis. Rășina se întărește apoi sub acțiunea luminii ultraviolete.
- LOM (Fabricarea Stratificată prin Laminare) (fig. [3]): Această metodă implică aplicarea și tăierea repetată a straturilor de material, cum ar fi hârtia sau plasticul, pentru a construi obiectul strat cu strat. Fiecare strat este lipit cu ajutorul unui adeziv și apoi tăiat conform conturului obiectului.
- 3DP (Printare Inkjet Tridimensională) (fig. [4]): Această metodă implică aplicarea strat cu strat a unui agent legător pe un strat de pulbere subțire, folosind un cap de imprimare inkjet. Agentul legător unește particulele de pulbere pentru a forma obiectul imprimat.
- SLA (Stereolitografie) (fig. [5]): Această metodă folosește un laser ultraviolet pentru a solidifica rășina fotosensibilă strat cu strat, formând obiectul imprimat.
- SLM (Sintetizarea Laser a Metalelor) (fig. [6]): Această metodă utilizează un laser puternic pentru a topi și a solidifica pulberile metalice, creând obiecte metalice solide.

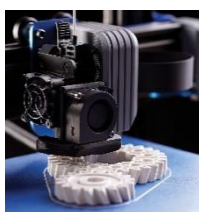


fig. [1]

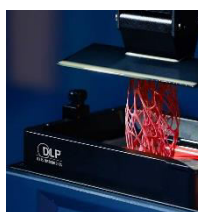


fig. [2]

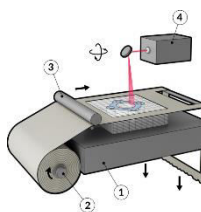


fig. [3]

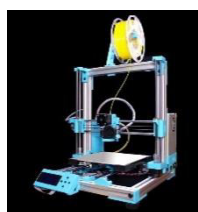


fig. [4]

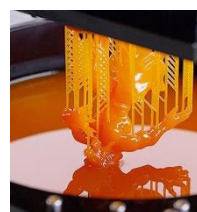


fig. [5]

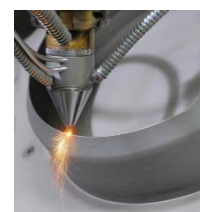


fig. [6]

Perspective viitoare și impactul imprimării 3D

Imprimarea 3D (fabricare aditivă) a depășit deja stadiul de prototipare tradițională, devenind o forță transformatoare în diverse domenii. Pe măsură ce tehnologia continuă să evolueze, mai ales în aria imprimării cu pulbere metalică, cu cât prețurile continuă să scadă, ne putem aștepta la un impact și mai profund, cu beneficii semnificative pentru fabricație.

1. **Flexibilitate:** În contrast cu fabricarea tradițională, care necesită oameni să proiecteze manual piese, imprimarea 3D oferă o flexibilitate nemaiîntâlnită în producție. Proiectarea asistată de calculator înlocuiește procesul manual, permițând crearea de obiecte personalizate și complexe cu o precizie uimitoare. Acest lucru va permite companiilor să satisfacă nevoile specifice ale clienților și să se adapteze rapid la tendințele pieței.
2. **Varietate:** În timp ce fabricarea tradițională are limite în ceea ce privește materialele și procesele, imprimarea 3D poate fi utilizată cu o gamă largă de materiale, de la plastic și metale la materiale biocompatibile și chiar alimente. Această varietate va deschide noi oportunități pentru inovație și va duce la crearea de produse noi și inedite.
3. **Detectare și remediere din timp:** Factorul uman în fabricarea tradițională aduce adesea cu sine un timp îndelungat de prototipare, precizie joasă și prețuri mari. În contrast, imprimarea 3D permite o mai bună detectare și remediere a defectelor în faza de prototipare. Acest lucru va reduce semnificativ costurile și timpul de producție, ducând la produse de calitate superioară.
4. **Modificare fără pregătire suplimentară:** Procesul manual de prototipare în fabricarea tradițională necesită pregătire suplimentară costisitoare pentru a efectua modificări. În schimb, imprimarea 3D permite modificarea rapidă și ușoară a designului produsului. Acest lucru va accelera ciclul de dezvoltare a produsului și va permite companiilor să lanseze rapid noi produse pe piață.
5. **Testare în faza de prototip:** Imprimarea 3D permite testarea funcționalității produsului în faza de prototipare, eliminând necesitatea de a trece la teste costisitoare și laborioase în faza de producție. Acest lucru va duce la produse mai fiabile și mai performante.

Toate aceste diferențe între fabricarea tradițională și cea aditivă, pot fi vizualizate în fig. [7]. Pe lângă o comoditate, precizie și eficiență ridicată a tehnologiei 3D, aceasta mai este întâlnită și în: industria alimentară (fig. [8]), unde este folosită pentru ornamentarea și crearea unor alimente personalizate; medicină (fig. [9]), prima inimă imprimată din celule umane ce imită cu exactitate anatomia celulară al uneia reale), utilizată pentru printarea organelor și a țesuturilor umane, contribuind la dezvoltarea medicinei personalizate și la îmbunătățirea procedurilor chirurgicale; construcții (fig. [10]), casele printate din ciment devin o soluție rapidă și economică pentru locuințe durabile și eficiente energetic.

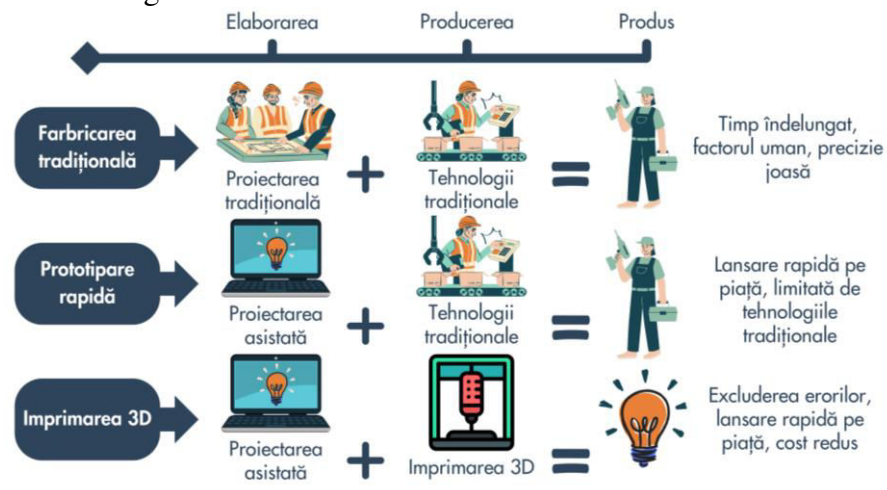


fig. [7] Diferențele în fabricația tradițională și aditivă

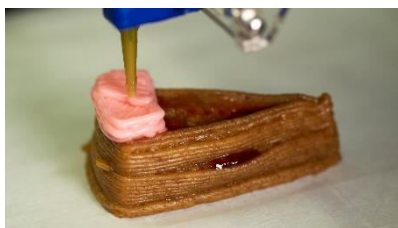


fig. [8]



fig. [9]



fig. [10]

Provocările imprimării 3D

Provocările imprimării 3D sunt diverse, unele majore fiind complexitatea modelului, dimensiunile obiectelor și finisarea acestora. Complexitatea modelului poate aduce dificultăți în procesul de printare, deoarece detaliile prea mari pentru imprimarea pe o singură bucată, necesitând împărțirea lor în mai multe părți sau folosirea unor imprimante speciale ducând la piese finale inexacte sau cu defecte, afectând calitatea și funcționalitatea acestora, pe când detaliile mici sunt pierdute datorită rezoluției de printare care este limitată de capul extrudor și filament.

Finisarea și post-procesarea obiectelor printate sunt, de asemenea, aspecte importante ce pot ridica provocări. Piesele imprimate pot prezenta imperfecțiuni, fie din cauza rezoluției prea mari sau chiar al unei erori în executarea sau tăierea modelului în software. Eliminarea acestora necesită lucrări suplimentare de finisare, cum ar fi șlefuirea sau aplicarea de straturi suplimentare de material care în număr mare poate fi considerat ca o risipă de timp și resurse, fie ele umane sau robotizate.

Pentru a înlătura aceste defecte, este esențială dezvoltarea continuă a tehnologiilor de imprimare, îmbunătățind precizia și calitatea procesului. Inovarea în materialele utilizate poate aduce rezistență și flexibilitate necesare pentru a micșora diametrul capului extrudor și, ca și urmare, mărirea rezoluției la imprimare. Metode avansate de design pot optimiza detaliile și dimensiunile obiectelor direct în software-ul de tăiere pe straturi al piesei. Post-procesarea și finisarea obiectelor sunt cruciale pentru eliminarea imperfecțiunilor însă odată cu dezvoltarea unor filamente cu proprietăți mai favorabile imprimării detaliilor mici, toate straturile devin mai fine și este posibilă înlăturarea totală a acestui pas. Astfel, un efort combinat de inovație tehnologică, cercetare în materiale și design avansat, posibil și condus de către o inteligență artificială ce înțelege procesul, poate contribui la îmbunătățirea rezultatelor în prototiparea rapidă.

Concluzii

Este evident că tehnologia imprimării 3D a devenit o comoditate ce este greu de ignorat în aria prototipărilor unor produse finale. Cu avantajele sale remarcabile în accelerarea ciclului de design și producție, imprimarea 3D a deschis noi perspective în diverse industrii, de la medicină și inginerie la design industrial și industria aerospațială precum și în ingineria civilă cu printarea rapidă al unor case de locuit de preț redus însă la fel de utilizabile. Cu toate acestea, este important să recunoaștem și provocările ce vin cu aceasta, precum asigurarea calității și rezistenței materialelor, precizia procesului și scalabilitatea producției. Pe măsură ce tehnologia continuă să evolueze, perspectivele pentru imprimarea 3D sunt promițătoare, iar impactul său în industria de producție va fi din ce în ce mai căutată și apreciată. De la personalizarea produselor la reducerea deșeurilor și creșterea eficienței, imprimarea 3D revoluționează modul în care produsele sunt concepute, fabricate și folosite de industrii cât și persoane fizice (fig. [7]). Cu toate acestea, pentru a atinge întregul său potențial, este încă necesar să continuăm să adresăm punctele sale mai slabe, mai ales reducerea dimensiunii de printare, cu alte cuvinte creșterea rezoluției acesteia pentru a înlătura probleme întâlnite la modelele complexe precum și necesitatea de a retușa prototipul după printare, și să investim în cercetare și dezvoltare pentru a îmbunătăți tehnologiile și procesele asociate cu imprimarea 3D. Medicina ar fi un sector ce ar beneficia enorm de o revoluție radicală în procesele de printare, având potențialul de a salva mii de vieți.

Referințe

- [1] en.wikipedia.org/wiki/3D_printing
- [2] Towards production of microfeatures on a custom-made stereolithographic DLP printer / Joško Valentinčič, Luka Sevšek, Miha Prijatelj [et al.]
- [3] 3D printing technologies in various applications / A. Ramya, Sai leela Vanapalli, International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)
- [4] Best Practices and Applications of 3D Printing in the Construction Industry / Jake Kidwell / California Polytechnic State University San Luis Obispo, California
- [5] 3D Printing Technology and Sustainable Design / Taiwen Zhang, Jiayuan Lyu