

# PRECIZIA DIMENSIONALĂ LA FABRICAȚIA ADITIVĂ

FLOREA Adrian, CLINCIU Danuț-Florentin

Conducător științific: Prof.dr.ing Cătălin AMZA, Ș.l.dr.ing Corneliu RONTESCU

**REZUMAT:** Lucrarea are ca scop prezentarea diferențelor de precizie dimensională dintre piesa proiectată și piesa finită cauzate de răcirea bruscă a materialului plastic.

**CUVINTE CHEIE:** precizie dimensională, imprimare 3D, FDM

## 1 INTRODUCERE

Tehnologia de printare FDM (*Fused Deposition Modeling*), 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.

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 unui mecanism de comanda 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.

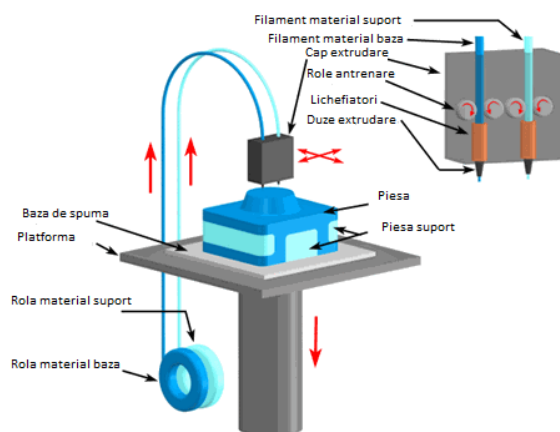


Figura 1. Schema de principiu

Pentru a preveni deformarea pieselor cauzată de racirea bruscă a plasticului, unele modele profesionale de printare 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.

Avantaje tehnologie FDM:

Tehnologie office-friendly, silențioasă și sigură; pot fi produse obiecte și piese utilizabile, paletă destul de largă de materiale. Preț extrem de accesibil al printerelor 3D (kituri și modele asamblate) precum și al consumabilelor (role cu filamente plastic). Tehnologie simplă de producție care înseamnă și ușurința în utilizare.

Dezavantaje tehnologie FDM:

Viteza mică de construcție în cazul unor geometrii mai complexe, posibilitatea existenței unor zone neuniform printate (*layere nelipite*), impermeabilitate redusă, rezoluție și acuratețe slabă pentru piese mici și detalii fine (microni). Parametri procesului FDM sunt: orientarea obiectului în spațiul de lucru al mașinii, grosimea stratului, unghiul de umplere (raster), lățimea rândului și golul dintre rânduri (Figura 2). Acești parametri afectează precizia obiectului fabricat și proprietățile sale mecanice, precum și timpul și costul de fabricație.

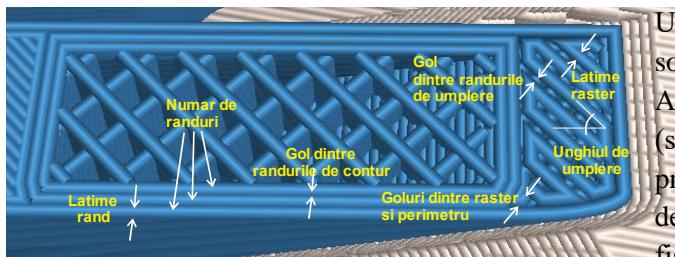


Figura 2. Parametrii de proces în FDM

Materiale utilizate cel mai des în cazul printării cu tehnologia FDM sunt următoarele:

- ABS acrylonitrile butadiene styrene,
- PLA polylactic acid,
- PVA solubil (în special pentru suport),
- PC policarbonat,
- HDPE polietilena,
- PPSU polyphenylsulfone
- PPSF ultem Polyphenylsulfone.

Scopul lucrării este de a verifica valorile dimensionale ale piesei obținute în vederea evidențierii preciziei dimensionale a tehnologiei.

Modul de verificare se face prin realizarea unui număr de epruvete și măsurarea valorilor dimensionale a acestora prin examinare dimensională cu ajutorul unui șubler digital. În urma examinării, se va face o comparație a acestor valori cu cele introduse în fișierul CAD (proiectate).

## 2 PROCEDURA EXPERIMENTALA.

Procedeul FDM realizează obiecte prin depunere de straturi formate din rânduri de filament de material termoplastic extrudat printr-o duză.

Materialul utilizat pentru fabricarea epruvetelor a fost PLA (polylactic acid), un material plastic biodegradabil special conceput pentru imprimarea 3D. Proprietățile PLA sunt prezentate în tabelul 1.

Cu ajutorul programului de modelare 3D DSS SolidWorks™ 2014, se proiectează modelul de epruvetă așa cum este prezentat în figura 3.

Urmează etapa inserării modelului CAD în software-ul mașinii de imprimat (MakerBot™). Acesta „feliază” epruvetele în felii subțiri (slicing), adăugând valori pentru parametrii procesului de printare (de exemplu: temperatura de printare, tip material, etc.). Se generează astfel fișierul necesar printării 3D, care în acest caz este un fișier de tip X3G. Figura 4 prezintă o serie de imagini din timpul procesului de imprimare 3D a unui număr de 6 epruvete, la temperaturi diferite, folosind o imprimantă Qidi Technology Dual Extruder. Epruveta obținută se prezintă în Figura 5.

| Proprietati termice                | PLA                        |
|------------------------------------|----------------------------|
| Indicele volumului de topire (MVI) | 10.3cm <sup>3</sup> /10min |
| Temperatura de tranziție           | 60-65°C                    |
| Temperatura de topire              | 150-160°C                  |
| Temperatura de printare            | 190-220°C                  |
| Temperatura platformei             | 50-70°C                    |

Tabelul 1. Proprietățile termice al materialului plastic PLA

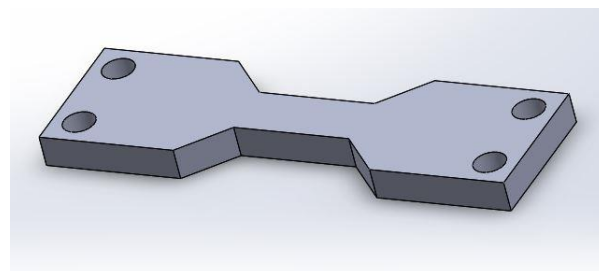


Figura 3. Model 3D al epruvetei.

S-au printat epruvetele la 3 temperaturi diferite ale procesului de extrudare: 180°C, 200°C și 215°C, câte 2 epruvete pentru fiecare temperatură. La finalizarea procesului de imprimare, după curățarea atentă a materialului suport, s-au obținut cele 6 epruvete de tipul celor din figura 6.

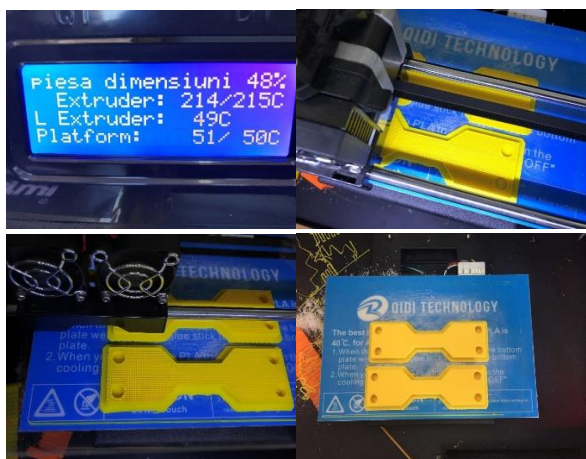


Figura 4. Imagini din timpul procesului de printare 3D pe o imprimata Qidi Technology Dual Extruder



Figura 5. Epruveta printată.

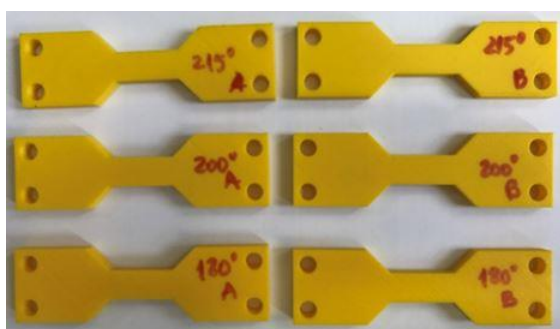


Figura 6. Piese finite.

Având astfel cele 6 epruvete, s-au executat măsurători cu ajutorul unui șubler digital în vederea verificării valorilor dimensionale reale. Rezultatele obținute s-au comparat cu valorile dimensionale prezentate în figura 7.

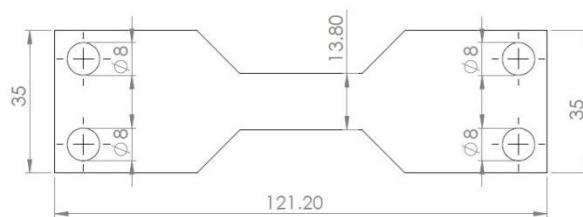


Figura 7. Valorile proiectate ale epruvetelor.

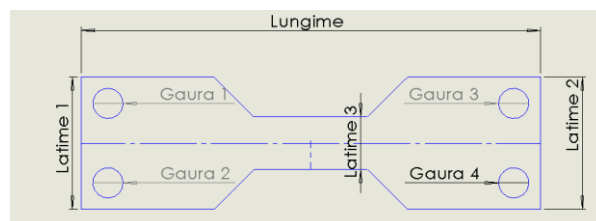


Figura 8. Măsurătorile care au fost efectuate pe epruvete

### 3 REZULTATE

După efectuarea tuturor măsurătorilor, s-a realizat un tabel centralizator, unde s-au trecut valorile dimensionale ale pieselor reale prezentate în tabelul 2 a) și b).

| Diametru gaură | Gaura 1 | Gaura 2 | Gaura 3 | Gaura 4 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| Piesa A 180 C  | 7.94    | 7.96    | 7.94    | 7.87    |
| Piesa B 180 C  | 7.94    | 7.92    | 7.84    | 7.95    |
| Piesa A 200 C  | 7.98    | 7.97    | 7.94    | 7.96    |
| Piesa B 200 C  | 7.97    | 7.98    | 7.95    | 7.93    |
| Piesa A 215 C  | 7.97    | 7.94    | 7.99    | 7.98    |
| Piesa B 215 C  | 7.98    | 7.93    | 7.94    | 7.93    |
| Proiectata     | 8.00    | 8.00    | 8.00    | 8.00    |

a)

| Lungimi       | Latime1 | Latime2 | Latime 3 | Lungime1 |
|---------------|---------|---------|----------|----------|
| Piesa A 180 C | 34.90   | 34.95   | 13.97    | 121.02   |
| Piesa B 180 C | 34.94   | 34.87   | 13.92    | 121.04   |
| Piesa A 200 C | 34.98   | 35.06   | 13.97    | 121.04   |
| Piesa B 200 C | 34.98   | 34.97   | 13.96    | 121.10   |
| Piesa A 215 C | 34.97   | 35.05   | 13.97    | 121.09   |
| Piesa B 215 C | 35.01   | 34.97   | 13.92    | 121.08   |
| Proiectata    | 35      | 35      | 13.8     | 121.2    |

b)

Tabelul 2. Valorile dimensionale măsurate;  
a) dimensiunile găurilor; b) dimensiunile lungimilor

Cu ajutorul unui model grafic, s-au evidentiat diferențele de dimensiuni între piesele prezentate în figurile de mai jos.

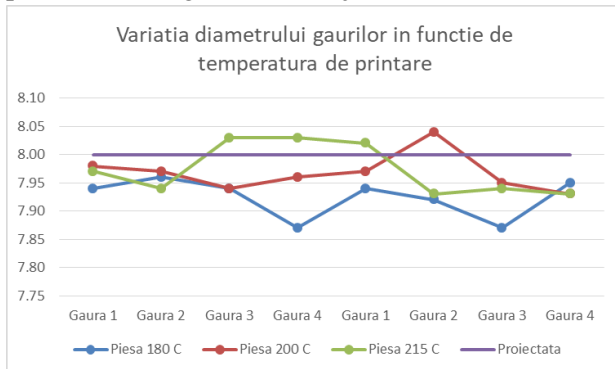


Figura 9. Variația diametrelor găurilor.

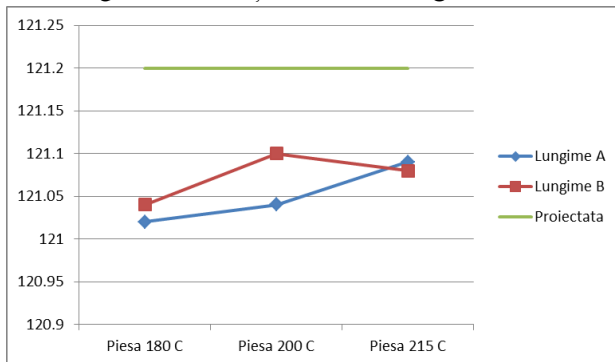


Figura 10. Variația lungimilor funcție de temperatura de printare.

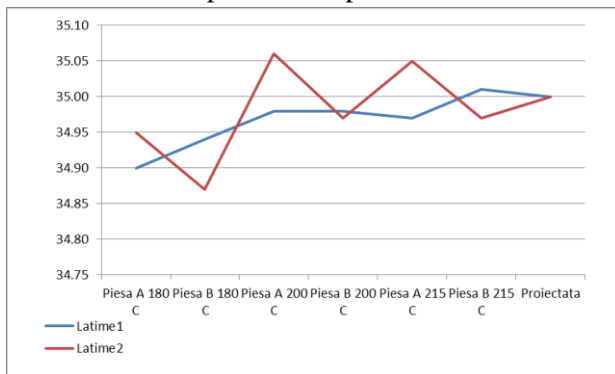


Figura 11. Variația lățimilor 1 și 2

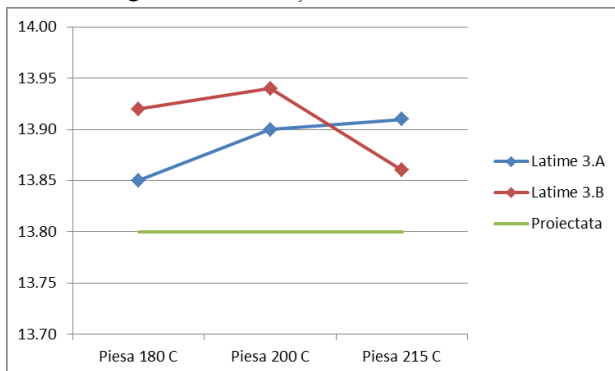


Figura 12. Variația lățimii 3 funcție de temperatura de printare.

## 4 CONCLUZII

În urma procesului de printare folosind tehnologia FDM contracțiile cauzate de către răcirea bruscă își pune amprenta asupra valorilor dimensionale la piesele executate la diferite temperaturi.

Astfel, din analiza rezultatelor obținute se poate concluziona faptul că epruvetele rezultate în urma procesului de imprimare 3D nu s-au încadrat în valorile proiectate inițial varianta cea mai optimă de temperatura fiind 200°C, caz în care diferențele dimensionale sunt minime.

În concluzie, se recomandă verificarea dimensiunilor proiectate în fișierul CAD și monitorizarea parametrilor de lucru în timpul procesului de printare. De asemenea, se recomandă eventual ajustare a valorilor de proiectare, astfel încât să se obțină valoarea dorită la printarea 3D, atunci când este cazul (de exemplu la piese care se îmbină și la care diferențe de câțiva microni pot face imposibilă asamblarea).

## BIBLIOGRAFIE.

- [1] T.D. Chicioreanu, D. Popescu, C.G. Amza, Realitate augmentată și printare 3D, Printech București, ISBN 978-606-23-0650-2;
- [2] <http://www.zspotmedia.ro/blog/printare-3d/#tabs-1>. (06/05/2017)
- [3] <http://www.worldmaterialsforum.com/files/Presen-tations/WS1-1/WMF%202016%20-%20WS%201.1%20-%20Sung%20Ha%20Final.pdf> (06/05/2017)