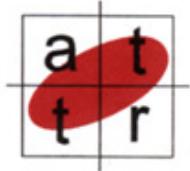


# CONFERINȚA NAȚIONALĂ DE TURNĂTORIE ȘI EXPOZIȚIE CU PARTICIPARE INTERNAȚIONALĂ, EDIȚIA 21

12 - 14 Iunie 2012, IAȘI, ROMÂNIA



ASOCIAȚIA TEHNICĂ DE TURNĂTORIE DIN ROMÂNIA  
și  
UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" IAȘI



Organizează

CEA DE-A 21<sup>a</sup> CONFERINȚĂ NAȚIONALĂ  
DE TURNĂTORIE

*Evenimentul se va desfășura în perioada 12 – 14 Iunie 2012 la Iași.  
Specialiștii români și străini vor prezenta lucrări tehnico-științifice sau cu caracter comercial,  
alături de expoziția specializată*



## Informații:

Președinte:

Prof. Iulian Riposan

Tel. +40 21 4029543; Fax: +40 21 3169562; e-mail : riposan@foundry.pub.ro

Secretar Executiv:

Dr. Ing. Ion Bacanu

Tel & Fax: +40 21 3200172; 3203278;

e-mail: ibacanu@huettenes-albertus.ro, office@foundry-attr.ro

## **Aplicarea tehnologiilor de prototipare rapidă și reconstituire geometrie în turnarea pieselor**

Prof.dr.ing. Dorian Nedelcu, [d.nedelcu@uem.ro](mailto:d.nedelcu@uem.ro), Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița  
Sef lucrări dr.ing. Lupinca Cinca Ionel, [c.lupinca@uem.ro](mailto:c.lupinca@uem.ro), Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița

**Rezumat:** Lucrarea își propune să prezinte posibilitățile de aplicare a tehnologiilor de prototipare rapidă (Rapid Prototyping) și reconstituire geometrie (Reverse Engineering) în turnare, parametrii și tehniciile de lucru ale echipamentele din dotarea Centrului pentru Simulații Numerice și Prototipare (CSNP), centru care a luat ființă în cadrul Universității „Eftimie Murgu” Reșița printr-un proiect finanțat din fonduri europene [1]. Baza materială a centrului (imprimanta 3D Objet Desktop 30, scannerul 3D Noomeo Optimum, software specializat) asigură posibilitatea de a aborda o gamă variată de servicii 3D: prototipare rapidă, reconstituire geometrie, control dimensional.

### **1. Tehnologia de prototipare rapidă**

Prototiparea rapidă reprezintă o tehnologie utilizată la fabricarea obiectelor fizice direct din fișiere generate într-un program de proiectare asistată de calculator (CAD). Sunt disponibile mai multe sisteme de prototipare rapidă; tehnologia descrisă în această lucrare creează obiectul 3D, prin depunerea de straturi succesive, deci prin adăugare de material, contrar metodelor clasice, cum ar fi frezarea sau strunjirea, prin care obiectele sunt generate prin eliminare de material. Echipamentul care generează obiectul 3D se numește generic imprimantă (printer) 3D, având aceeași funcție cu o imprimantă normală, diferența fiind dată de faptul că acesta imprimă într-un plan, pe când imprimanta 3D creează fizic obiectul spațial. Imprimanta 3D din dotarea CSNP este 3D Objet Desktop 30 [2]. Etapele de prototipare rapidă ale unui obiect 3D sunt:

- **Generarea fișierului CAD** – se realizează într-un program de proiectare asistată: AutoCAD, Inventor, SolidWorks, Microstation, Catia, etc. Figura 1 prezintă geometria unei bucșe creată în SolidWorks.

- **Conversia fișierului în format STL** – formatul Standard Triangulation Language – Stereolithography este un format standardizat adoptat în industria Rapid Prototyping, care memorează suprafața tridimensională a unui obiect prin intermediul unui ansamblu de triunghiuri plane, pentru fiecare triunghi fiind memorate coordonatele celor trei vertex-uri și direcția normalei exterioare. Generarea fișierului STL este o simplă opțiune de export din programul CAD. Figura 2 prezintă geometria bucșei în format STL.

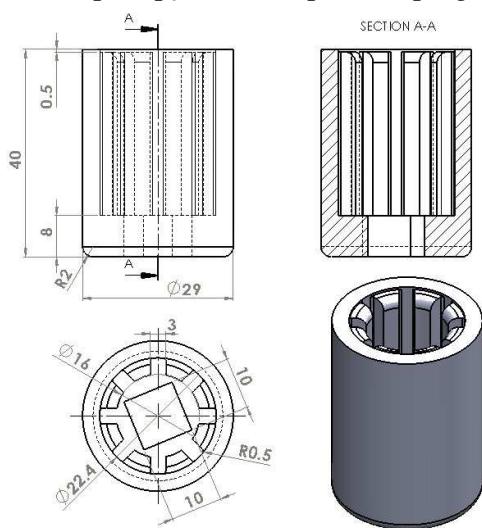


Fig. 1 Geometrie bucșă creată în SolidWorks

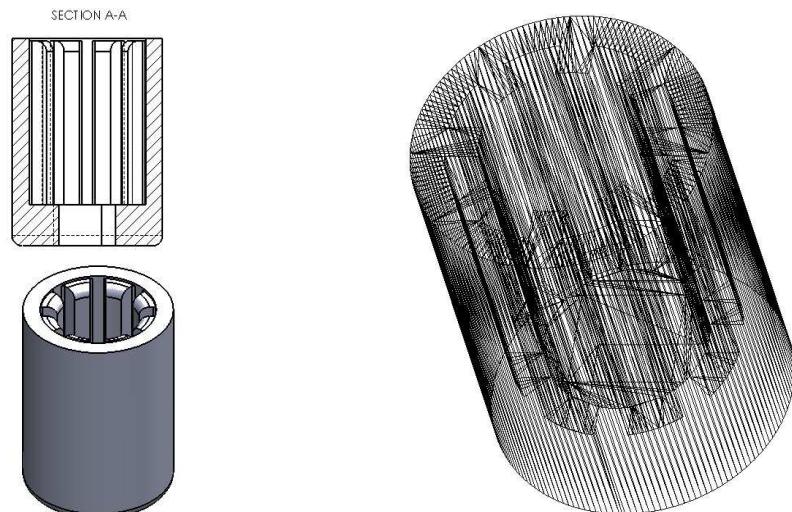


Fig. 2 Geometrie bucșă exportată în format STL

- Descompunerea obiectului în straturi** – se realizează într-un program specializat oferit de furnizorul imprimantei. Pentru imprimanta 3D Objet Desktop 30 aplicația Objet Studio™ gestionează întregul proces de imprimare: obiectul este descompus într-un număr de straturi, cu grosime de 28 µm; în cazul bucșei geometria este descompusă în 1470 de straturi de grosime 28 µm. De asemenea aplicația generează suplimentar o structură pentru suportul materialului pe durata generării obiectului 3D; materialul model este utilizat la imprimarea părților pline ale unui model, iar materialul suport este utilizat la susținerea materialului model pe durata generării obiectului 3D, precum și la imprimarea volumului golurilor dintr-un model. Figura 3 prezintă plasarea bucșei pe tava de imprimare în aplicația Objet Studio™. Dimensiunile bucșei, descompusă în 401306 triunghiuri, sunt: diametru 29 mm x înălțime 40 mm; pentru imprimarea acestieia se va consuma 31 g material model, 4 g material suport, iar timpul de imprimare va fi de 4 h 14 minute.

- Generarea obiectului 3D strat cu strat** – se poate realiza din diverse materiale model: polimeri [3], folii laminate de plastic [4] sau chiar hârtie [5]. Imprimanta 3D Objet Desktop 30 utilizează 5 tipuri de materiale în 4 culori: VeroWhitePlus Opaque, VeroBlue Opaque, VeroBlack Opaque, VeroGray Opaque, DurusWhite Polypropylene-like, cu următoarele proprietăți mecanice: rezistență la tracțiune 49.8 MPa, rezistență la încovoiere 74.6 MPa, modul de elasticitate 2495 MPa, alungire la rupere 20%. Acești polimeri permit generarea de obiecte fizice care prezintă stabilitate dimensională și o înaltă precizie a detaliilor geometriei. Figurile 4 și 5 prezintă imagini ale bucșei creată pe imprimanta 3D Objet Desktop 30.

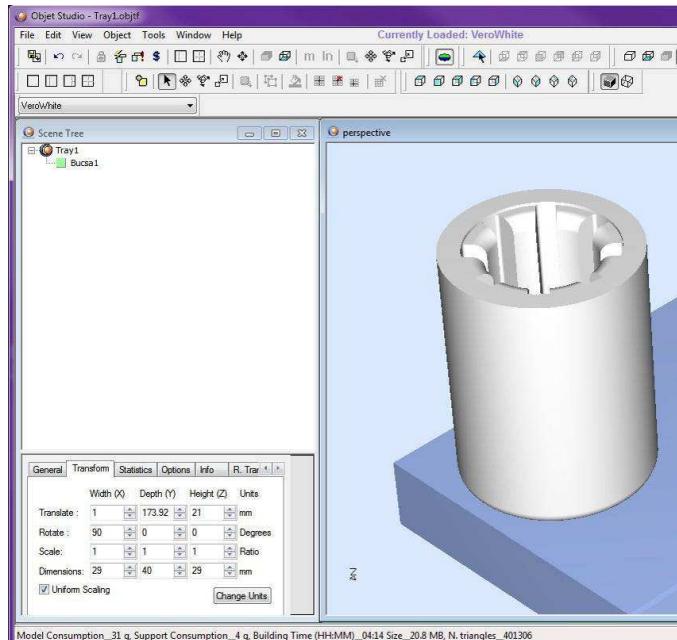


Fig. 3 Bucșă plasată pe tava de imprimare în aplicația Objet Studio™



Fig. 4 Bucșă creată fizic de imprimanta 3D Objet Desktop 30

- Curățarea și finalizarea obiectului** – constă în extragerea obiectului din imprimantă. În final se pot aplica diferite operații: tratarea suprafețelor prin șmirgheluire sau vopsire, care îmbunătățesc aspectul vizual al obiectului și durata de utilizare a acestuia. Pentru obiectele generate de imprimanta 3D Objet Desktop 30,

Îndepărtarea materialului suport FullCure, un gel non-toxic de tip fotopolimer, se realizează jet de apă sub presiune, prin intermediul WaterJet System Objet, inclus ca și echipament în configurația imprimantei.



Fig. 5 Bucșă creată fizic de imprimanta 3D Objet Desktop 30

## 2. Imprimanta 3D Objet Desktop 30

Caracteristicile tehnice ale imprimantei 3D Objet Desktop 30, figura 6, sunt următoarele:

- grosime straturi (pe direcția Z) 28  $\mu$ m;
- dimensiuni maximale de imprimare (X×Y×Z glossy) 294 x 192.7 x 148.6 mm;
- rezoluție X-axis / Y-axis / Z-axis: 600 dpi / 600 dpi / 900 dpi;
- acuratețe 0.1 mm;
- format geometrie: fișiere STL sau SLC.

Greutatea de 93 kg și dimensiunile 82.5 cm x 62 cm x 59 cm ale imprimantei permit plasarea acestuia într-un birou, fără necesitatea unor condiții speciale. Condițiile de operare sunt cele normale: 18-25°C, umiditate relativă 30-70%, procesul de imprimare nefiind toxic. Imprimanta 3D este comandată de softul dedicat Objet Studio™, care permite orientarea automată/optimizată a piesei/pieselor pe tavă, divizarea în straturi în timp real, simularea procesului de imprimare și oferă informațiile referitoare la materialul consumat și timpul de generare, anterior lansării procesului de imprimare. Fișierele de intrare cu geometria 3D pot fi de tip STL sau SLC, care pot fi generate din orice program CAD. Modelele nu necesită finisări ulterioare, dar pot fi în continuare prelucrate prin găurire, lipire, acoperire metalică, vopsire. Grosimea pereților este de 0.6 mm, iar diametrul minim al găurilor este de 1 mm. Imprimanta are capacitatea de a genera modele de ansamblu funcționale (mecanism bielă-manivelă, piese filetate, roți dințate, etc.).

Tehnologia Objet PolyJet inkjet patentată [6] constă în depunerea, pe tava de imprimare, a mai multor straturi succesive de polimeri de grosime de 28  $\mu$ , până la finalizarea piesei. Aplicația Objet studio™ gestionează întregul proces de imprimare. Fiecare strat de fotopolimer depus este imediat întărit printr-o lampă cu ultraviolete, rezultând astfel piese finite, care pot fi manevrate fără o tratare ulterioară, fig. 7. Materialul suport de tip gel, care este special conceput pentru a susține geometrii complicate pe durata imprimării, poate fi ușor înlăturat manual prin jet de apă sub presiune.

Imprimanta este alimentată prin intermediul a patru cartușe cu capacitate de 1 kg fiecare, din care 2 sunt pentru materialul model, iar 2 pentru materialul suport. Interfața de control a imprimantei afișează permanent tipul și greutatea materialelor disponibile în cartușe.



Fig. 6 Imprimanta 3D Objet Desktop 30

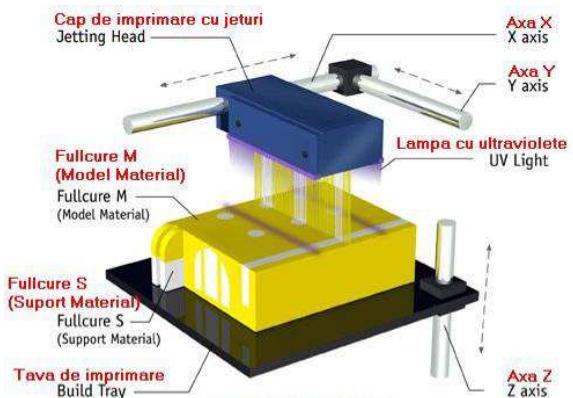


Fig. 7 Tehnologia Objet Polyjet

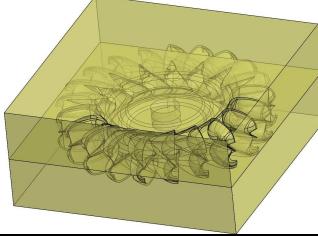
### 3. Aplicarea tehnologiei de prototipare rapidă la crearea modelelor pentru turnarea în nisip

Una din multiplele aplicații unde poate fi utilizată imprimanta 3D este crearea modelor pentru turnarea în nisip, prin parcurgerea etapelor din tabelul 1:

**Tabel 1**

Etapa	Descrierea operației	Exemplificare
1.	Generarea geometriei piesei/pieselor într-un program de proiectare asistată de calculator	
2.	Imprimarea modelului (modelelor) cu imprimanta <b>3D Objet Desktop 30</b>	
3.	Realizarea miezurilor și demularea	

Tabel 1

Etapa	Descrierea operației	Exemplificare
4.	Asamblarea miezurilor	
5.	Turnarea propriu-zisă, debaterea formei și obținerea semifabricatului turnat.	

#### 4. Tehnologia de reconstituire a geometriilor pieselor

Rehnologia Reverse Engineering este un proces prin care se reproduce numeric un obiect fizic, prin scanare 3D. În urma scanării rezultă un „nor de puncte”, format de coordonatele tridimensionale ale acestora, care prin intermediul unor aplicații specifice, se poate transforma într-o rețea poligonală (mesh) și ulterior în suprafețe de tip NURBS respectiv solide. În final se obține un fișier care poate fi prelucrat de programe CAD. Echipamentul care realizează scanarea este denumit generic scanner 3D.

Echipament din dotarea centrului care permite scanarea unui obiect/piese și reconstituirea geometriei acestuia în calculator este scannerul 3D Noomeo Optimum, fig. 8. Caracteristicile tehnice ale scannerului sunt:

- volumul obiectelor care pot fi scanate se încadrează în domeniul  $10 \text{ cm}^3 \div 1\text{m}^3$ ;
- acuratețe  $\pm 100 \mu\text{m}$ ;
- rezoluție spațială  $300 \mu\text{m}$ ;
- portabilitate prin conexiune la un laptop;
- autonomie de scanare la nivel de ore oferită de acumulatorul inclus în configurație.

Scannerul Noomeo Optimum [7] combină tehnologia luminii structurate, care permite captarea instantanee a geometriei prin analiza deformării unor repere luminoase repetitive proiectate pe obiect, cu procesarea imaginii 2D, care permite obținerea poziției scannerului față de obiectul vizat și capturarea texturii acestuia. Astfel, prin procesarea imaginii 2D, se obține autopozitionarea, care elimină necesitatea utilizării markerilor, iar fluxul de lumină oferă informațiile suplimentare necesare preluării geometriei sub forma unui nor de puncte.

Scannerul este însoțit de software dedicat NumiSoft, care intermediază întreg procesul de achiziție și realizează reconstrucția modelului 3D la nivel de nor de puncte. În același timp, NumiSoft constituie driverul de comunicare cu partea hardware și conține algoritmi specifici pentru procesarea norului de puncte: aliniere 3D a norului de puncte, reconstrucție automată a modelului 3D, capabilități de curățare a norului de puncte, rafinarea muchiilor ascuțite, optimizări punctuale, export nor de puncte în format ASCII și XYZ, comparație cu geometrie STL-CAD la nivel de puncte, strategii de aliniere de tip geometrie și/sau textură.



Fig. 8 Scanerul 3D Noomeo Optimum

Tabelul 2 prezintă etapele de scanare a unei piese:

Tabel 2			
		<b>1. Piesa scanată</b>	<b>2. Nor de puncte</b>
		<b>3. Rețea poligonală 3D (Mesh)</b>	<b>4. Model 3D solid</b>

## 5. Aplicația AnyCasting

Aplicația AnyCasting [8] este un program de simulare numerică a umplerii și solidificării topiturii în procesele de turnare și oferă rezultate bi/tridimensionale în diferite variante de reprezentări grafice. AnyCasting oferă un solver rapid, cu mare stabilitate și precizie, permitând utilizatorilor să identifice defectele sau problemele produsului în modul cel mai simplu și mai rapid: verificarea curgerii, modelele de solidificare și defectele într-un proces de turnare. Oferă grafice excelente și o generare rapidă a rețelei de discretizare, care poate fi realizată uniform sau variabil, cu posibilitatea aplicării unui control local pe porțiuni ale piesei.

Capabilități de simulare ale aplicației AnyCasting: analiza curgerii staționare și nestaționare, posibilitatea introducerii de informații referitoare la proprietățile dependente de temperatură sau timp (temperatură, presiune, conductivitate termică, căldură specifică, viscozitate, etc.), analiza separată a solidificării sau curgerii, analiza curgerii cu solidificare, predicția schimbării de fază, transferul de căldură între interfețele dependente de timp, temperatură, presiune și proces de turnare, simularea modelului de vâscozitate newtonian și non-newtonian, simularea a trei tipuri de modele de turbulentă, tensiune tridimensională de suprafață, de unghi de adeziune la perete, simularea modelului de predicție retasură (mărimea granulelor, gradiene de temperatură, etc.), simularea modelului de predicție microstructură, predicția proprietăților mecanice, posibilitatea simulării diferitelor condiții termice pentru granița peretelui în funcție de timp, rata de umplere și rata de solidificare, simularea condițiilor de frontieră pentru viteză, presiune, înălțime, simularea diferitelor modelări ale bazinelor de turnare, simularea a două tipuri de funcții de modelare canal, modelarea stoperului și fiderului, modelarea ventilării și eșapării, forță de rotație pentru axe aleatorii, simularea turnării ciclice.

Fig. 9 și 10 exemplifică rezultatele obținute prin aplicația AnyCasting pentru o simulare realizată pe un butuc rotor [9].

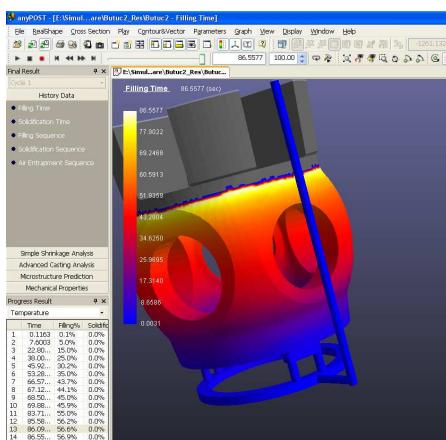


Fig. 9 Timpul de umplere

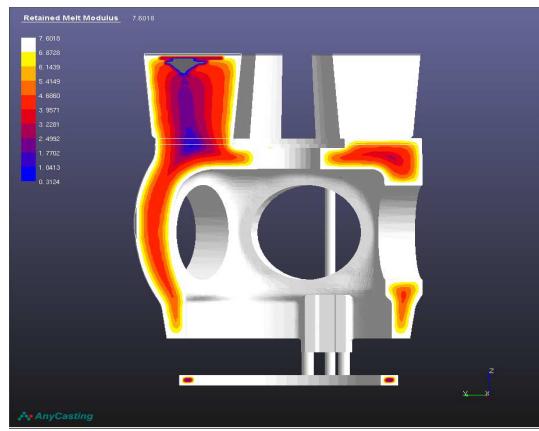


Fig. 10 Analiza reținerii topiturii în zona modulului

## 6. CONCLUZII

Avantaje ale utilizării imprimantei 3D pentru generarea modelului de turnare:

- precizia deosebit de ridicată a piesei/pieselor;
- rapiditatea imprimării geometriei piesei/pieselor;
- posibilitatea de scalare a geometriei piesei/pieselor;
- posibilitatea de imprimare a unor geometrii deosebit de complexe.

În turnătorie tehnologiile Rapid Prototyping și Reverse Engineering pot fi aplicate în diverse scopuri, cum ar fi:

- explorarea rapidă și cu costuri reduse a variantelor constructive ale aceleiași piese;
- crearea de machete, care permit evidențierea defectelor de proiectare, înainte de intrarea în producție de serie, economisind astfel timp și bani;
- construirea de ansambluri de piese care pot fi analizate și testate din punct de vedere funcțional;
- utilizarea ca modele pentru piese turnate;
- prototipuri unicat pentru prezentări vizuale, cu rezoluție ridicată și capabilități de redare a detaliilor;
- în cazul în care documentația pentru o piesă este insuficientă sau nu există;
- documentația piesei este învechită sau nu poate fi citită corect;

- producătorul piesei nu mai există ca firmă sau nu mai fabrică piesa;
- piesele sunt uzate sau rupte și nu mai există furnizori;
- actualizarea procesului de fabricația a unei piese;
- controlul dimensional al pieselor.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] <http://www.csnp.roedu.ro>
- [2] [http://www.objet.com/3D-Printer/Objet/Desktop\\_Family/](http://www.objet.com/3D-Printer/Objet/Desktop_Family/)
- [3] <http://www.objet.com/3D-Printing-Materials/>
- [4] <http://www.solido3d.com/default.htm>
- [5] <http://www.mcortechnologies.com/>
- [6] [http://www.objet.com/PRODUCTS/PolyJet\\_Technology/](http://www.objet.com/PRODUCTS/PolyJet_Technology/)
- [7] <http://www.noomeo.eu>
- [8] <http://www.anycasting.com>
- [9] Marta. C. - Aplicații de turnare prin AnyCasting, Editura Eurostampa, ISBN 978-606-569-286-2  
Timișoara, 2011.