

CERCETĂRI PRIVIND APLICABILITATEA PROTOTIPĂRII RAPIDE ÎN DOMENIUL BIOMEDICAL ȘI MECATRONIC

Drd. ing. Năstase-Dan CIOBOTA, Prof. univ. dr. ing. EurIng. Dr.H.C. Gheorghe Ion GHEORGHE

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică
și Tehnica Măsurării (INCDMTM)

REZUMAT. Deoarece tehnologiile emergente avansează foarte repede și trebuie să fim informați cu privire la noile tehnologii în funcție de materialele de prelucrare, această lucrare prezintă o nouă tehnologie high-tech bazată pe laser pentru prelucrarea a numeroase tipuri de materiale. Această tehnologie este relativ nouă (generație 90 - 2000), dar în mod specific pentru titan este o tehnologie de vârf. Piesele obținute în acest mod au proprietăți mecanice excelente, potrivite pentru utilizarea în domeniul de cercetare precum: mecatronică, biomecanică, mecanică de precizie, microtehnologii.

Cuvinte cheie: mecatronică, prototipare rapidă, CAD/CAM/FEA, printare 3D.

ABSTRACT. Because emerging technologies advance very fast and we need to keep informed about this new processing materials technologies, this paper present a very new high-tech laser-based technology for processing a various list of materials. This technology is relatively new ('90-2000 generation) but specifically for titanium is a top technology. The parts obtained in this way has excellent mechanical properties, suitable for use in research fields like: mechatronics, biomechanics, precision mechanics, microtechnologies.

Keywords: mechatronics, rapid prototyping, CAD/CAM/FEA, 3D printing

1. INTRODUCERE

Procedeele sinterizării selective laser au în vedere o mare varietate de materiale din care vor rezulta produse aflate la un stadiu superior de performanțe, cu proprietăți fizico-mecanice apropiate de solicitările din organele de mașini uzuale.

Tehnologiile de prototipare și producție rapidă folosind materiale și procese noi s-au dezvoltat în ultimii ani pe mai multe direcții, în funcție de materialul utilizat și de tehnologia de solidificare a materialului.

La ora actuală INCDMTM este unic în țară în ceea ce privește nivelul de dotare pentru tehnologiile de Sinterizare Selectivă cu Laser pentru metale.

Sinterizarea selectivă cu laser (SSL), sau SLS – Selective Laser Sintering, este o familie de metode care poate construi un corp solid din diverse tipuri de materiale (plastic, metal, ceramică, inclusiv metale foarte rare sau cu proprietăți fizico-mecanice și de biocompatibilitate deosebite) prin solidificarea pulberii de material, urmare a expunerii succesive a straturilor de pulberi la fasciculul laser de diverse puteri.

Pentru toți cei ce lucrează cu fișiere tip STL (Standard Tessellation Language – un format de fișiere pentru modele poligonale utilizat în

prototiparea rapidă), există diverse soluții software dintre care cea mai completă și aparent ideală este Magics de la Materialise Software, Belgia.

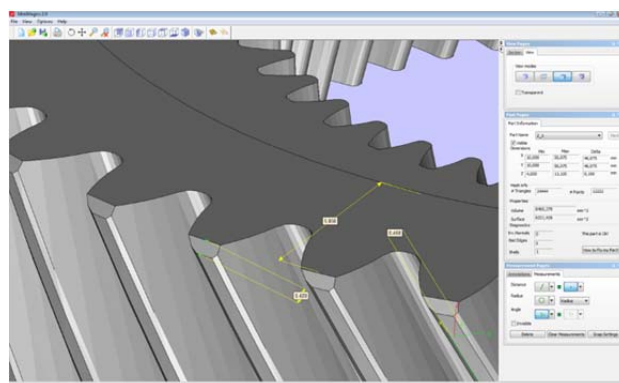


Fig. 1.1. Prelucrarea fișierelor STL cu interfață de previzualizare/ măsurare/ corectare

Magics a devenit standard în domeniu datorită atât ușurinței în utilizare cât și eficienței dovedite atunci când vine vorba despre lucrul cu fișiere de date 3D – suprafețe și volume.

Acest software oferă unelte specializate și cu un înalt grad de automatizare pentru manipularea fișierelor 3D STL. Mai mult, acest tip de fișiere pot fi corectate în câteva minute cu ajutorul unor unelte

deosebite ce pot interacționa direct asupra zonelor ce prezintă erori de suprafață.

Pentru cercetătorii implicați în activitatea de cercetare-dezvoltare-inovare pentru prototipare și fabricare rapidă, Magics devine o unealtă indispensabilă de lucru. Magics este unicul software dedicat și optimizat în întregime pentru necesitățile și caracteristicile individuale ale proceselor de prototipare rapidă.

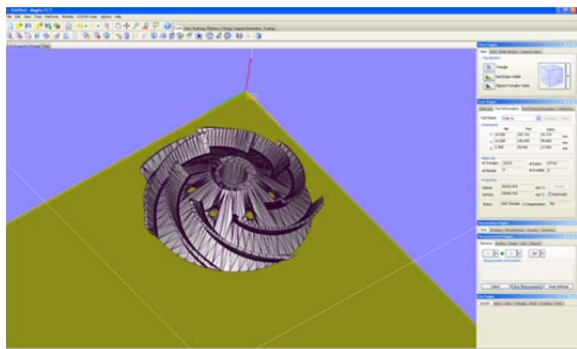


Fig. 1.2. Turbină specială pentru industria aeronautică cu geometria corectată și gata de a fi transferată procesului de sinterizare selectivă cu laser.

Funcționalitățile și comenzile eficiente 3D ale Magics RP (Magics Rapid Prototyping) asigură obținerea unei calități de excelență a prototipurilor în cel mai scurt timp, asigurând totodată obținerea întregii documentații asupra procesului.

Software-ul este certificat ISO 9001:2000 și este conform legislației CE și FDA.

Magics va oferi controlul deplin asupra fișierelor STL.

Câteva din funcțiile oferite de Magics RP Base:

- vizualizare, măsurare și manipulare a fișierelor STL;
- detectarea și repararea erorilor fișierelor STL, unire suprafețe învelișuri, decupare suprafețe, detectare dublă triangulație
- decupare fișiere STL, perforator de orificii.

2. EXEMPLE DE APLICAȚII ÎN DOMENIUL MEDICAL ȘI BIOMEDICAL

Corpul uman are o geometrie foarte variată iar estetica lui are un rol major în integrarea omului în societate. Elementele de protezare personalizate, ce țin cont de variabila individuală sunt din ce în ce mai căutate, înlocuind protezele standardizate, inestetice. Mai mult, aceste elemente de protezare personalizate pot fi folosite într-un spectru foarte larg de specialități chirurgicale, precum ortopedia, neurochirurgia, chirurgia cranio-maxilo-facială, ortopedie-traumatologie, etc.

În termeni matematici FEA, (metoda elementelor finite) reprezintă o tehnică numerică de rezolvare a problemelor pe baza unui set de ecuații diferențiale. Se referă la acele probleme care apar în mod uzual în multe domenii ale ingineriei, cum ar fi proiectarea mașinilor, acustică, electromagnetism, mecanică, dinamica fluidelor și altele. În ingineria mecanică, FEA este utilizată în special pentru rezolvarea problemelor structurale, de vibrații sau termice.

FEA nu reprezintă numai un instrument disponibil pentru analiză numerică. Alte metode numerice folosite în inginerie includ Metoda Diferenței Finite (FDM), Metoda Elementelor Limita (BEM) sau Metoda Volumelor Finite (FVM). În orice condiții datorită versatilității și eficienței, FEA domină actual piața analizei în domeniul ingineresc, în timp ce alte metode au devenit aplicații de nișă. Folosind FEA, se pot analiza orice forme, se pot pune diferite condiții pentru a „idealiza” geometria și obține rezultate cu acuratețea dorită. Teoria FEA, formularea numerică a problemelor și metoda de rezolvare sunt complet transparente pentru utilizatori în condițiile implementării unui soft modern, cum este și COSMOSWorks.

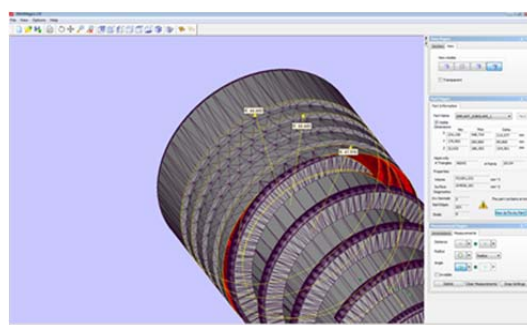


Fig. 2.1. Evidențierea erorilor de proiectare înainte de a porni procesul de sinterizare selectivă laser.

Un instrument puternic de analiză FEA, este folosit pentru a rezolva probleme pe un interval larg, de la simplu la complex. Inginerii proiectanți utilizează FEA în timpul procesului de proiectare pentru a analiza „design-in-progress”. Impunerile de timp și disponibilitatea limitată a produselor, cer multe simplificări în procesul de analiză. La celălalt capăt al intervalului, FEA rezolva probleme complicate, de tipul „crash test” dinamic pentru autovehicule, turnarea metalului, analiza biostructurilor.

Privitor la complexitatea proiectului sau a domeniului de aplicație, pașii fundamentali în FEA sunt aceiași indiferent dacă este vorba de o analiză structurală, termică sau acustică. Punctul de început este reprezentat de modelul geometric, în cazul nostru piesa sau ansamblul SolidWorks.

Acestui model îi sunt asigurate proprietăți de material, sunt definite încărcări și restricții. Pasul următor reprezintă discretizarea modelului pentru

analiză, ca în orice situație când se folosește un instrument de analiză bazat pe aproximări numerice.

Prin tehnologiile de prototipare rapidă (rapid prototyping) se pot realiza combinații unice de materiale și forme geometrice (spre exemplu, geometria unei vertebre umane, care are o geometrie unică pentru fiecare vertebră, fie ea cervicală, toracică, lombară sau sacrală, poate fi realizată fără probleme prin intermediul prototipării rapide). Metodele tradiționale de fabricație cedează teren în față acestei tehnici revoluționare, în domenii ca: inginerie biomedicală, electronică, aeronautică, arhitectură, arheologie, medicină, generând chiar noi domenii de studiu, cum ar fi proiectarea țesuturilor umane.

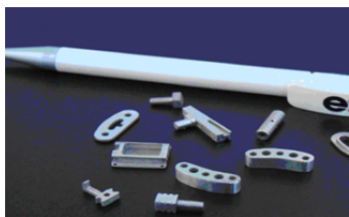


Fig. 2.2. Elemente de protezare finite (unicat)

La realizarea acestor game de produse cu geometrii complexe au fost necesare crearea și utilizarea de rețete de pulberi metalice de tip biocompatibil. Pentru obținerea amestecurilor pulverulente de pulberi metalice au fost utilizate tehnologii specifice metalurgiei pulberilor, coroborate cu metode speciale generate de cerințele impuse de biocompatibilitate. Pulberile metalice utilizate, sunt supuse unui riguros control chimic asupra elementelor componente (exprimat în procente volumice) și un control strict al dimensiunii particulelor (exprimat prin: diametrul mediu și factorul de formă).

De menționat un aspect foarte important în ceea ce privește aria de aplicație în domeniul biomedical: în cazul elementelor de protezare realizate prin procedee clasice, un rol negativ îl joacă tensiunile interne acumulate de-a lungul proceselor mecanice de prelucrare, la care sunt supuse materiale, în vederea obținerii geometriei finale adecvate tipului de utilizare dorită. Elementele de protezare realizate prin tehnologia de sinterizare selectivă prezintă avantajul eliminării acestor tensiuni cu efect negativ, care în timp conduc la fragilizări zonale, deci durate de viață restrânse. În cazul realizării de elemente de protezare prin procedee clasice de prelucrare, produsele sunt impurificate prin contactul direct realizat cu sculele de prelucrare, neajuns eliminat complet la utilizarea tehnologiei de prototipare cu laser.

Procesul de sinterizare selectiv poate genera produse cu parametri fizico-mecanici diferiți, controlabili, prin intermediul software-ului, funcție de destinația finală a elementului de protezare. Acest factor determinant al calității elementului de prote-

zare poate fi modelat prin realizarea de treceri repetate (cumulate) ale spotului laser pe aceeași zonă, fapt care conduce direct la obținerea de durități superioare (zonale).

3. EXEMPLE DE APLICAȚII INDUSTRIALE ÎN DOMENIUL MECATRONIC

Expertiza INCDMTM în domeniu:

1. Fabricarea de modele și prototipuri pentru produse biomedicale destinate protezării;
2. Fabricarea de prototipuri funcționale pentru industria auto și aerospațială;
3. Realizarea de matrițe de înaltă calitate;
4. Proiectare și posibilități de testare statică și dinamică a protezelor și a altor piese mecanice pentru industrie;
5. Posibilități de realizare geometrii complexe imposibil de realizat prin alte procedee de prelucrare a metalului.



Fig. 3.1. Turbină specială pentru industria aeronautică.

Pentru dezvoltarea de aplicații industriale în domeniul mecanică de precizie INCDMTM folosește software de proiectare CAD și software specializat pentru prototipare rapidă:

- SolidWorks 2015 SP3.0, RapidWorks 2.3.1, NextEngineHD;
- EOS RP-Tools (single non-expiring licence);
- EOS PSW offline (single non-expiring licence);
- Materialise Magics RP v.10 licensed version with additional module SG;
- EOSTYLE.

4. CONCLUZII

Tehnologia, fiind realizată după anul 2000, este într-o continuă expansiune datorită:

- diversificării continue a tipurilor de rețete utilizate (de materiale pulverulente biocompatibile);
- perfecționării agregatelor prin mărirea zonei active de lucru.

Se are astfel în vedere, de către producătorii agregatelor, diversificarea programelor soft, pentru obținerea de tratamente termice de sinterizare cu laser mai performanțe, funcție de scopul utilizării finale a elementelor de protezare a țesuturilor dure umane .

PROGRESUL TEHNOLOGIC, REZULTAT AL CERCETĂRII

Principalele avantaje ale produselor de tip proteză a țesutului dur uman se evidențiază prin posibilitatea de realizare în timp scurt a unor geometrii complexe (dedicate utilizatorului), la parametri fizico-mecanici similari cu cei ai materialelor obținute prin procedeul clasic de turnare.

Datorită extinderii continue a numărului de utilizatori, a fost posibilă realizarea unei scăderi accelerate a prețurilor de cost al utilajelor pentru prototipare rapidă. Acest factor a influențat direct scăderea prețurile de cost finale ale produselor de protezare realizate.

Astfel, protezele pentru țesuturile dure umane devin tot mai accesibile populației, fiind solicitate mai mult și într-o gama diversificată tipo-dimensional, cu trend de creștere continuu.

INCDMTM susține crearea unui pol de excelență în cercetare de nivel european cu un climat favorabil pentru cercetare-dezvoltare de noi tehnologii relaționate cu imagistică medicală CT și RMN, modelarea geometrică 3D a structurilor osteo-articulare, parametrizarea mecanică și analiză FEM (Finite Element Method – Metoda Elementului Finit), chirurgie asistată de computer și evaluarea cantitativă a metodelor corective chirurgicale și ortopedice.

Principala capabilitate a prototipării rapide (rapid prototyping) este aceea că permite realizarea în interval de 3 până la 72 de ore (în funcție de complexitatea modelului) a unui prototip, pornind de la un model proiectat în CAD (computer aided design – proiectare asistată de computer) sau cu ajutorul unui software de simulare a modelării (simulation modelling software).

Impactul implementării tehnologiei de prototipare rapidă se concretizează prin realizarea următoarelor obiective:

- creșterea capacității de cercetare prin dezvoltarea infrastructurii de CD și atragerea de tineri și de specialiști de înaltă calificare;

- întărirea ofertei de cunoștințe realizată de universități și institute de CD;
- stimularea transferului tehnologic bazat pe cooperarea dintre instituții CD și întreprinderi;
- stimularea cererii de inovare a întreprinderilor;
- susținerea formării și dezvoltării firmelor bazate pe noi tehnologii;
- dezvoltarea de poli de excelență.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bannon, B. P., and Mild, E. E., „Titanium Alloys for Biomaterial Application: An Overview,” Titanium Alloys in Surgical Implants, ASTM STP 796, H. A. Luckey and Fred Kubli, Jr., Eds., American Society for Testing and Materials, 1983, pp. 7-15
- [2] Ciobota N.D., Titanium and Titanium Alloys for Biomedical and Industry Applications, National Institute of Research and Development for Mechatronics and Measurement Technique, Bucuresti, International Conference 6th Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration on promoting Advanced Technologies In Manufacturing WESIC'08, Bucharest 25-26 September 2008
- [3] De Vleeschouwer, M., The Usage of Medical Images for Creating Custom FE And CFD Models, Proceedings of the 1st International Conference on Additive Manufacturing, DAAAM International, 2007.
- [4] Dolinsek, S., Kopac, J., Prodan, I. Industrial applications with DMLS rapid tooling. V: International Manufacturing Leaders Forum, , IMLF2005 : proceedings. Adelaide, Australia, 2005, pp. 117 – 122
- [5] Dumitriu, D., Drstvensek, I., Ihan-Hren, N., Balc N., Development of a Custom Maxillofacial Implant by Means of Rapid Prototyping, Proceedings of the 2nd International Conference on Additive Manufacturing, DAAAM International, 2008.
- [6] Igor Drstvensek, Natasa Ihan Hren, Tadej Strojnik, Tomaz Brajlilj, Bogdan Valentan, Vojko Pogacar, Tjasa Zupancic Hartner., „ **Applications of Rapid Prototyping in Cranio-Maxillofacial Surgery Procedures.**” International Journal of Biology and Biomedical Engineering, Issue 1, Volume2, 2008, pp. 29-38

Despre autor

Prof. univ. dr. ing. EurIng. Dr.H.C. **Gheorghe Ion GHEORGHE**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării (INCDMTM), București, România

Doctor inginer în anul 1997 în domeniul Mecanică Fină, Robotică și Mecatronică, la Universitatea Tehnică din Timișoara. De-a lungul timpului a urmat mai multe cursuri de specializare postuniversitară la firme de renume din Germania, Italia, Suedia, Austria precum și la ASE București. A obținut calitatea de inginer european, EUR ING. A fost, pe rând, inginer proiectant, cercetător științific, șef compartiment marketing, consilier, Director și director general al INCDMTM, funcție pe care o ocupă și în prezent. De la absolvirea facultății a fost în permanență cadru didactic asociat al catedrei de Mecanică Fină și Mecatronică din Universitatea Politehnică din București, a activat în cumal la Universitatea „Valahia” din Targoviște și la Universitatea Titu Maiorescu. A organizat un laborator modern pentru studenți la disciplina Metodologia Cercetării Științifice. A elaborat / participat la realizarea a 22 de brevete de invenție și este autor / coautor a 390 lucrări publicate în reviste și în volumele unor conferințe și simpozioane naționale și/sau internaționale, dintre care 20 în reviste cotate ISI. Este autorul / coautorul a mai multor volume în probleme de ingineria metrologiei, tehnologii de fabricare asistate de calculator, mecatronică aplicată, ingineria instrumentației, tehnica măsurării, senzori și transductoare pentru aplicații industriale ș.a.,