

SINTERIZAREA SELECTIVĂ CU LASER – MATERIALE

Ciofu Florin, *Ș.l.dr. ing., Universitatea “Constantin Brâncuși” din Tg-Jiu*
Stăncioiu Alin, *Ș.l. dr. ing., Universitatea “Constantin Brâncuși” din Tg-Jiu*

Abstract: Sinterizarea selectivă cu laser (SLS) este un procedeu tehnologic ce a fost inventat în 1990 și reprezintă o tehnică extrem de inovatoare în vederea obținerii rapide a prototipurilor, având un potențial deosebit care nu este încă exploatat. Principiul are la bază sinterizarea strat de strat a unor pulberi de către un fascicul laser concentrat. Procesul de consolidare a pulberii prin încălzire sub atmosferă protectoare cu o sursă de căldură poate fi clasificat, în funcție de temperatura procesului, în stare solidă și în stare lichidă.

Keywords: fascicul, materiale, pulberi

1. Introducere.

Sinterizarea selectivă cu laser este o tehnologie neconvențională de fabricare care folosește un laser de mare putere pentru a duce la fuzionarea unor granule ale unor pulberi din plastic, ceramică, sticlă transformându-se în obiecte 3D. Piesa se obține, practic scanându-se strat după strat, în secțiuni transversale alcătuite dintr-un așternut de pulbere. După fiecare secțiune transversală scanată, așternutul de pulbere este refăcut, un nou strat de material este aplicat pe partea de sus, iar procesul de repetă până când piesa este finalizată.

Comparativ cu alte procedee de fabricare neconvenționale, SLS poate produce piese într-o gamă destul de largă de materiale - pulberi disponibile pe piață, inclusiv polimeri, cum ar fi nylon, sticlă, sticlă în amestec cu nylon, polistiren sau nisip verde. Procesul fizic poate fi de topire completă, topirea parțială, sau lichid-fază de sinterizare.

SELECTIVE LASER SINTERING - MATERIALS

Ciofu Florin, *lecturer dr. ing., “Constantin Brâncuși” University-Tg-Jiu*
Stăncioiu Alin, *lecturer dr. ing., “Constantin Brâncuși” University-Tg-Jiu*

Abstract: Selective laser sintering (SLS) was invented in 1990 and represents a highly innovative rapid prototyping technique the potential of which has by no means been exploited yet. The basic principle is the layer-by-layer local sintering of the grains of a powder by a focussed laser beam. The consolidation process of the powder by heating under protective atmosphere with a heat source can be classified, according to the process temperature, into solid state and liquid state sintering

Keywords: focussed, materials, powder

1. Introduction.

Selective Laser Sintering is an additive manufacturing technology that uses a high power laser to fuse plastic, ceramic, or glass powders into a 3-dimensional object. The laser selectively fuses powdered material by scanning cross-sections generated from a 3D CAD drawing of the part on the surface of a powder bed. After each cross-section is scanned the powder bed is lowered by one layer thickness, a new layer of material is applied on top, with the process repeated until the part is completed.

Compared to other methods of additive manufacturing, SLS can produce parts from a relatively wide range of commercially available powder materials, including polymers such as nylon, glass-filled nylon, polystyrene, and green sand. The physical process can be full melting, partial melting, or liquid-phase sintering.

În funcție de material, se pot obține piese cu densități de până la 100% cu proprietăți comparabile cu cele de la metodele de fabricație convenționale. În anumite cazuri, un număr mare de piese mai mici pot fi asamblate direct în stratul de pulbere, permițând o productivitate mai mare.

Tehnologia SLS este folosită pe scară largă în întreaga lume, datorită capacității sale de a obține geometrii foarte complexe, direct de la forma digitală rezultată prin CAD. Deși a început ca o modalitate de a construi piese de tip prototip la începutul ciclului de proiectare, este tot mai utilizată în fabricație pentru producția de piese.

2. Piețe de desfacere

Tehnologia SLS poate fi utilizată cu succes în multe domenii de actualitate: auto, aerospațial, medical și stomatologie, antichități, bijuterii și artă, de automatizare, personalizate, arhitectură, farmaceutice, sănătate și frumusețe, alimente și băuturi, ambalaje.

În comparație cu sinterizarea în cuptor, laserul ca sursă de căldură oferă avantajul de depunere folosind energia localizată. Stratul de pulbere este radiat termic selectiv și la nivel local sinterizat, în timp ce partea de non-radiere termică a stratului conferă aglomerări neconsolidate.

Acest mod de interacțiune laser-pulbere poate fi aplicat în procesele de sinterizare selectivă cu laser. În acest proces de fabricație stratificat, orice formă dorită poate fi produsă într-un timp scurt (rapid prototyping, de fabricație rapide), cu recuperarea de material de nefolosit

Depending on the material, up to 100% density can be achieved with material properties comparable to those from conventional manufacturing methods. In certain cases, large numbers of smaller parts can be packed within the powder bed, allowing higher productivity.

SLS technology is used widely use around the world due to its ability to easily make very complex geometries directly from digital CAD data. While it began as a way to build prototype parts early in the design cycle, it is increasingly being used in limited-run manufacturing to produce end-use parts.

2. Markets Served

SLS technology can be used successfully in many areas of current: aerospace, medical&dental, automotive and antique automotive, jewelry and art, custom automation, architecture, pharmaceutical, health and beauty, food and beverage, packaging.

Compared to heating with a furnace, the laser as a heat source provides the advantage of localized energy deposition. The powder layer is selectively irradiated and locally sintered, while the non-irradiated part of the layer stays unconsolidated.

This laser-powder interaction manner can be applied for the generative selective laser sintering processes. In this process of layered manufacturing, any desired shape can be produced within a suitable process time (rapid prototyping, rapid manufacturing) with a minimization of wasted material.

3. Materiale

3.1. Duraform PA

3. Materials

3.1. Duraform PA

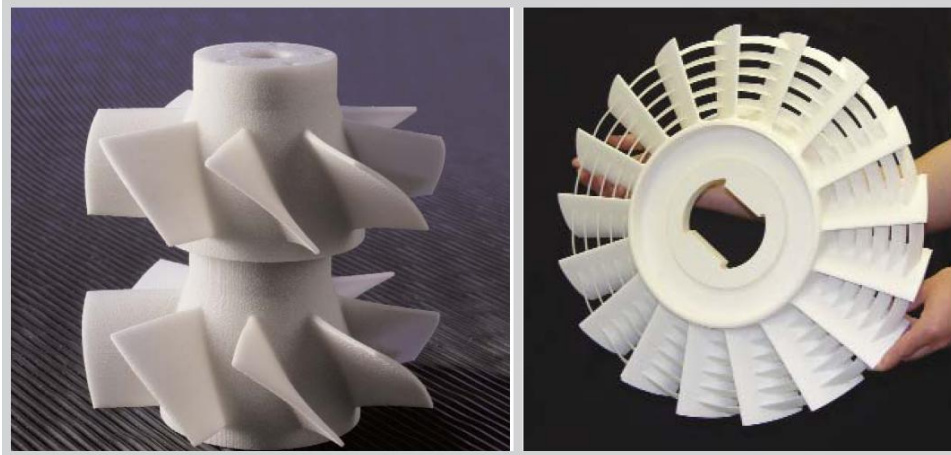


Figura 1. Piese din DURAFORM PA/ Figure 1. Parts of DURAFORM PA

<p>Aplicații/ Applications</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Complexe, conducte cu pereți subțiri - Motorsports - Aerospace • Incinte și carcase • Rotoare și conectori • Articole sportive • Tablouri de bord și grile pentru autovehicule • Design asamblări • Prototipuri funcționale • Piese în formă identică cu cele proiectate • Aplicații medicale care necesită USP clasa VI a conformității, sau biocompatibilitate • Piese de schimb care necesită prelucrare sau unirea cu adezivi • De producție complexă și piese din plastic • Formă proprie sau prototipuri funcționale 	<ul style="list-style-type: none"> • Complex, thin-wall ductwork - Motorsports - Aerospace • Housings and enclosures • Impellers and connectors • Consumer sporting goods • Vehicle dashboards and grilles • Snap-fit designs • Functional prototypes that approach end-use performance properties • Appropriate for low- to mid-volume rapid manufacturing • Medical applications requiring USP Class VI compliance, or biocompatibility • Parts requiring machining or joining with adhesives • Complex production and prototype plastic parts • Form, fit, or functional prototypes
<p>Caracteristici/ Features</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rezoluție excelentă a suprafeței și respectarea detaliilor • Ușor de executat • Compatibil cu USP clasa VI de testare • Compatibil cu autoclava de sterilizare • Rezistență chimică bună și scăzut de umiditate absorbție 	<ul style="list-style-type: none"> • Excellent surface resolution and feature detail • Easy-to-process • Compliant with USP Class VI testing • Compatible with autoclave sterilization • Good chemical resistance and low moisture absorption

Beneficii/ Benefits	<ul style="list-style-type: none"> • Echilibru proprietăți mecanice - prelucrabilitate • Construirea unor prototipuri funcționale care să reziste de testare • Producție durabilă de piese fără scule • Crearea unor piese exacte și repetabile ca execuție • Prelucrabil industrial și vopsibil pentru piese 		<ul style="list-style-type: none"> • Nicely balanced mechanical properties and processability • Build prototypes that withstand functional testing • Produce durable end-use parts without tooling • Create accurate and repeatable parts as demanded by manufacturers • Machinable and paintable for demonstration parts
Caracteristici mecanice/ Mechanical Properties	Rezistență la tracțiune	Tensile Strength, Ultimate	43 MPa
	Modulul de elasticitate	Tensile Modulus	1586 MPa
	Alungirea la rupere	Elongation at Break	14 %
	Rezistența la încovoiere	Flexural Strength, Ultimate	48 MPa
	Duritatea	Hardness, Shore D	73

3.2. Duraform GF

3.2. Duraform GF

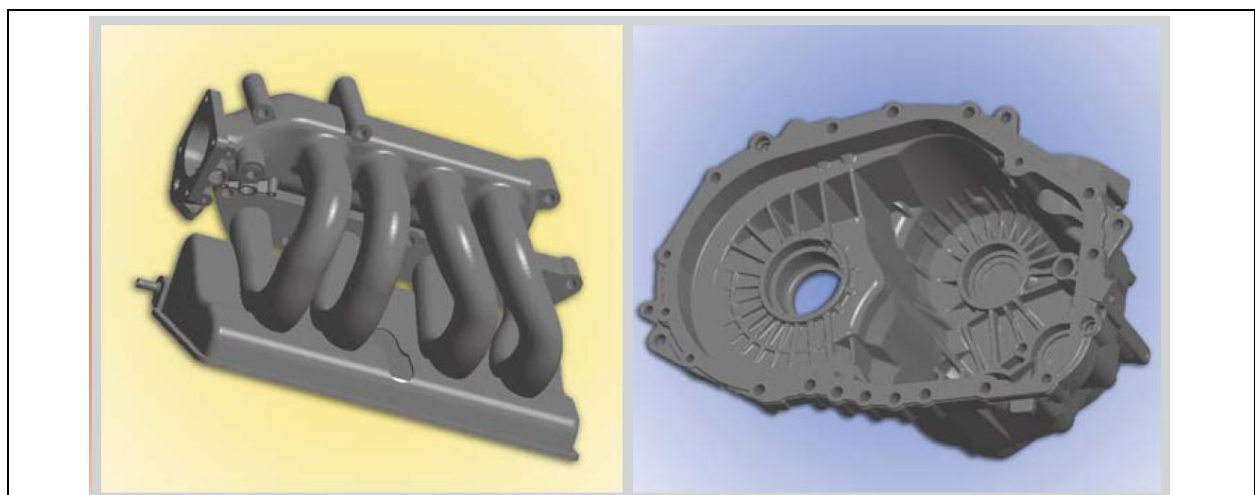


Figura 2. Piese din DURAFORM GF/ Figure 2. Parts of DURAFORM GF

Aplicații/ Applications	<ul style="list-style-type: none"> • Incinte și carcase • Articole sportive • Adecvat pieselor cu volum mediu - redus • Piese care necesită prelucrare ulterioară 	<ul style="list-style-type: none"> • Housings and enclosures • Consumer sporting goods • Appropriate for low- to mid-volume rapid manufacturing • Parts requiring machining or joining with adhesives
----------------------------	---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Piese de formă complexă, cu subansamble din plastic • Prototipuri originale în formă proprie • Piese cu rigiditate ridicată • Piese cu rezistență la temperaturi ridicate 	<ul style="list-style-type: none"> • Complex production and prototype plastic parts • Form, fit, or functional prototypes • Parts requiring stiffness • Thermally stressed parts 	
Caracteristici/ Features	<ul style="list-style-type: none"> • Rigiditate ridicată • Rezistență la temperaturi ridicate • Stabilă dimensional • Ușor de executat • Obținerea de suprafețe finisate 	<ul style="list-style-type: none"> • Excellent mechanical stiffness • Elevated temperature resistance • Dimensionally stable • Easy-to-process • Nice surface finish 	
Beneficii/ Benefits	<ul style="list-style-type: none"> • Bun comportament la rulare la temperaturi ridicate • Obținerea pieselor în stare finală fără alte scule • Realizarea de prototipuri exact în forma cerută de utilizatori • Se pot prelucra ulterior sau vopsi • Proprietăți izotropice la contracție 	<ul style="list-style-type: none"> • Excels in load bearing applications at higher temperatures • Build prototypes and end-use parts without tooling • Create accurate and repeatable parts as demanded by manufacturers • Machinable and paintable for demonstration parts • Improved isotropic shrinkage due to glass filler 	
Caracteristici mecanice/ Mechanical Properties	Rezistență la tracțiune	Tensile Strength, Ultimate	26 MPa
	Modulul de elasticitate	Tensile Modulus	4068 MPa
	Alungirea la rupere	Elongation at Break	1,4 %
	Rezistența la încovoiere	Flexural Strength, Ultimate	37 MPa
	Duritatea	Hardness, Shore D	77

3.3. Duraform HST

3.3. Duraform HST

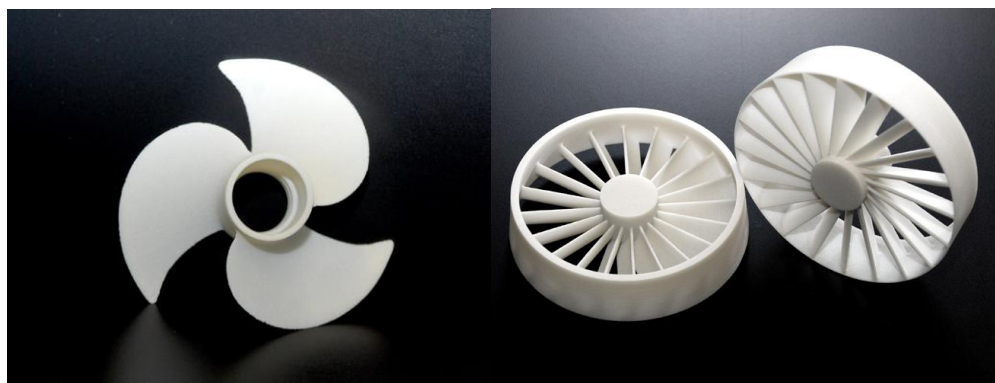


Figura 3. Piese din DURAFORM HST/ Figure 3. Parts of DURAFORM HST

Aplicații/ Applications	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipuri funcționale utilizabile în forma rezultată, având rigiditate și rezistență la temperaturi înalte ridicate • Aplicațiile uzuale includ: <ul style="list-style-type: none"> • UAV componentelor structurale • Incinte și carcase • Conectori • Articole sportive 	<ul style="list-style-type: none"> • Functional prototypes and end-use parts that require high stiffness and/or elevated thermal resistance • Typical Applications include: <ul style="list-style-type: none"> • UAV structural components • Housings and enclosures • Connectors • Consumer sporting goods 	
Caracteristici/ Features	<ul style="list-style-type: none"> • Rigiditate ridicată • Rezistență la temperaturi ridicate • Proprietăți mecanice anizotropice în cazul injecției unor fibre în materialul topit • Non-conductive și RF transparent • Ușor de finisat 	<ul style="list-style-type: none"> • High specific stiffness • Elevated temperature resistance • Anisotropic mechanical properties just like fiber-filled, injection molded materials • Non-conductive and RF transparent • Easy-to-finish surface 	
Beneficii/ Benefits	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipuri funcționale • Producția de piese cu gabarit scăzut - mediu • Comportare ridicată la temperaturi ridicate • Aspect plăcut al suprafețelor 	<ul style="list-style-type: none"> • Functional prototypes can be tested in “real life” environments • Complex end-use parts can be economically manufactured in low-to-medium volumes • Excels in load-bearing applications at higher temperatures • Attractive surface finish 	
Caracteristici mecanice/ Mechanical Properties	Rezistență la tracțiune	Tensile Strength, Ultimate	50 MPa
	Modulul de elasticitate	Tensile Modulus	5700 MPa
	Alungirea la rupere	Elongation at Break	4,5 %
	Rezistența la încovoiere	Flexural Strength, Ultimate	88 MPa
	Duritatea	Hardness, Shore D	75

3.4. Duraform FLEX

3.4. Duraform FLEX



Figura 4. Piese din DURAFORM FLEX/ Figure 4. Parts of DURAFORM FLEX

<p>Aplicații/ Applications</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Echipament sportiv • Garnituri, furtunuri • Elastomeri termoplastici, poliuretan turnat, piese de silicon și cauciuc • “Soft-touch,” peste piese turmate • Piese de schimb din cauciuc cu flexibilitate și durabilitate • Prototipuri funcționale cu formă proprie • Piese de schimb cu asamblare prin lipire • Piese de schimb cu fome complexe • Adecvat pieselor cu volum mediu - redus 	<ul style="list-style-type: none"> • Athletic footwear and equipment • Gaskets, hoses and seals • Simulate thermoplastic elastomer, cast urethane, silicone and rubber parts • “Soft-touch,” overmolded grips • Parts requiring rubber-like flexibility and durability • Form, fit, or functional prototypes • Parts that require joining with adhesives • Complex production and prototype plastic parts • Appropriate for low- to mid-volume rapid manufacturing 	
<p>Caracteristici/ Features</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilitate și bună rezistență la rupere • Obținerea unor durități diferite fără a schimba materialul • Ușor de executat • Pulbere reciclabilă • Calitate bună a suprafeți și detaliilor 	<ul style="list-style-type: none"> • Durable with good tear resistance • Vary Shore A hardness without changing material • Easy-to-process • Good powder recycle characteristics • Good surface finish 	
<p>Beneficii/ Benefits</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rezistență la îndoiri repetate și flexibilitate • Prototipuri rezistente în funcționare • Obținerea de piese finite fără alte prelucrări ulterioare • DuraForm® FlexSeal prin infiltrare oferă o gamă variată de culori • oferă bune proprietăți de etanșare la apă, precum și rezistență la șocuri 	<ul style="list-style-type: none"> • Withstands repeated bending and flexing • Build prototypes that withstand functional testing • Produce durable end-use parts without tooling • DuraForm® FlexSeal infiltration offers array of colors • Polyurethane infiltration creates watertight barrier and improves burst strength 	
<p>Caracteristici mecanice/ Mechanical Properties</p>	<p>Rezistență la tracțiune</p>	<p>Tensile Strength, Ultimate</p>	<p>1,8 MPa</p>
	<p>Modulul de elasticitate</p>	<p>Tensile Modulus</p>	<p>7,4 MPa</p>
	<p>Alungirea la rupere</p>	<p>Elongation at Break</p>	<p>110 %</p>
	<p>Rezistența la încovoiere</p>	<p>Flexural Strength, Ultimate</p>	<p>5,9 MPa</p>
	<p>Duritatea</p>	<p>Hardness, Shore D</p>	<p>65</p>

3.5. Duraform AF

3.5. Duraform AF



Figure 5. Parts of DURAFORM FLEX/ Figure 5. Parts of DURAFORM FLEX

<p>Aplicații/ Applications</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carcase și incinte • Produse de larg consum • Adecvat pieselor cu volum mediu - redus • Piese de schimb cu asamblare prin lipire • Piese de schimb cu fome complexe • Prototipuri funcționale cu formă proprie • Piese de schimb cu rigiditate ridicată • Piese rezistente la temperatură • Piese din plastic cu aspect de piese din metal 	<ul style="list-style-type: none"> • Housings and enclosures • Consumer products • Appropriate for low- to mid-volume rapid manufacturing • Parts requiring machining or joining with adhesives • Complex production and prototype plastic parts • Form, fit or functional prototypes • Parts requiring stiffness • Thermally stressed parts • Plastic parts requiring a metallic appearance
<p>Caracteristici/ Features</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aspect metalic al suprafețelor • Pulbere reciclabilă • Rigiditate ridicată • Ușor de realizat • Stabil dimensional 	<ul style="list-style-type: none"> • Metallic appearance with nice surface finish • Good powder recycle characteristics • Excellent mechanical stiffness • Easy-to-process • Dimensionally stable
<p>Beneficii/ Benefits</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rezistență la uzură la temperaturi mari • Obținerea de piese finite fără alte prelucrări ulterioare • Precizie ridicată, bună interschimbabilitate • Folosit pentru probe în cadrul subsansamblelor • Proprietăți izotropice în amestec cu aluminiu 	<ul style="list-style-type: none"> • Excels in load bearing applications at higher temperatures • Build prototypes and end-use parts without tooling • Create accurate and repeatable parts as demanded by manufacturers • Machinable for demonstration parts • Improved isotropic shrinkage due to aluminum filler

Caracteristici mecanice/ Mechanical Properties	Rezistență la tracțiune	Tensile Strength, Ultimate	35 MPa
	Modulul de elasticitate	Tensile Modulus	3960 MPa
	Alungirea la rupere	Elongation at Break	1,5 %
	Rezistența la încovoiere	Flexural Strength, Ultimate	44 MPa
	Duritatea	Hardness, Shore D	75

4. Concluzii

Prin procedeul de sinterizare selectivă cu laser se obțin piese tridimensionale prin sinterizarea cu ajutorul laserului a unor pulberi termoplastice. Obținerea pieselor se obține prin scanarea de către fasciculul laser, strat cu strat a întregului volum al piesei. Piesa se obține treptat, după o scanare a unui strat se va depune un strat nou care va alcătui o nouă parte din piesă. Aceste piese se obțin direct din modelarea 3D CAM a obiectelor, în faza de proiectare.

Companii din întreaga lume se bucură de aceste piese obținute în regimuri rapide, economic și productiv, calitatea materialelor DuraForm plastic facilitând obținerea prin SLS o varietate foarte mare de piese.

Producția ridicată de piese din aceste materiale plastice prin metoda SLS, se face rapid, economic, fără alte prelucrări ulterioare și fără multă forță de muncă, permițând obținerea de piese care se pot asambla mult mai ușor față de metodele clasice. Metoda permite modificarea în orice moment a configurației geometrice sau a dimensiunilor piesei.

Bibliography

- [1]. Ciofu Florin, *Asupra aplicării laserului ca sursă energetică în procesul de agregare/depunere a unor pulberi metalice – Teza de Doctorat.*
- [2] Berce, P. Bâlc, N. *-Fabricarea rapidă a prototipurilor*, Editura tehnică, București, 2000.
- [3] Bâlc, N. – *Tehnologii neconvenționale*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2001.

4. Conclusions.

In the Selective Laser Sintering (SLS) process, three-dimensional parts are created by fusing (or sintering) powdered thermoplastic materials with the heat from an infrared laser beam. The object's creation is accomplished by repeatedly fusing thin powder layers using a laser beam. This additive manufacturing sequence produces parts that gradually increase in size until they reach the prescribed dimensions. These prototypes are created directly from 3D CAD models.

Companies worldwide are realizing the benefits of rapid manufacturing, and producing economical batch-quantities of DuraForm plastic parts with their SLS systems for a variety of production applications. Producing batch-quantities of plastic parts on an SLS system is an economical, fast, and beneficial manufacturing method - and eliminates tooling time and cost, reduces inventory holding costs, and reduces or eliminates labor for assembly operations compared to previous traditional manufacturing methods. With tool-less manufacturing, design changes can be incorporated up to the last minute - without the normal penalty for associated tooling.

Bibliography

- [1]. Ciofu Florin, *Asupra aplicării laserului ca sursă energetică în procesul de agregare/depunere a unor pulberi metalice – Teza de Doctorat.*
- [2] Berce, P. Bâlc, N. *-Fabricarea rapidă a prototipurilor*, Editura tehnică, București, 2000.
- [3] Bâlc, N. – *Tehnologii neconvenționale*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2001.