

**RAPID PROTOTYPING ÎN
FABRICAREA SCULELOR
FLEXIBILE
partea a II-a**

Cătălin IANCU

* Prof.dr.ing., Facultatea de Inginerie,
Univ."C-tin Brâncuși", Tg-Jiu

Rezumat: În lucrare sunt prezentate aplicații specifice Rapid Prototyping în fabricarea sculelor flexibile, capabile de adaptare și de schimbare, cu costuri rezonabile, atunci când se modifică tipul de produs. La baza obținerii acestor scule stă tocmai modelul RP, obținut prin diverse tehnologii specifice CAD/CAM/CNC. Sunt prezentate exemple de tehnologii de turnare speciale cum sunt turnarea în matrițe ceramice realizate pe bază de model RP și turnarea sub vid.

Cuvinte cheie: Rapid Prototyping, scule flexibile, turnare specială cu model RP.

**1. EXEMPLE DE TEHNOLOGII
RAPID PROTOTYPING
APPLICATE LA SCULE
FLEXIBILE PENTRU TURNARE**

1.1. Matrițe ceramice.

Există multe situații în industrie când, anumite piese metalice feroase sau din aluminiu turnat în matrițe sub presiune, se reproiectează și se înlocuiesc cu piese din materiale plastice și compozite, care se toarnă și se solidifică, în general, prin polimerizare. Tot mai mult câștigă teren utilizarea acestor materiale plastice care se toarnă la temperatura ambiantă (ele fiind în stare lichidă, având în general două componente). După turnare și umplerea corectă a formelor (în general sub vid), solidificarea acestor mase plastice se face prin polimerizare, prin expunerea la o lumină în domeniul

**RAPID PROTOTYPING ÎN
MANUFACTURING OF
FLEXIBLE TOOLS
part II**

Cătălin IANCU

Prof.dr.eng., Faculty of Engineering,
Univ. "C-tin Brancusi" of Tg-Jiu

Abstract: The paper presents specific applications Rapid Prototyping in manufacturing flexible tool, able to adapt and change, with reasonable cost, when you change the type of product. In obtaining these tools stands just the RP model, obtained by various specific technologies CAD / CAM / CNC. There are examples of specific hardware technologies such as casting molds made of ceramic-based on RP model and casting under vacuum.

Keywords: Rapid Prototyping, flexible tools, special casting on RP model

**1. EXAMPLES OF RAPID
PROTOTYPING TECHNOLOGY
APPLIED TO FLEXIBLE TOOLS
FOR CASTING**

1.1. Ceramic molds.

There are many situations in industry where, certain metal components in ferrous and aluminum die casting under pressure, are redesigned and replaced with pieces of plastic and composite materials, which is poured and solidifies, generally by polymerization. Increasingly gaining the use of plastic that is poured at room temperature (they are in liquid, generally having two components). After casting and proper filling of forms (typically under vacuum), solidification of these plastics are made by polymerization, by exposure to light in the ultraviolet range.

The motivation of these options may be on the one hand the need to reduce cost

ultraviolet.

Motivația acestor opțiuni poate fi pe de o parte necesitatea reducerii costurilor și greutateii unui produs, iar pe de altă parte de apariția unor materiale plastice cu proprietăți fizico-mecanice comparabile cu cele ale materialelor feroase sau neferoase tradiționale.

Pentru exemplificare se consideră o piesă de tip carcasă având dimensiunile de gabarit 700x500x100 mm și care inițial se fabrica din aluminiu, prin turnare sub presiune. În cadrul acestui studiu de caz s-a optat pentru înlocuirea carcasei metalice cu o carcasă din material plastic.

Pentru verificarea comportării noii variante de carcasă din plastic, sunt necesare circa zece bucăți, având forma respectivă (complexă), pentru a efectua teste mecanice și funcționale, privind comportarea noii variante a carcasei.

Este necesară așadar, o tehnologie modernă de prototipizare și fabricare a unei serii mici a acestei carcase, care pe lângă condițiile calitate corespunzătoare, să răspundă și la două cerințe esențiale:

- timpul de fabricare a celor 10 carcase să fie scurt (aproximativ o săptămână);
- costul să fie rezonabil.

Pentru o astfel de situație, pe lângă celelalte metode neconvenționale prezentate în cadrul lucrării anterioare, se poate lua în considerare și metoda de fabricație utilizând matrițe ceramice.

Matrițele ceramice se toarnă într-o carcasă metalică. Se folosesc și aici plane de separație, tije extractoare, inserții metalice pentru a întări zonele critice care au detalii complexe de formă. De exemplu, se pot folosi ca inserții tije din bronz (cu diametru de circa 15 mm) astfel încât acestea vor putea fi găurite ulterior pentru a ghida tijele extractoare, în ambele semimatrițe.

Materialul ceramic utilizat este pe bază de silicați de calciu și se toarnă la temperatura ambiantă. Se pot utiliza și aditivi speciali (COMTEK 66), fibre tăiate care îmbunătățesc proprietățile mecanice ale semimatrițelor.

and weight of a product, and secondly the emergence of plastics with physical and mechanical properties comparable to those of traditional ferrous and nonferrous materials.

For example it is considered a kind of housing piece having dimensions of 700x500x100 mm, initially manufactured of aluminum by die casting. In this case study was chosen to replace a metal body with plastic housing.

To check the behavior of the new plastic housing, are needed about ten pieces, taking respectively shape (complex) to perform mechanical tests and functional behavior of new variant of the case.

It is therefore necessary, a modern technology for prototyping and manufacturing a small series of such cases, which in addition to the quality conditions as appropriate, to respond to two essential requirements:

- During manufacturing of the 10 cases to be short (about one week);
- The cost is reasonable.

For such a situation, in addition to other conventional methods presented in previous work may be taken into consideration also the method of manufacture using ceramic molds.

Ceramic molds are poured into a metal casing. The plane separation is also used here, along with sticks extractors and metal inserts to strengthen critical areas that have more complex shape. For example, can be used as inserts brass rods (about 15 mm in diameter) so that they may be subsequently drilled to guide the extractor rods in both half-dies.

The ceramic material used is based on calcium silicate and is poured at room temperature. You can also use special additives (COMTEK 66), cut fibers that improve the mechanical properties of half-dies. Material for ceramic molds, COMTEK 66, has the following physical and mechanical properties:

- permissible compressive strength:
345 MPa;

Materialul pentru matrițe ceramice, COMTEK 66, are următoarele proprietăți fizico-mecanice:

- rezistența admisibilă la compresiune: 345 MPa;
- rezistența admisibilă la încocoiere: 41 MPa;
- modulul de elasticitate: 37 GPa;
- densitatea: 3600 kg/mc;
- coeficientul de dilatare termică: $13,9E(-6)/^{\circ}C$
- conductivitatea termica: 2,5W/mK;
- deformații spațiale la șocuri +/-0,02%.

Amestecarea și turnarea acestui material ceramic se face sub vid.

După ce s-au turnat cele două semimatrițe, se înlătură modelul master RP și apoi este necesară și o postprocesare a semimatrițelor, care constă în introducerea în cuptor, placarea spatelui matrițelor cu întăritoare (ca și la depunerile de spray metalic), precum și frezarea de aplatisare a spatelui semimatrițelor. În final, se execută operația de găurire a inserțiilor de bronz, pentru tijele extractoare.

Rezultatele utilizării acestei metode neconvenționale de fabricare a prototipurilor și a seriei zero a produsului exemplificat anterior au arătat o reducere la o treime a timpului de lucru necesar și, de asemenea, o reducere la 40% a costurilor de producție.

1.2. Turnarea sub vid.

Turnarea sub vid este una dintre cele mai interesante și spectaculoase aplicații de utilizare a modelelor RP la dezvoltarea de produse noi. Timpul este un factor crucial în dezvoltarea de noi produse industriale. Competiția industrială se intensifică odată cu globalizarea pieței. Proiectanții trebuie să dezvolte mereu idei noi de produse modernizate, pentru a răspunde cerințelor tot mai exigente. Succesul unui produs industrial depinde nu doar de caracteristicile sale

- permissible resistance to bending: 41 MPa;
- elasticity modulus: 37 GPa;
- density 3600 kg/mc;
- coefficient of thermal expansion: $13.9 E (-6) / ^{\circ} C$
- Thermal conductivity: 2.5 W / mK;
- Shock deformation space +/- 0.02%.

Mixing and pouring the ceramic material is done under vacuum.

After they poured the two half-dies, RP master model is removed and then a post-processing is required to the half-dies, which consists in the introduction into the furnace, plating mold with cordials back (as in metal spray deposition), and plane milling of the half-dies back. Finally, the drilling operation is executed to bronze inserts for extracting rods.

The results of using this unconventional method of manufacture of prototypes and series exemplified with above product, showed a reduction to one third of working time required and also a 40% reduction in production costs.

1.2 Vacuum Casting.

Vacuum casting is one of the most interesting and spectacular applications of using RP models to develop new products. Time is a crucial factor in the development of new industrial products. Industrial competition heats up, as market suffer globalization. Designers must always develop new product ideas, upgraded to meet the increasingly demanding requirements. Industrial success of a product depends not only on its technical characteristics, but also

tehnice, ci și de factorii comerciali, cum ar fi costul și timpul de lansare pe piață.

Turnarea sub vid este o tehnică modernă care și-a dovedit oportunitatea și eficiența tocmai în această etapă de dezvoltare a produselor noi, etapă în care trebuie utilizate prototipurile pieselor complexe, pentru fabricarea seriei mici (30-50 bucăți), pentru testarea funcționalității noului produs și/sau testarea pieței privind marketingul noului produs.

În aceste condiții, turnarea sub vid oferă o metodă rapidă, precisă și necostisitoare de fabricare a pieselor complexe din materiale plastice, în serii de 30-50 bucăți.

Această metodă de fabricație reproduce cu fidelitate detaliile de formă și calitatea suprafețelor modelului RP utilizat ca master.

Materialele utilizate la turnarea sub vid sunt diferite tipuri de rășini, materiale plastice și cauciuc. Proprietățile mecanice ale pieselor de plastic fabricate prin turnare sub vid sunt comparabile cu cele ale pieselor fabricate prin injecție de mase plastice.

După finisarea și verificarea modelului RP utilizat ca master, în general, tehnologia de fabricare prin turnare sub vid se derulează în două etape:

- formarea matrițelor din cauciuc siliconic;
- turnarea pieselor în matrițe din cauciuc siliconic.

Pentru fabricarea matrițelor din cauciuc siliconic necesare fabricării pieselor prin turnare sub vid se parcurg următoarele etape de lucru:

on commercial factors such as cost and time to market (TTM).

Vacuum casting is a modern technique that has proved very effective and its opportunity in new product development stage, stage where prototype of complex pieces is to be used for the manufacture of small series (30-50 pieces), for testing new product functionality and / or market testing of new product marketing.

Under these conditions, vacuum casting method offers a fast, accurate and inexpensive way to manufacture complex pieces of plastic, in a series of 30-50 pieces.

This manufacturing method faithfully reproduces the details of form and surface quality of RP model used as a master model.

Vacuum casting materials used are different types of resins, plastics and rubber. Mechanical properties of plastic parts made by casting in vacuum are comparable to those of parts made by injection molding.

After completion and verification of the RP model used as the master, in general, manufacturing technology of vacuum casting takes place in two stages:

- silicone rubber mold formation;
- casts in silicone rubber molds.

For the manufacture of silicone rubber molds for the production of parts by vacuum casting follow these steps:



Figura 1. Model master, realizat prin SLS
Figure 1. Master model, developed by SLS

1. Verificarea modelului master SLS (figura 1.).
 2. Curățirea modelului master și aplicarea unor substanțe chimice care să prevină lipirea siliconului de suprafața modelului.
 3. Stabilirea planului de separație a viitoarei matrițe din cauciuc siliconic și materializarea acestuia prin lipirea unei benzi adezive la nivelul planului de separație.
 4. Colorarea conturului planului de separație pentru a fi vizibil prin cauciucul siliconic semi-transparent, după turnarea acestuia în jurul piesei.
 5. Fabricarea unei cutii din lemn, care să încadreze modelul RP și în care să se poată turna cauciucul siliconic în stare lichidă. Modelul RP nu trebuie să atingă baza cutiei, în acest scop i se atașează modelului o tijă verticală, care va fi înlăturată după turnarea cauciucului siliconic, rezultând astfel pâlnia de turnare din semimatrița superioară.
 6. Suspendarea modelului în cutia de formare și atașarea unor sârme orizontale și verticale de susținere, cu rolul de a crea canalele de aerisire necesare pentru evacuarea aerului din cavitatea dintre viitoarea matriță.
 7. Turnarea cauciucului siliconic în cutia de formare. Anterior etapei de turnare, cauciucul siliconic trebuie introdus într-o incintă vidată, pentru degazeificare.
 8. După turnarea cauciucului siliconic în cutia de formare, este introdus din nou în incinta vidată, pentru eliminarea bulelor de aer
1. Checking master SLS model (Figure 1).
 2. Cleaning master model and applying chemicals to prevent sticking silicon to the surface of the model.
 3. Establish future plan of separation of silicone rubber molds and its realization by sticking an adhesive tape to the plan of separation.
 4. Coloring contour separation plan to be visible through the semi-transparent silicone rubber, after pouring it around the item.
 5. Manufacture of wooden box that fit the model and the RP, in witch can be poured in liquid silicone rubber. The RP model must not touch the base of the box for this purpose vertical rod is attached to the model, that will be removed after casting silicone rubber, thus casting the half-die funnel top.
 6. Suspension of model in the box and attaching wires horizontal and vertical for supportive role, to create the necessary vents for venting the mold cavity in the future.
 7. Fill in the box with silicone rubber. Earlier this stage pouring silicone rubber is to be placed in a vacuum chamber for degassing.
 8. After pouring the silicone rubber in the forming box, is introduced again in the vacuum chamber to eliminate air bubbles

acumulate la turnarea acestuia în jurul modelului master. În continuare cutia conținând cauciuc silionic turnat, este introdusă în cuptorul de polimerizare unde are loc solidificarea blocului de cauciuc silionic.

9. După polimerizarea totală, blocul de cauciuc silionic este scos din cutia de formare. Printr-o operație manuală se taie cu bisturiul planul de separație dintre cele două semimatrițe urmărind traseul marcat în etapa a 2-a, pe marginea benzii adezive aplicate pe modelul master SLS, la nivelul planului de separație.

10. Deschizând cele două semimatrițe din cauciuc silionic, se înlătură modelul master utilizat (figura 2.). Astfel, rezultă două semimatrițe (figura 3.), a căror suprafețe reproduc cu fidelitate, suprafețele modelului master utilizat. Fabricația matriței durează 2 zile.

accumulated in its casting around the master model. Further, casting box containing silicone rubber is placed in the curing oven where solidification of silicone rubber block occurs.

9. After complete polymerization, the silicone rubber block is removed from the forming box. With a scalpel is cut manually the separation plan between the two half-dies, on trail marked in stage 2, on the adhesive tape affixed to the master SLS, on separation plan level.

10. Opening the two silicone rubber half-dies, is removed the master model used (Figure 2). Thus results the two half-dies (Figure 3.), which areas faithfully reproduce areas of used master model. Mold Manufacturing takes 2 days.

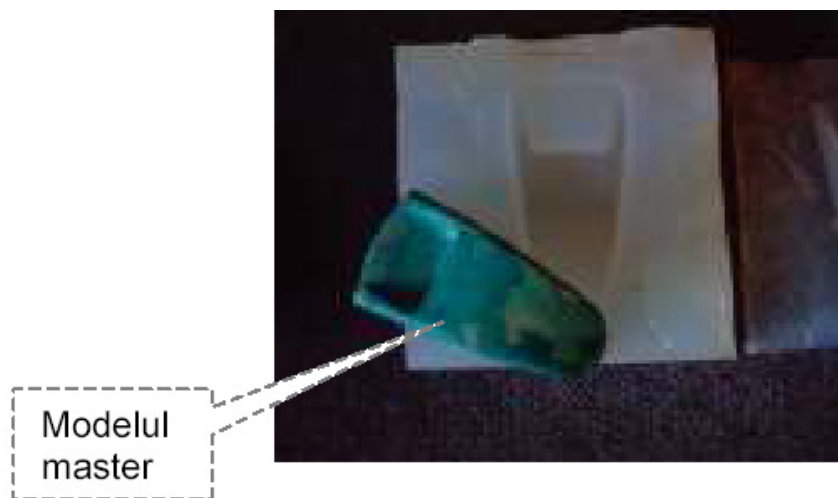


Figura 2. Înlăturarea modelului master
Figure 2. Removing master model



Figura 3. Semimatrițe rezultate
Figure 3. Half-dies resulted

După formarea matriței din cauciuc siliconic urmează turnarea sub vid a pieselor care vor fi copii fidele ale modelului master utilizat.

În funcție de complexitatea, finetea detaliilor și sortimentul de cauciuc siliconic, durabilitatea matrițelor din cauciuc siliconic variază între 30 și 60 de turnări în funcție de complexitatea geometrică a piesei. În general, productivitatea este limitată la aproximativ 10 turnări pe zi.

Turnarea pieselor în matrița din cauciuc siliconic are etapele:

1. Legarea celor două semimatrițe cu bandă adezivă și montarea pâlniei de turnare (figura 4.).
2. Măsurarea precisă a cantităților necesare ale componentelor A și B, din care se compune rășina care se utilizează la turnarea pieselor. Un exemplu de astfel de rășină este SG 95. Cantitățile necesare din cei doi componenți ai rășinii SG 95 sunt pregătite în două recipiente A și B, ale mașinii de turnare sub vid.
3. Odată programat, ciclul se desfășoară automat. Are loc amestecarea celor doi componenți și apoi turnarea automată.

After the formation of silicone rubber mold, follows the vacuum casting of parts that are exact copies of the master model used.

Depending on the complexity, finesse of detail and range of silicone rubber, silicone rubber mold durability varies between 30 and 60 casts depending on the complexity of the part geometry. In general, productivity is limited to casting on about 10 parts a day.

Casts in silicone rubber matrix contains:

1. Linking the two half-dies by adhesive tape and fitting funnel (Figure 4).
2. Accurate measurement of quantities of components A and B, which compose the resin, used for casts parts. An example of such resin is SG 95. Necessary quantities of the two components of the resin SG 95 are prepared in two containers A and B, of the vacuum molding machine.
3. Once programmed, the cycle is run automatically. The two components are mixed and then the automatic casting takes place.



Figura 4. Matrița pregătită pentru turnare

Figure 4. Mold ready for pouring



Figura 5. Matrița în cuptorul de polimerizare, pentru solidificarea piesei

Figure 5. Mold curing furnace for solidification

4. Prin pâlnia flexibilă amestecul format se toarnă în matrița din cauciuc siliconic până când se observă că rășina iese prin toate canalele de aerisire. Urmează introducerea pachetului matriței în cuptorul de polimerizare (figura 5.), unde are loc solidificarea piesei turnate, prin polimerizare termală la temperatura de 70°C, timp de 20 până la 80 minute.

5. După scoaterea din cuptor, se desface banda care leagă cele două semimatrițe și se extrage piesa turnată. Apoi, semimatrițele din cauciuc siliconic se leagă din nou cu bandă și se pregătesc pentru turnarea următoarei piese. Piesa turnată este o reproducere fidelă a modelului master RP. Se taie tije din plastic rămase datorită găurilor de aerisire și ale pâlniei (figura 6.).

6. Se verifică precizia piesei obținute prin turnare sub vid (figura 7.).

4. Through flexible funnel pour the mixture into silicone rubber mold until it is observed that all the resin out through vents. It follows placing the mold in the polymerization oven (figure 5), where item solidification occurs by thermal polymerization at a temperature of 70 ° C for 20 to 80 minutes.

5. After removing from oven, is loosen the tape that connects the two half-dies and its drain the cast item. Then link the silicone rubber half-dies are linked back and prepare for the next casting parts. Cast item is a faithful reproduction of the master RP model. Cut the plastic rods left through the vent holes and the funnel (Figure 6).

6. It is checked the accuracy of the piece produced by vacuum casting (Figure 7).

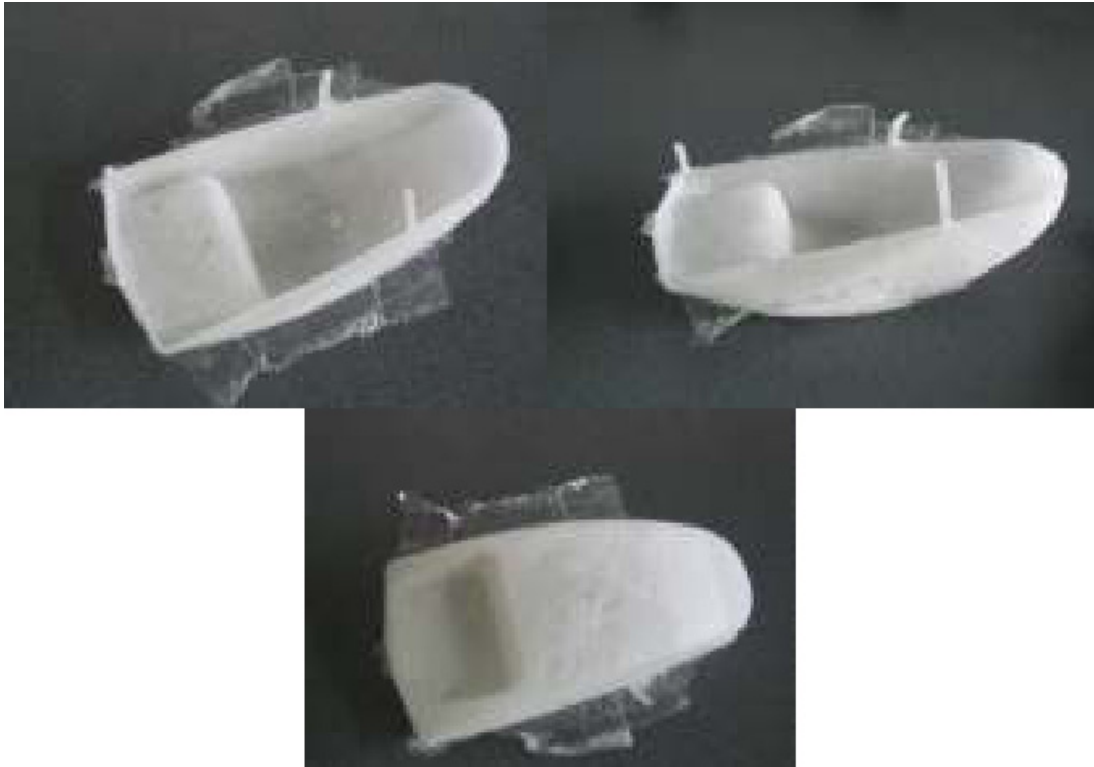


Figura 6. Piesă turnată, după extragerea din matriță
Figure 6. Cast item, after extraction from the mold

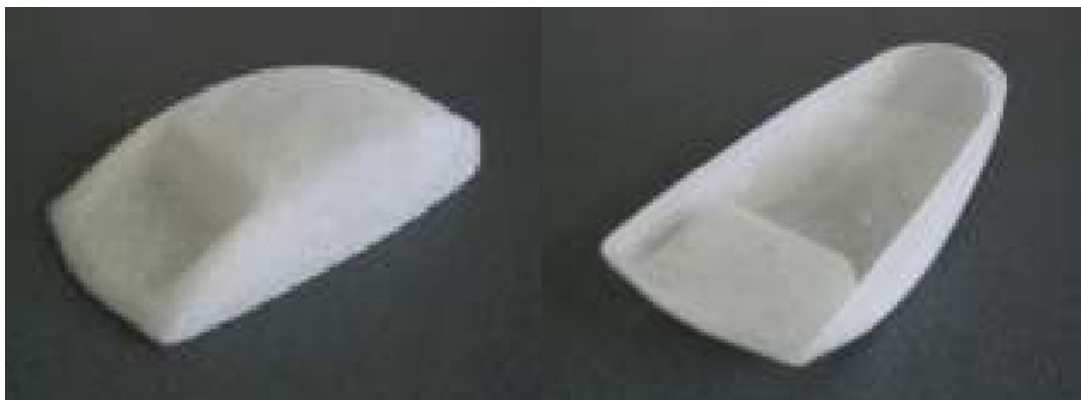


Figura 7. Piesă obținută prin turnare sub vid în matrița de cauciuc siliconic
Figure 7. Part produced by vacuum casting in silicone rubber die

3. CONCLUZII

În concluzie, turnarea sub vid este o tehnică modernă de fabricație rapidă a matrițelor, care utilizează modelele RP ale pieselor complexe, care își dovedește eficiența în etapa de dezvoltare a produselor noi, prin multiple avantaje prezentate în continuare:

- simplitatea procesului de fabricație a matrițelor din caucic siliconic;

3. CONCLUSIONS

In conclusion, vacuum casting technique is a modern rapid manufacturing method of molds, using RP models of complex components, which demonstrates its effectiveness in new product development stage, with multiple benefits listed below:

- simplicity of the manufacturing process of silicone rubber mold;
- short time for fabrication;

- timp scurt de fabricație;
- precizie ridicată – precizia matriței depinde de precizia modelului master utilizat;
- este metoda rapidă, precisă și necostisitoare de fabricare a pieselor complexe și a pieselor cu forme netehnologice;
- pot fi obținute piese complexe cu grosimea minimă a peretelui de 0,2 mm;
- piesele turnate sub vid sunt rezistente la temperaturi mai mari de 120°C;
- este metoda ideală pentru fabricarea seriei mici (30 – 50 bucăți), în care matrițele convenționale pentru injecția maselor plastice nu se justifică din punct de vedere economic;
- abilitatea de a se potrivi unui domeniu larg al producției, dat fiind faptul că pentru turnarea sub vid sunt disponibile peste 20 de tipuri de rășini de poliuretan, cu caracteristici asemănătoare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Petru Berce, Nicolae Bâlc, *Fabricarea rapidă a prototipurilor*, Editura Tehnică, București, 2000.
- [2] Girouard D., *Rapid Tooling – How Does Rapid Prototyping Decliner?*, Proceedings of the 3rd European Conference on Rapid Prototyping and Manufacturing, Nottingham, Great Britain, July 1994.
- [3] Dickens P.M., *Rapid Prototyping processes of physical parts*, in Concurrent Engineering, concepts, implementation and practice, Syan C.S. Chapman & Hall, London, 1994.
- [4] Chua C.K., Leong K.F., *Rapid Prototyping: Principles and Applications in Manufacturing*, John Wiley, New York, 1997.

- high precision - the precision of mold used depends on the accuracy of the model;
- method is rapid, accurate and inexpensive for manufacture complex parts and parts with non-technological forms;
- complex parts can be obtained with minimum wall thickness of 0.2 mm;
- vacuum castings are resistant to temperatures above 120 ° C;
- is ideal for making small series (30-50 pieces), for those, the conventional plastic injection molds are not economically justified;
- ability to accommodate a wide range of production, given that for vacuum casting are available over 20 types of polyurethane resins with similar characteristics.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Petru Berce, Nicolae Bâlc, *Fabricarea rapidă a prototipurilor*, Editura Tehnică, București, 2000.
- [2] Girouard D., *Rapid Tooling – How Does Rapid Prototyping Decliner?*, Proceedings of the 3rd European Conference on Rapid Prototyping and Manufacturing, Nottingham, Great Britain, July 1994.
- [3] Dickens P.M., *Rapid Prototyping processes of physical parts*, in Concurrent Engineering, concepts, implementation and practice, Syan C.S. Chapman & Hall, London, 1994.
- [4] Chua C.K., Leong K.F., *Rapid Prototyping: Principles and Applications in Manufacturing*, John Wiley, New York, 1997.