

CERCETĂRI TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND UTILIZAREA TEHNOLOGIILOR RAPID TOOLING ÎN FABRICAȚIA MATRIȚELOR PENTRU DIFERITE SERII DE PRODUCȚIE

Gabriela Georgeta NICHITA

Universitatea din Oradea, e-mail: gnichita@uoradea.ro

Cuvinte cheie: tehnici de fabricare rapidă, model master, turmare sub vid, matrită, cauciuc siliconic.

Abstract: A much anticipated application of Rapid Prototyping is to use RP model from Rapid Tooling, especially moulds. Tooling is one of the slowest and most expensive step in the manufacturing process, because of the extremely high quality required. To meet these requirements, moulds are traditionally made by CNC-machining, electro-discharge machining or classical technologies. Manufacturing of silicone rubber mould. Using Rapid Tooling technologies, the silicone rubber moulds are made by Vacuum Casting.

1. Introducere

Fabricarea rapidă a sculelor și matrițelor (Rapid Tooling)

O aplicație mult anticipată a fabricației rapide a prototipurilor este fabricația sculelor flexibile în special matrițe, cunoscută cu numele original Rapid Tooling.

Din practica proiectării industriale, se cunoaște că în cadrul etapei de pregătire a producției de serie pentru un nou produs, producția de scule este una dintre cele mai lente și costisitoare faze din procesul de fabricație, acestea necesitând o precizie și calitate ridicată. Până la apariția tehnologiilor de fabricare rapidă a prototipurilor, toate sculele sau matrițele, indiferent de seria de fabricație erau fabricate utilizând tehnologiile clasice, neconvenționale și de prelucrare prin CNC. Toate s-au dovedit costisitoare și consumatoare de timp, așa că fabricanții care dispun de sisteme de fabricare rapidă au introdus în fabricația sculelor și matrițelor, tehnicile de fabricare rapidă a prototipurilor.

Referitor la tehnologiile de fabricare rapidă, Peter Hilton președinte la Technology Strategy Consulting in Concord, MA, își exprima următoarea părere: "costurile producției de scule și timpul de dezvoltare pot fi reduse cu 75% sau mai mult cu utilizarea tehnicilor de fabricare rapidă a sculelor și a tehnologiilor înrudite " [8].

Sculele fabricate rapid sunt încadrate în categoria flexibile.

Noțiunea de flexibilitate se referă la capacitatea de adaptare și de schimbare a sculelor, cu costuri rezonabile, atunci când se modifică tipul de produs care se cere pe piața industrială.

Potrivit unor autori și experți în domeniu din Europa de Vest și America, sculele flexibile au următoarele caracteristici definitorii [1]:

- sunt scule sau matrițe cerute pentru producția de serie mică;
- sculele flexibile sunt asociate și cu costuri scăzute;
- definirea sculelor flexibile se referă și la tipul de material utilizat pentru fabricarea acestor scule. Materiale cu duritate mai mică sunt considerate flexibile (de exemplu: silicon, cauciuc, rășini epoxidice, aliaje cu punct de topire scăzut etc);
- este, de asemenea posibil să se definească sculele flexibile și prin metoda lor de fabricație. Sculele flexibile se fabrică prin procedee noi, cum ar fi: turnarea sub vid a matrițelor din cauciuc siliconic, sinterizarea selectivă cu laser a pulberilor metalice, pulverizarea de metal topit în combinație cu formarea matrițelor ceramice sau celor din rășini polimerice.

Există mai multe tehnici de fabricare a sculelor sau matrițelor flexibile împărțite în două categorii: indirecte și directe.

În prezent cele mai multe dar și cele mai utilizate tehnici de fabricare a sculelor flexibile sunt indirecte [1], [8]. Câteve dintre cele mai utilizate tehnici indirecte sunt:

- Tunarea sub vid (**Vacuum Casting**), este metoda utilizată pentru turnarea sub vid a matrițelor din cauciuc siliconic. Turnarea sub vid este una dintre cele mai utilizate, interesante și spectaculoase aplicații de utilizare a modelelor RP la dezvoltarea de produse noi. Turnarea sub vid este o tehnică modernă care și-a dovedit oportunitatea și eficiența în etapa 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 [1].
- Pulverizare de metal topit (**Metal Spraying**), este metoda de fabricare a matrițelor prin pulverizare de metal topit, utilizată pentru fabricarea seriei mijlocii.
- **Sand Casting** este metoda utilizată pentru fabricarea formelor de turnare din nisip.

Realizarea obiectivului de fabricare directă a sculelor flexibile pentru producția de serie este încă departe, dar totuși pe plan mondial există câteva firme în număr mai restrâns care au făcut pasul în această direcție.

Câteva dintre metodele directe de fabricarea a sculelor flexibile despre care se cunosc detalii prezentate de către firmele inventatoare sunt:

- **Procedeul Keltool**. Prin acest procedeu sunt fabricate scule din bronz sau din metal. Durabilitatea matrițelor fabricate prin această metodă este excelentă și rezistă cu succes la injecția unui număr de 50.000 sau mai mult de piese complexe din mase plastice.
- **Laser-Engineered Net Shaping (LENS)**, este un proces dezvoltat în laboratoarele Sandia National și Universitatea Standford prin care pot fi fabricate scule flexibile din metal, direct de la informațiile geometrice ale unui model 3D CAD. Materialele utilizate includ pulberi din oțel inoxidabil, oțel de scule, tungsten și din titan.

Chiar dacă pe plan mondial câteva dintre metodele de fabricare a sculelor flexibile sunt utilizate deja pentru producția de serie, aproape toate trebuiesc încă îmbunătățite și perfecționate.

2. Fabricația matrițelor din cauciuc siliconic prin turnare sub vid

În tehnologiile de fabricare rapidă a prototipurilor, cauciucul siliconic este un material extrem de avantajos ce poate fi turnat cu ușurință în jurul unui model master obținut prin procedee de fabricare rapidă a prototipurilor cunoscute, de exemplu sinterizarea selectivă cu laser (Selective Laser Sintering - SLS), lipirea succesivă a unor straturi laminare (Laminated Object Manufacturing – LOM), depunerea unui material în stare topită (Fused Deposition Modeling – FDM) etc., pentru a obține o cavitate [1], [5], [6], [9]. Pe piață sunt disponibile două tipuri de cauciuc siliconic, folosit pentru fabricarea matrițelor, metodele de lucru fiind asemănătoare. Cele două tipuri de cauciuc siliconic disponibile pe piață sunt sub formă transparentă, acest fiind mai scump sau sub formă opacă.

În cazul în care pentru fabricația matriței se folosește cauciuc siliconic transparent, modelul master este suspendat într-o cutie, după care cauciucul siliconic este turnat astfel încât el să înconjoare în întregime modelul RP în cutie.

Operațiile pentru realizarea matriței, sunt executate sub vid, pentru a evita formarea bulelor de aer între modelul master și silicon. După solidificarea cauciucului siliconic, se taie un plan de separație și se extrage modelul master, rezultând două semimatrițe. Se assemblează cele două semimatrițe din cauciuc siliconic între care a rezultat cavitatea ce copiază forma modelului master RP, care a fost folosit. În cavitatea obținută se poate turna sub vid materialul din care se dorește fabricarea piesei respective.

Materialele folosite în procesul de turnare sub vid a pieselor sunt diverse materiale plastice, materiale ceramice pentru turnare, rășini sintetice etc. În general sunt folosite două componente de poliuretan pentru fabricarea pieselor. Pentru a evita apariția bulelor de aer în piese, turnarea se realizează sub vid.

Matrițele din cauciuc siliconic rezistă bine la turnarea a circa 20 bucăți de piese din material plastic [2], [5].

2.1. Procesul de turnare sub vid

Practic, după fabricarea unui model RP prin procedeul de sinterizare selectivă cu laser [7], pe mașina Sinterstation 2000 din dotarea Centrului de Fabricare Rapidă a Prototipurilor din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, model utilizat ca master (figura 1), după finisarea și verificarea acestuia, tehnologia de fabricare prin turnare sub vid s-a derulat în două etape:

- formarea matriței din cauciuc siliconic;
- turnarea pieselor în matrița din cauciuc siliconic.



Fig. 1. Model SLS [7]

2.1.1. Formarea matriței din cauciuc siliconic

Pentru fabricarea unei matrițe din cauciuc siliconic, necesară fabricării pieselor prin turnare sub vid, s-au parcurs următoarele etape de lucru :

1. Verificarea modelului master SLS.
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 s-a atașat modelului o tijă verticală, care a fost 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 a fost 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 acumulate la turnarea acestuia în jurul modelului master. În continuare cutia conținând cauciuc siliconic turnat, este introdusă în cuptorul de polimerizare unde are loc solidificarea blocului de cauciuc siliconic.
9. După polimerizarea totală, blocul de cauciuc siliconic 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 siliconic, 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 a durat 2 zile.



Fig. 2. Înlăturarea modelului master [7]



Fig. 3. Semimatrițele rezultate [7]

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 caucic 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.

2.1.2. Turnarea pieselor în matrița din cauciuc siliconic

Turnarea sub vid în matrița din cauciuc siliconic s-a desfășurat prin parcurgerea etapelor următoare:

1. Legarea celor două semimatrițe cu bandă adezivă și montarea pâlniei de turnare (figura 4).



Fig. 4. Matrița pregătită pentru turnare [7]

2. Măsurarea precisă a cantităților necesare ale componentelor A și B, din care se compune rășina care se utilizează la turnarea pieselor (figura 5). Un exemplu de astfel de rășină este SG 95. Cantitățile necesare din cei doi componente ai rășinii SG 95 sunt pregătite în două recipiente A și B, ale mașinii de turnare sub vid.



Fig. 5. Componentii A și B ai rășinii SG 95 utilizați la turnarea piesei [7]

3. Odată programat, ciclul se desfășoară automat. Are loc amestecarea celor doi componenți și apoi turnarea automată.
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 6), unde are loc solidificarea piesei turnate, prin polimerizare termală la temperatura de 70°C, timp de 20 până la 80 minute.



Fig. 6. Matrița în cuptorul de polimerizare, pentru solidificarea piesei [7]

5. După scoaterea din cuptor, se desface banda care leagă cele două semimatrițe și se extrage piesa turnată (figura 6). 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 7).



Fig.7. Piesa turnată după extragerea din matriță, unde pot fi observate tije din plastic formate în găurile de aerisire. [7]

6. Se verifică precizia piesei obținute prin turnare sub vid (figura 8).



Fig. 8. Piesa obținută prin turnare sub vid în matrița din caucic siliconic [7]

3. Concluzii:

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;
- 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 peretului 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.

3. Bibliografie

- [1] BERCE, P., BĂLC, N., ș.a., Fabricarea rapidă a prototipurilor, Editura Tehnică, București, 2000.
- [2] CHUA, C.K., LEONG, K.F., Rapid Prototyping: Principles and Applications in Manufacturing, John Wiley, New York, 1977,
- [3] HALFORD, B., Low Cost, Short Run Tooling, Rapid News, Volume 4, Number 4, p.54, (1996).
- [4] MCP Silicone Rubber&Polyurethane Casting Resins, 2003, <http://www.mcp-group.co.uk/rpt/rpttmat.html> 78
- [5] MCP Silicone Rubber&Polyurethane Casting Resins, 2003, <http://www.mcp-group.co.uk/rpt/rpttmat.html>
- [6] MCP Vacuum Casting System, http://www.mec.ef.ac.uk/services/index.php?view=vacuum_casting&style=plain
- [7] Nichita Gabriela Georgeta, Cercetări teoretice și experimentale privind utilizarea tehnologiilor Rapid Prototyping în fabricația de piese complexe, teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2004.
- [8] Rapid Prototyping primer, <http://www.Rapid Prototyping.com>
- [9] Vacuum Casting, 2003, http://www.materialise.be/prototypingolutions/vacuum_ENG.html