

METODA SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA WOSKOWYCH MODELI ŁOPATEK W MATRYCACH SILIKONOWYCH

G. BUDZIK¹, M. SOBOLAK², D. KOZDĘBA³

^{1,2} Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Maszyn
35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 8

³ Rzeszowska Agencja Rozwoju Regionalnego
35-959 Rzeszów, ul. Szopena 51

STRESZCZENIE

W artykule zostały przedstawiane możliwości wykorzystania technologii Vacuum Casting do wytworzenia matryc silikonowych w oparciu o fizyczny model stereolitograficzny. Opisany został sposób wykonania woskowych modeli odlewniczych łopatek silników lotniczych w silikonowych matrycach.

Key words: Vacuum Casting, Rapid Prototyping, Blade o Rotor

1. WSTĘP

Techniki szybkiego prototypowania (*ang. Rapid Prototyping – RP*) w początku swego istnienia miały w większości zastosowanie w obrębie wzornictwa przemysłowego urządzeń elektronicznych i artykułów gospodarstwa domowego. Obecnie zakres stosowania technik RP znacznie się rozszerzył i wkracza do coraz to nowych gałęzi przemysłu. Techniki szybkiego prototypowania stają się częścią procesów technologicznych elementów odlewanych ze stopów metali [4,5].

Techniki szybkiego prototypowania można zastosować w procesie przygotowania modeli na potrzeby technologii odlewania metodą traconego wosku [1,6]. W przy-

¹ dr inż. Grzegorz Budzik, e-mail: gbudzik@prz.edu.pl

² dr inż. Mariusz Sobolak, e-mail: msobolak@prz.edu.pl

³ mgr inż. Daniel Kozdęba, e-mail: dkozdeba@rarr.rzeszow.pl

padku wykonywania prototypów zespołów wirnikowych silników lotniczych niezbędne jest przygotowanie kilkudziesięciu woskowych modeli do wykonania odlewów łopatek.

Tradycyjne metody przygotowania prototypów odlewów łopatek są kosztowne i czasochłonne ze względu na konieczność opracowania i wykonania metalowej matrycy. Z uwagi na to coraz powszechniej stosowane są nowoczesne metody przygotowania prototypowych odlewów wykorzystujące metody szybkiego prototypowania. Ze względu na wysoką dokładność kształtowo-wymiarową modeli często jako metoda szybkiego prototypowania stosowana jest stereolitografia. Na bazie modelu stereolitograficznego wykonuje się matrycę silikonową, która służy do wytworzenia modeli woskowych.

2. PROCES TWORZENIA MODELU WOSKOWEGO

Proces wykonania modelu woskowego z wykorzystaniem szybkiego prototypowania składa się z czterech zasadniczych etapów:

- a) opracowanie modelu CAD,
- b) wykonanie modelu stereolitograficznego,
- c) wykonanie matrycy silikonowej,
- d) wykonanie modelu woskowego.

2.1. Wykonanie modelu stereolitograficznego na podstawie modelu CAD

Pierwszym etapem procesu jest wykonanie modelu wirtualnego w systemie CAD (rys. 1a). Model CAD eksportowany jest do formatu STL (*ang. Stereolithography*), stosowanego w większości urzędzeń RP (rys. 1.b). Na podstawie wirtualnego modelu wykonywany jest model fizyczny. Model stereolitograficzny SLA (*ang. Stereolithography Aparatus*) powstaje w wyniku warstwowego utwardzania czynnej optycznie żywicy za pomocą wiązki lasera. Proces tworzenia modelu stereolitograficznego stanowi odrębne zagadnienie [2,3,6]. Modele wykonane tą metodą (rys. 1c) posiadają odpowiednie właściwości, niezbędne do wykonania na ich podstawie matryc silikonowych, które służą do wykonania modeli woskowych.



Rys. 1. Tworzenie stereolitograficznego modelu łopatki wirnika: a) model CAD, b) model STL, c) model SLA

Fig. 1. Create of stereolithography model of blade: a) CAD model, b) STL model, c) SLA model

2.2. Przygotowanie matrycy silikonowej

Przygotowanie matrycy silikonowej należy rozpocząć od umieszczenia modelu stereolitograficznego wraz z układem wlewowym i odpowietrzającym w obudowie. Wymiary obudowy muszą być tak dobrane aby grubości ścianek matrycy silikonowej zapewniały jej zadowalającą sztywność podczas zalewania woskiem. Przy niskiej sztywności matrycy nie gwarantuje ona utrzymania wymiarów i kształtu modeli woskowych. Gabaryty matrycy ograniczone są wielkością komory aparatury podciśnieniowej (rys. 2). Przygotowany w ten sposób zestaw jest gotowy do napełnienia silikonem.



Rys. 2. Aparatura do odlewania próżniowego typu VAKUUM UHG 400
Fig 2. Vacuum casting machine type VAKUUM UHG 400

Płynny silikon miesza się z utwardzaczem (np. silikon VTV 750 z utwardzaczem CAT 750 w proporcjach 10:1) i wstępnie odgazowuje w urządzeniu podciśnieniowym. Podczas wstępnego odgazowywania występuje gwałtowne pienienie się silikonu. Dlatego też naczynie do odgazowywania powinno mieć około 10-cio krotnie większą objętość niż początkowa objętość silikonu.

Odgazowany silikon należy wlać do przygotowanej wcześniej obudowy matrycy. Po zalaniu formy silikonem powtórnie przeprowadza się proces odgazowywania. W drugim etapie odgazowywania nie występuje już gwałtowne pienie się silikonu [2,7].

Po zastygnięciu silikonu, matrycę utwardza się termicznie przez wygrzanie w piecu elektrycznym (przyspiesza to proces całkowitego utwardzenia silikonu). Następnie matrycę przecina się w odpowiednich powierzchniach podziału i wyjmuje model stereolitograficzny (rys. 3). Płaszczyzny podziału muszą przebiegać tak aby można było wyjąć bez uszkodzenia model woskowy.



Rys. 3. Fragment matrycy silikonowej ze stereolitograficznym modelem łopaty
Fig. 3. Part of silicon mould with stereolithography model of blade

2.3. Wykonanie modelu woskowego

Do wykonania modelu woskowego matrycę należy odpowiednio przygotować. Części matrycy łączy się z sobą (można do tego celu wykorzystać pojemnik, w którym została utworzona matryca, metalowe spinki lub taśmę montażową).

Matrycę podgrzewa się do temperatury o kilka stopni wyższej od temperatury topnienia wosku, w tym samym czasie przygotowuje się płynny wosk. Następnie w aparaturze niskociśnieniowej umieszcza się matrycę i wosk odlewniczy. Matryca zalewana jest przy niskim ciśnieniu, co ułatwia jej wypełnienie. Matryca z woskiem powinna ostygnąć przy obniżonym ciśnieniu. Po całkowitym wystygnięciu matrycy można przystąpić do wyjęcia woskowego modelu (rys. 4).



Rys. 4. Model woskowy łopatki w matrycy silikonowej
Fig. 4. Investment pattern of blade in silicone mould

3. PODSUMOWANIE

Metoda szybkiego prototypowania, wykorzystująca technikę stereolitografii i matryc silikonowych pozwoliła na wyeliminowanie kosztownych matryc metalowych na etapie przygotowania woskowych modeli prototypowych odlewów łopatek silnika przepływowego. Ograniczeniem zastosowania tej metody jest żywotność matryc silikonowych, pozwalają zwykle na wykonanie kilkudziesięciu modeli. W przypadku niewielkiej liczby woskowych modeli ograniczenie to nie jest istotne.

Zastosowanie techniki i silikonowych matryc umożliwia szybkie wykonanie prototypowych łopatek niezbędnych do badań stanowiskowych. Pozwoliło to na skrócenie czasu przygotowania woskowych modeli prototypów łopatek silników lotniczych.

LITERATURA

- [1] H. Allendorf: *Odlewanie precyzyjne za pomocą modeli wytapianych*. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa 1960.
- [2] G. Budzik, M. Sobolak: *Prototypowanie kół zębatych dla sprzętu AGD*. XXII Sympozjon Podstaw Konstrukcji Maszyn Gdynia – Jurata, Tom 2. Wydawnictwo Fundacji Rozwoju Akademii Morskiej, Gdynia 2005.
- [3] S. H. Choi, S. Samavedam: *Modelling and optimisation of Rapid Prototyping*. Computers in industry Nr 47/2002.
- [4] J. Jaskólski, M. Sobolak, G. Budzik: *Rapid prototyping using in models building of engine elements*. Journal of KONES Internal Combustion Engines. Institute of Aeronautics, Warszawa 2004.
- [5] K. E. Oczóś: *Rapid Prototyping/Rapid Tooling – rozwój konstrukcji urządzeń, stosowanych materiałów i technologii*. Mechanik Nr 4/2001, Warszawa 2001.
- [6] M. Sobolak, G. Budzik, S. Miechowicz: *Szybkie prototypowanie wirnika turbiny turbosprężarki*. International Scientific Conference PRO-TECH-MA Rzeszów – Bezmiechowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.
- [7] M. Sobolak, G. Budzik: *Prototypowanie kół zębatych z wykorzystaniem stereolitografii i odlewania próżniowego*. Konferencja naukowo-techniczna KZ 2004 Koła zębate 2004 – Gears 2004. Rzeszów – Bezmiechowa, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 217. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.

RAPID PROTOTYPING METHOD OF INVESTMENT PATTERN OF BLADE IN SILICONE MOULD

SUMMARY

This paper presents possibilities of Vacuum Casting technology for investment pattern create. Article describe metod of silicone female mould built based on stereolithography model. In silicone mould has been made investment patern of blade of rotor of aircraft engine.

Recenzował: Prof. Władysław Orłowicz