

**WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII RAPID PROTOTYPING
W ODLEWNICTWIE PRECYZYJNYM**G. BUDZIK¹, M. SOBOLAK², D. KOZDĘBA³^{1,2} Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Maszyn
35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 8³ Rzeszowska Agencja Rozwoju Regionalnego
35-959 Rzeszów, ul. Szopena 51

STRESZCZENIE

Artykuł przedstawia zastosowanie techniki Rapid Prototyping w procesie wytwarzania modeli dla odlewnictwa precyzyjnego. Opracowane zostały modele CAD elementów, których fizyczne modele wykonano metodą stereolitografii. Na bazie modeli stereolitograficznych zostały wykonane ceramiczne formy odlewnicze.

Key words: Investment Casting, Rapid Prototyping, Stereolitography

1. WSTĘP

Techniki szybkiego prototypowania (*ang. Rapid Prototyping - RP*) mają coraz szersze zastosowanie w procesie wytwarzania elementów maszyn [3,4,6,7]. Modele wykonywane technikami Rapid Prototyping w tym stereolitograficzne mogą posłużyć do wykonania form ceramicznych stosowanych w odlewaniu metodą traconego modelu.

Najkrótszą drogą w zastosowaniu techniki RP jest bezpośrednio użycie modelu wykonanego metodą stereolitografii. Taka droga jest uzasadniona w przypadku małej liczby wykonywanych prototypów. Zastosowanie stereolitografii do wykonania formy (np. wirnika turbiny) pozwala na skrócenie czasu wykonania prototypu. Dzięki temu możliwa jest również szybka modyfikacja już istniejących rozwiązań.

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

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

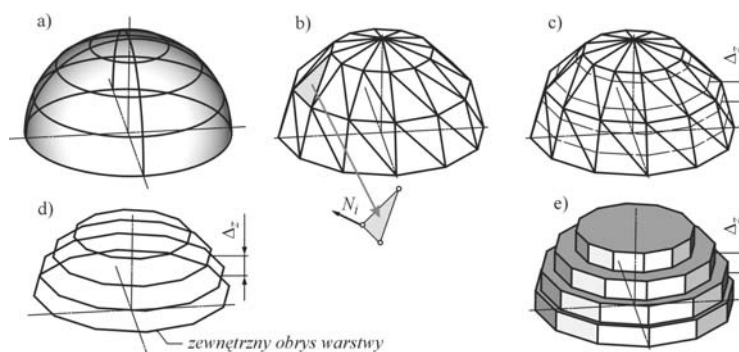
³ mgr inż. Daniel Kozdęba, e-mail: dkozdeba@rarr.rzeszow.pl

2. METODA STEREOLOGRAFII

Stereolitografia jest jedną z metod szybkiego prototypowania. Modele – prototypy – wykonuje się ze specjalnej żywicy fotoutwardzalnej. Utwardzanie żywicy następuje wskutek naświetlenia światłem laserowym o odpowiedniej długości fali. Dokładność odwzorowania modelu uzależniona jest od wielu czynników, między innymi od dokładności geometrycznej aparatury stereolitograficznej [1,5,8].

Modelem wyjściowym dla modelu stereolitograficznego jest bryła utworzona w systemie CAD (rys. 1.a). Dokładność bryły zależy od użytego systemu CAD i przyjętego sposobu modelowania, co stanowi odrębne zagadnienie. Gotowy model CAD eksportowany jest do formatu stereolitografii, oznaczanego często skrótem STL (od rozszerzenia nazwy pliku) (rys. 1.b). Format ten opisuje każdą modelowaną bryłę za pomocą płaskich trójkątnych powierzchni oraz wektorów normalnych do każdej z nich. Na tym etapie mogą pojawić się błędy odwzorowania. Jednakże błędy te mogą być minimalizowane poprzez przyjęcie odpowiednio małych powierzchni modelujących [4,7].

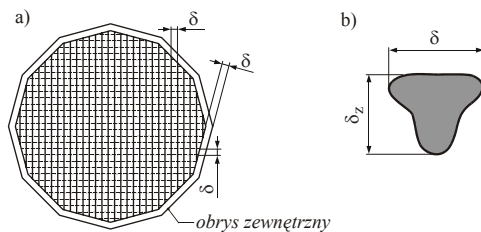
Następnie w modelu STL wyodrębniane są warstwy (rys. 1.c, d), które służą do wytworzenia modelu SLA. Model SLA utworzony jest z warstw o ustalonej grubości. Przykładowo dla aparatury SLA-250 firmy 3D Systems grubości warstw mogą wynosić odpowiednio 0,1 lub 0,15 mm.



Rys. 1. Przebieg procesu tworzenia modelu stereolitograficznego: a – model CAD, b – model STL, c, d – podział modelu STL na warstwy, e – gotowy model SLA; Δ_z – grubość pojedynczej warstwy modelu SLA, N_i – wektor normalny

Fig. 1. Stereolithography proces: a – CAD model, b - STL model, c,d – layers of STL model, e – SLA model, Δ_z – tickness of layer in SLA model, N_i – normal vector

Kształtowanie modelu odbywa się na platformie roboczej zanurzanej w żywicy fotoutwardzalnej. W początkowym etapie kształtowania modelu wykonywana jest pierwsza warstwa modelu. Platforma zanurza się w żywicy na głębokość założonej grubości warstwy modelu. Wiązka lasera odwzorowuje w żywicy obrys warstwy a następnie utwardza obszar wewnątrz nachodzącymi na siebie ściegami.

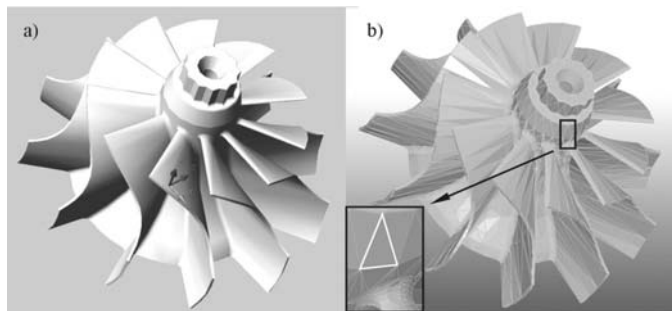


Rys. 2. Budowa pojedynczej warstwy, a – sposób wypełniania warstwy, b – przekrój poprzeczny utwardzanej ścieżki; δ – szerokość ścieżki, δ_z – głębokość ścieżki
 Fig. 2. Layer building: a – single layer construction, b – cross-section of single path of hardened resin; δ – width of the single path, δ_z – depth of the single path

Po zbudowaniu każdej kolejnej warstwy modelu platforma zanurza się znowu w żywicy na głębokość założonej grubości warstwy. Wiązka laserowa utwardza kolejną warstwę modelu. Kolejne sekwencje budowy modelu są do siebie podobne. Proces trwa do momentu odwzorowania całego modelu.

2.1. Wykonanie modelu CAD

Elementem wykonywanych poprzez odlewanie metodą traconego modelu był wirnik turbiny turbosprężarki. Uzyskanie założonych parametrów pracy turbiny wymagało doboru odpowiedniej geometrii jej łopatek. Uzyskanie takiej geometrii poprzedzone jest żmudnymi pracami obliczeniowymi (jest to odrębne zagadnienie). Otrzymane w wyniku obliczeń parametry pozwoliły na stworzenie modelu CAD wirnika (rys. 3a). Model ten przetwarzany został na format STL (rys. 3b), który był podstawą do wykonania jego fizycznej postaci przy pomocy aparatury stereolitograficznej.



Rys. 3. Wirnik turbiny: a) model CAD, b) model STL
 Fig. 3. Rotor of turbine: a) CAD model, b) STL model

2.2. Wytworzenie modelu stereolitograficznego

W Katedrze Konstrukcji Maszyn Politechniki Rzeszowskiej modele stereolitograficzne wykonywane są za pomocą aparatury stereolitograficznej typu SLA250 firmy 3D Systems (rys. 4). Proces budowy modelu przebiega w zamkniętej komorze, gdzie znajdują się mechaniczne układy wykonawcze, sensory i laser gazowy. Aparatura sterowana jest komputerem, na którego ekranie wyświetlane są aktualne informacje o przebiegu procesu. Po zakończeniu procesu platforma robocza wysuwana jest wraz z wytworzonymi elementami ponad powierzchnię lustra żywicy (rys. 5). Po wyjęciu platformy oddziela się od niej właściwy model.



Rys. 4. Aparatura stereolitograficzna SLA 250
Fig. 4. SLA 250 Machine



Rys. 5. Stereolitograficzny model wirnika turbiny usytuowany na platformie
Fig. 5. Stereolithography model of turbine's rotor on the platform

3. WYKONANIE FORMY CERAMICZNEJ

Kolejnym etapem procesu jest przygotowanie zestawu modelowego. Zestaw modelowy może być wykonany w całości techniką stereolitografii, lecz wtedy koszty jego wykonania są wysokie. Obniżenie kosztów można uzyskać w przypadku wykonania zestawu kombinowanego, w którym układ wlewowy jest wykonany z wosku a modele są wykonane metodą stereolitografii. Na przygotowany w ten sposób zestaw modelowy nakładane jest warstwowo pokrycie ceramiczne [2]. Rysunek 6 przedstawia formę ceramiczną wykonaną na bazie stereolitograficznego modelu wirnika i woskowego układu wlewowego.



Rys. 6. Forma ceramiczna wirnika turbiny
Fig. 6. Casting mould of rotor of turbine

Odrębny problem stanowi sposób usuwania modelu stereolitograficznego z formy ceramicznej. Dla dokładnego wysublimowania modelu żywicznego należy w miarę możliwości przygotowywać modele cienkościennie lub o strukturze typu plaster miodu.

4. PODSUMOWANIE

Opracowywanie prototypów łopatek i wirników maszyn przepływowych jest procesem czasochłonnym i kosztownym. Zaprezentowana w pracy technika szybkiego prototypowania została z powodzeniem zastosowana do weryfikacji kształtu wirnika

turbiny w warunkach doświadczalnych. Pozwoliło to na istotne skrócenie czasu przygotowania wirnika do prób stanowiskowych.

LITERATURA

- [1] 3D Lightyear SLA File Preparation Software - User's Guide 2001.
- [2] H. Allendorf: *Odlewanie precyzyjne za pomocą modeli wytapianych*. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa 1960.
- [3] S. H. Choi, S. Samavedam: *Modelling and optimisation of Rapid Prototyping*. Computers in industry Nr 47/2002.
- [4] S. Miechowicz, M. Sobolak, G. Budzik: *The complex rapid prototyping STL free surface generation*. International Scientific Conference PRO-TECH-MA Rzeszów – Bezmiechowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.
- [5] K. E. Oczóś: *Rapid Prototyping/Rapid Tooling – rozwój konstrukcji urządzeń, stosowanych materiałów i technologii*. Mechanik Nr 4/2001, Warszawa 2001.
- [6] K. E. Oczóś: *Rapid Prototyping i Rapid Tooling – rozwój metod i technik szybkiego wytwarzania modeli, prototypów i małoseryjnych wyrobów*. Mechanik, Nr 4/1998 Warszawa 1998.
- [7] M. Sobolak, G. Budzik: *Dokładność geometryczna metody stereolitografii*. Western Scientific Centre of Ukrainian Transport Academy, Lwow 2005.
- [8] Stereolithography Buildstation - 3D Systems Publications 2001.

RAPID PROTYTYPING TECHNOLOGY USING FOR INVESTMENT CASTING PROCESS

SUMMARY

This paper presents Rapid Prototyping using for investment casting process. On the beginning have been create CAD models. This model have been made by stereolithography method. Investment moulding has been create based on stereolithography models.

Recenzował: Prof. Władysław Orłowicz