

RAPID PROTOTYPING USING IN MODELS BUILDING OF ENGINE ELEMENTS

Jerzy JASKÓLSKI*, Grzegorz BUDZIK**, Mariusz SOBOLAK**

* Politechnika Krakowska

Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych
31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, tel. (012) 628 26 42

e-mail: jaskolsk@usk.pk.edu.pl

** Politechnika Rzeszowska

Katedra Konstrukcji Maszyn

35-959 Rzeszów, ul. Wincentego Pola 2, tel. (017) 865 16 62

e-mail: gbudzik@prz.rzeszow.pl; msobolak@prz.rzeszow.pl

Abstract

This paper presents some aspects of Rapid Prototyping models building of engine elements. Rapid Prototyping given fast effect of create prototype of elements and they made shorter time to get in to production proces. This paper shows create process from CAD model to real part with RP using.

WYKORZYSTANIE TECHNIKI RAPID PROTOTYPING W TWORZENIU MODELI WYBRANYCH ELEMENTÓW SILNIKA

Streszczenie

Artykuł przedstawia zastosowanie technik szybkiego prototypowania na przykładzie elementu silnika. Techniki szybkiego prototypowania (ang. Rapid Prototyping) pozwalają na szybkie wykonanie prototypu danego elementu i skracają czas wprowadzenia go do produkcji. Artykuł opisuje proces tworzenia modelu CAD i przekształcenie go w model fizyczny z wykorzystaniem RP.

1. Wstęp

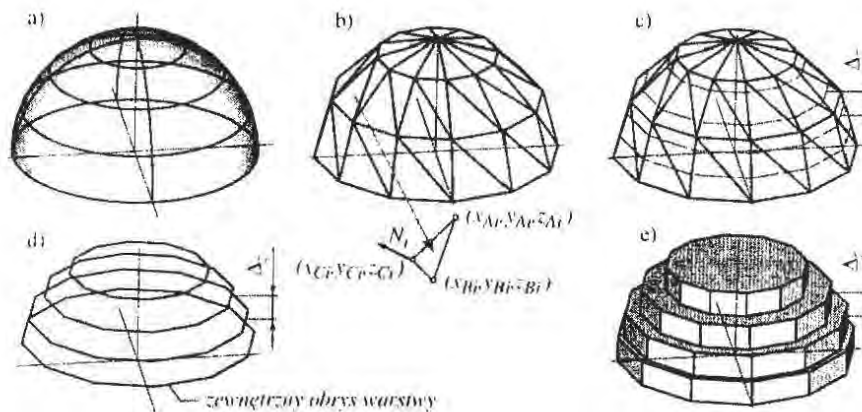
Produkcja nowoczesnych silników spalinowych wymaga stałego doskonalenia jego elementów jak również technologii ich wykonywania. W silnikach spalinowych wiele części wykonywanych jest za pomocą techniki odlewania zarówno ze stopów metali lekkich jak i żaroodpornych. Ze stopów metali lekkich wykonywane są m.in. bloki, korpusy obudowy i tłoki, ze stopów żaroodpornych odlewane są części narażone na długotrwałe działanie wysokich temperatur powstałych w procesie spalania mieszanki paliwowo-powietrznej m.in. wirniki turbin. Zastosowanie technik Rapid Prototyping w procesie odlewania elementów silnikowych umożliwia szybkie przejście z modelu CAD do modelu wykonanego z żywicy, który może posłużyć jako wzorzec do odlania modelu rzeczywistego. Pozwala to na znaczne przyspieszenie prac, szczególnie na etapie projektowo badawczym.

W Katedrze Konstrukcji Maszyn Politechniki Rzeszowskiej w laboratorium stereolitografii prowadzone są prace nad zastosowaniem stereolitografii w procesie odlewania elementów silnika.

2. Wykonanie modelu stereolitograficznego

Techniki Rapid Prototyping służą do szybkiego wykonania modelu rzeczywistego na podstawie modelu utworzonego przy pomocy systemów CAD. Jedną z metod szybkiego

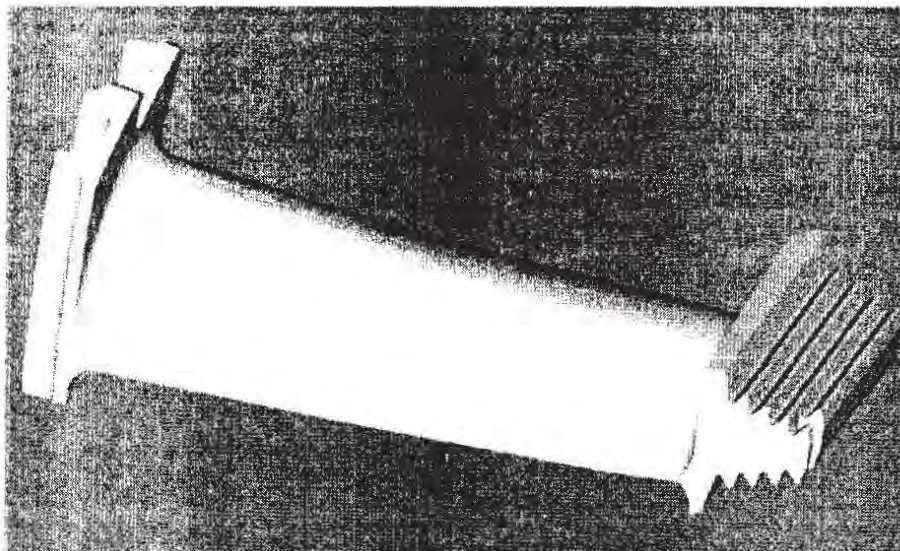
prototypowania jest stereolitografia. Metoda ta polega na wykonaniu modelu – prototypu ze specjalnej żywicy fotoutwardzalnej. Utwardzanie żywicy następuje wskutek naświetlenia światłem laserowym lub ultrafioletowym o odpowiedniej długości fal. Przygotowanie modelu zaczyna się od koncepcji elementu. W zależności od przeznaczenia planowana jest technologia wykonania oraz materiał na daną część. Opracowanie wstępnej koncepcji pozwala na uzyskanie modelu CAD danego elementu. Model CAD możemy wykonać w określonym systemie wspomagania komputerowego, należy jednak pamiętać, że systemy posiadają różną dokładność szczególnie przy eksportowaniu modelu CAD do formatu stereolitografii (STL). Dokładność przetwarzania pliku, m. in. wielkość trójkątnych powierzchni opisujących model w formacie STL ma zasadniczy wpływ na dokładność odwzorowania modelu stereolitograficznego (rys. 1).



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 – grubość pojedynczej warstwy modelu SLA
 Fig. 1. Stereolithography process: a – CAD model, b – STL model, c, d – layers of STL model, e – SLA model, Δ – thickness of layer in SLA model

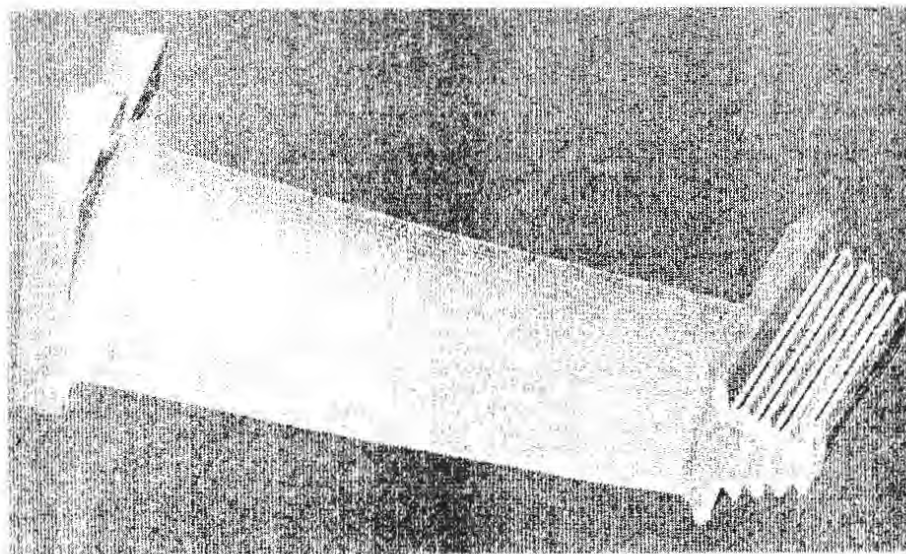
2. 1. Przygotowanie modelu łopatki wirnika silnika przepływowego

Łopatki silników lotniczych, jak również wirniki turbosprężarek, wykonywane są za pomocą technologii odlewania ze stopów żaroodpornych. Uzyskanie modelu CAD poprzedzone jest żmudnymi pracami obliczeniowymi pozwalającymi na uzyskanie odpowiedniej geometrii (jest to odrębne zagadnienie). Model CAD łopatki przedstawia rys. 2.

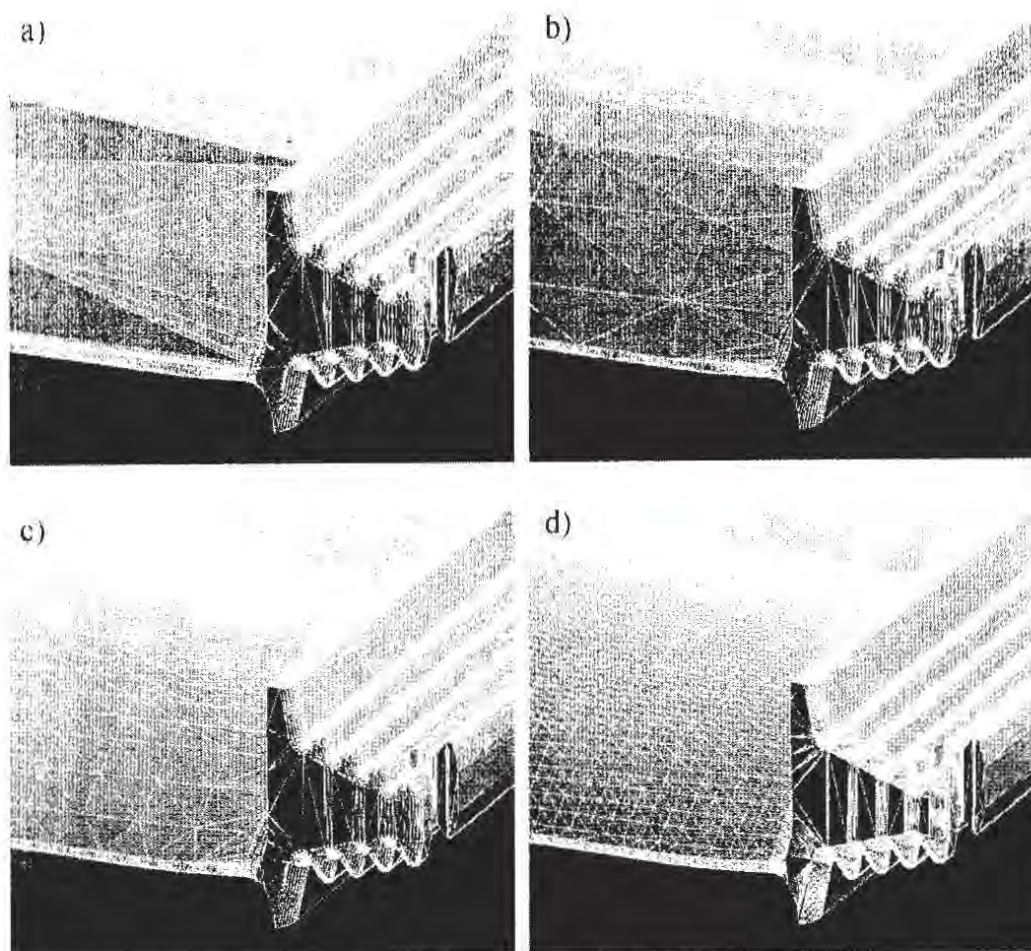


Rys. 2. Model CAD łopatki silnika turbinowego
 Fig. 2. CAD model turbine engine blade

Gotowy model CAD eksportowany jest do formatu STL stereolitografii (rys. 2) z żądaną dokładnością (np. poprzez określenie maksymalnej odchyłki powierzchni STL od powierzchni zamodelowanej w systemie CAD). Rys. 4 przedstawia modele STL otrzymane z modelu CAD o różnej dokładności odwzorowania powierzchni.



Rys. 3. Model STL łopatki wirnika turbiny
Fig. 3. STL model turbine engine blade

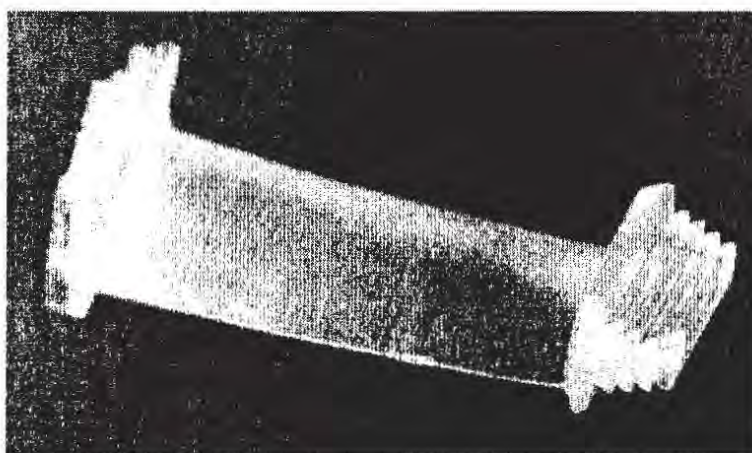


Rys. 4. Dokładności odwzorowania powierzchni w modelu STL: a – 0,5mm, b – 0,1mm, c – 0,01mm, d – 0,001mm
Fig. 4. Dokładności odwzorowania powierzchni w modelu STL: a – 0,5mm, b – 0,1mm, c – 0,01mm, d – 0,001mm

2. 2. Wykonanie łopatki techniką stereolitografii

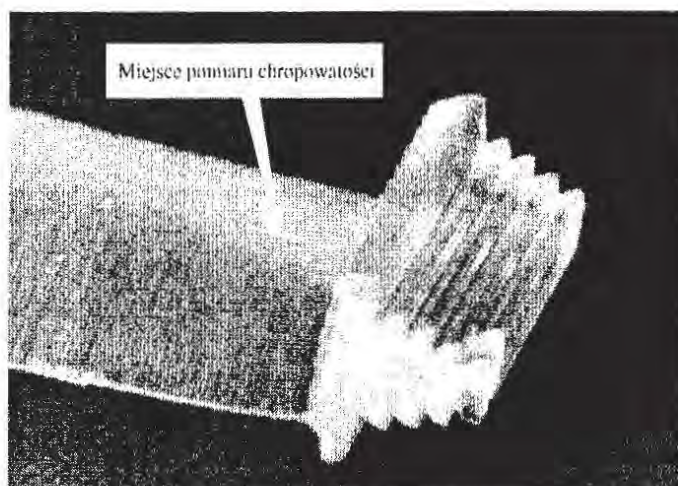
Łopátka posiada skomplikowany kształt geometryczny. Uzyskanie odpowiedniej dokładności wymiarowo kształtowej oraz chropowatości powierzchni jest możliwe przy odpowiednim usytuowaniu łopatki na platformie maszyny. Najlepsze efekty daje umieszczenie łopatki pionowo w kierunku osi z maszyny (wynika to ze specyfiki wykonywania modelu, który składa się z warstw – rys. 1.e).

Rysunek 5 przedstawia gotowy model łopatki wykonany metodą stereolitografii z żywicy SI5170 na maszynie SLA250 firmy 3Dsystems.



Rys. 5. Model stereolitograficzny łopatki wirnika turbiny
Fig. 5. Stereolitografy model turbine engine blade

Chropowatość w kierunku osi z (miejsce pomiaru pokazano symbolicznie na rys. 6) wynosi $R_a=1,434\mu\text{m}$. $R_z=9,93\mu\text{m}$. Na rys. 7 pokazano profilogram z pomiaru chropowatości powierzchni nie obrabianej wykańczająco po procesie stereolitografii. Powierzchnie po procesie stereolitografii można dodatkowo wygładzić uzyskując znacznie wyższą gładkość rzędu $R_a=0,089\mu\text{m}$.



Rys. 6. Miejsce pomiaru chropowatości na łopacie
Fig. 6. Place of measurements of surface roughness



Rys. 7. Chropowatości powierzchni łopatki wykonanej metodą stereolitografii, ($L_t=3,2$ mm, $R_a=1,434$ μm , $R_z=9,93$ μm)
 Fig. 7. Surface roughness of stereolitografy model of turbine engine blade, ($L_t=3,2$ mm, $R_a=1,434$ μm , $R_z=9,93$ μm)

3. Wykonanie odlewu łopatki na podstawie modelu stereolitograficznego

Po wykonaniu modelu stereolitograficznego należy poddać go dodatkowej obróbce polegającej na wstępnym oczyszczeniu i umyciu a następnie utwardzeniu w specjalnym piecu ultrafioletowym. Po utwardzeniu model możemy poddać ostatecznemu oczyszczeniu. Tak wykonany model z żywicy posiada dużą dokładność wymiarowo kształtową, wysoką gładkość powierzchni i może służyć jako wzorzec w procesie odlewania.

Na modelu z żywicy budowany jest układ wlewowy a następnie tworzona jest forma ceramiczna przez nakładanie na model odpowiednich warstw pokrycia. Następnie należy usunąć model z formy przez wytopienie go w wysokiej temperaturze. Dla pełnego odparowania (sublimacji) żywicy SL5170 temperatura w piecu powinna przekraczać 850K. Tak przygotowana forma może zostać zalana żądanym stopem.

4. Wnioski

Zastosowanie metod Rapid Prototyping, w tym stereolitografii w procesie odlewania elementów silnika daje dobre rezultaty pod względem przyspieszenia prac projektowo wdrożeniowych. Metody RP pozwalają na wytworzenie prototypów takich elementów jak: łopatki wirników, wirniki turbosprężarek, dźwigienki zaworowe elementy korpusów i obudów. Technika Rapid Prototyping może być używana do wykonywania modeli elementów w fazie projektowo badawczej oraz produkcji jednostkowej, jednak opracowane przy jej pomocy prototypy mogą posłużyć do wdrożeń w produkcji masowej. Zastosowanie tej metody pozwala na znaczne skrócenie czasu wykonania modelu prototypowego oraz uzyskanie różnych wersji prototypu.

Produkcja elementów silnikowych o skomplikowanym kształcie wymaga stosowania zaawansowanych technologii dających rozwiązania w krótkim czasie. Metoda stereolitografii spełnia kryteria niezbędne przy takiej produkcji i dlatego celowe są prace nad coraz szerszym zastosowaniem tej metody w technologii wykonywania elementów silnika.

Literatura

- [1] Allendorf H.: Odlewanie precyzyjne za pomocą modeli wytapianych. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa 1960.
- [2] Choi S. H., Samavedam S.: Modelling and optimisation of Rapid Prototyping, Computers in industry Nr 47/2002.
- [3] Kordziński Cz., Środulski T.: Silniki spalinowe z turbodoładowaniem, WNT Warszawa 1970.

- [4] Kowalewicz A.: Doładowanie silników spalinowych. Politechnika Radomska, Radom 1998.
- [5] Oczóś K. E.: Rapid Prototyping/Rapid Tooling – rozwój konstrukcji urządzeń, stosowanych materiałów i technologii, Mechanik Nr 4/2001, Warszawa 2001.
- [6] Oczóś K. E.: Rapid Prototyping i Rapid Tooling – rozwój metod i technik szybkiego wytwarzania modeli, prototypów i małoseryjnych wyrobów, Mechanik, Nr 4/1998 Warszawa 1998.
- [7] Wholers T.: Rapid Prototyping State of The Industry – 1999, World Wide Progress Report, RPA-SME Publication 1999.