

REVERSE ENGINEERING USING FOR REPRODUCE GEOMETRY OF ROTOR OF TURBOCHARGER

Grzegorz Budzik, Sławomir Miechowicz, Adam Marciniak

Rzeszów University of Technology
Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautic
Al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, Poland
tel.: +48 17 8651642, fax: +48 17 8651150
e-mail: gbudzik@prz.edu.pl
e-mail: slawomir.miechowicz@wp.pl
e-mail: amarc@prz.edu.pl

Abstract

Article presents process of reproduce the geometry of B4A turbocharger's rotor by Reverse Engineering method. Reverse Engineering (RE) techniques allow to reproduce the geometry of the real parts and assemblies, quality verification and further development. One of the RE method is Computer Tomography based 3 dimensional imaging produces accurate and precise part measurements, enabling description of internal and external structures. As for now it is the only non-destructive method to determinate internal structures and surfaces with reasonable accuracy. The data acquisition parameters, measurement protocols and the data processing have the greatest influence for the accuracy of 3D models generation. The possibilities of application of this technology for surface projection of rotor of turbocharger were presents in article. The scanning parameters influence on the image artifacts of the CT and the limitation of this measure technique for Reverse Engineering in this article were presented. Process of 3D geometry reproduce of turbocharger's rotor has been made by Materialize Mimics, Autodesk Mechanical Desktop and CATIA V5R15 systems.

Keywords: reverse engineering, turbocharger, rotor, geometry reproduce, CAD systems

ZASTOSOWANIE METODY REVERSE ENGINEERING DO ODTWORZENIA MODELU GEOMETRYCZNEGO WIRNIKA TURBOSPREŻARKI

Streszczenie

Artykuł przedstawia proces odtworzenia modelu geometrycznego wirnika turbospreszarki typ B4A za pomocą jednej z metod inżynierii odwrotnej (ang. Reverse Engineering - RE). Technika RE pozwala na pozyskiwanie danych geometrycznych istniejącego elementu lub zespołu, umożliwia również weryfikację geometryczną i wprowadzanie modernizacji. Jedną z bezstykowych metod RE pozwalających na tworzenie trójwymiarowego obrazu elementu jest tomografia komputerowa. Metoda ta pozwala na dokładne odtworzenie zewnętrznych i wewnętrznych wymiarów geometrycznych. Jest to obecnie jedyna nieniszcząca metoda pozwalająca na odtworzenie wewnętrznej geometrii elementu z odpowiednią dokładnością. Parametry akwizycji danych pomiarowych, protokoły pomiarowe oraz przetwarzanie danych mają olbrzymie znaczenie w procesie odtwarzania geometrii a następnie wytwarzania na tej podstawie elementów maszyn. W wyniku pomiarów możliwe jest otrzymanie obszaru cyfrowego w postaci chmury punktów opisujących parametry geometryczne obiektu. Artykuł przedstawia możliwości zastosowania technologii RE w odtworzeniu modelu powierzchni wirnika turbospreszarki. Opisane zostały ograniczenia metody inżynierii odwrotnej oraz wpływ parametrów skanowania na jakość otrzymanego obrazu przy pomocy tomografu komputerowego. Proces odtworzenia geometrii trójwymiarowej wirnika turbospreszarki został przeprowadzony za pomocą następującego oprogramowania: Materialize Mimics, Autodesk Mechanical Desktop oraz CATIA V5R15.

Słowa kluczowe: inżynieria odwrotna, turbospreszarka, wirniki turbospreszarki, odtworzenie geometrii, systemy CAD

1. Wstęp

Inżynieria odwrotna znajduje coraz szersze zastosowanie w produkcji elementów silników spalinowych. Istnieją wyspecjalizowane firmy zajmujące się wyłącznie tym etapem procesu wytwarzania. Firmy produkujące oryginalny wyrób poszukując tańszych podwykonawców lub producentów części zamiennych w innych krajach bardzo często przekazują potencjalnemu kontrahentowi gotowy wyrób bez dokumentacji technicznej z zapytaniem o cenę. Najszybszym sposobem pozwalającym wykonać prototypowe elementy jest zastosowanie techniki inżynierii odwrotnej w celu otrzymania geometrii danego elementu [1, 2].

Sz szczególnie istotne jest stosowanie metody RE dla elementów o skomplikowanych kształtach jakimi są wirniki turbosprężarek.

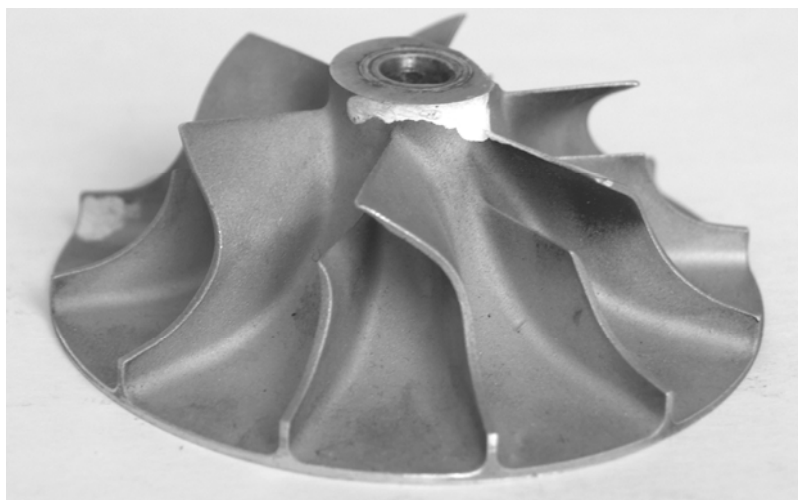
W technice Reverse Engineering wyróżniamy kilka metod uzyskiwania danych, które możemy podzielić na:

- a) bezdotykowe:
 - skanowanie bezdotykowe,
 - skanowanie głowicą laserową,
 - fotogrametria,
 - tomografia komputerowa,
- b) dotykowe – współrzędnościowa technika pomiarowa

Jedną z bezdotykowych metod pomiarowych jest tomografia komputerowa. Główną zaletą tej metody jest możliwość otrzymania w sposób nieniszczący zewnętrznej i wewnętrznej geometrii badanego obiektu [3, 5]. Obróbka danych otrzymanych z tomografu poprzez specjalistyczne oprogramowanie umożliwia otrzymanie plików o standardach typowych dla systemów CAD/CAM/CAE [4, 6, 7].

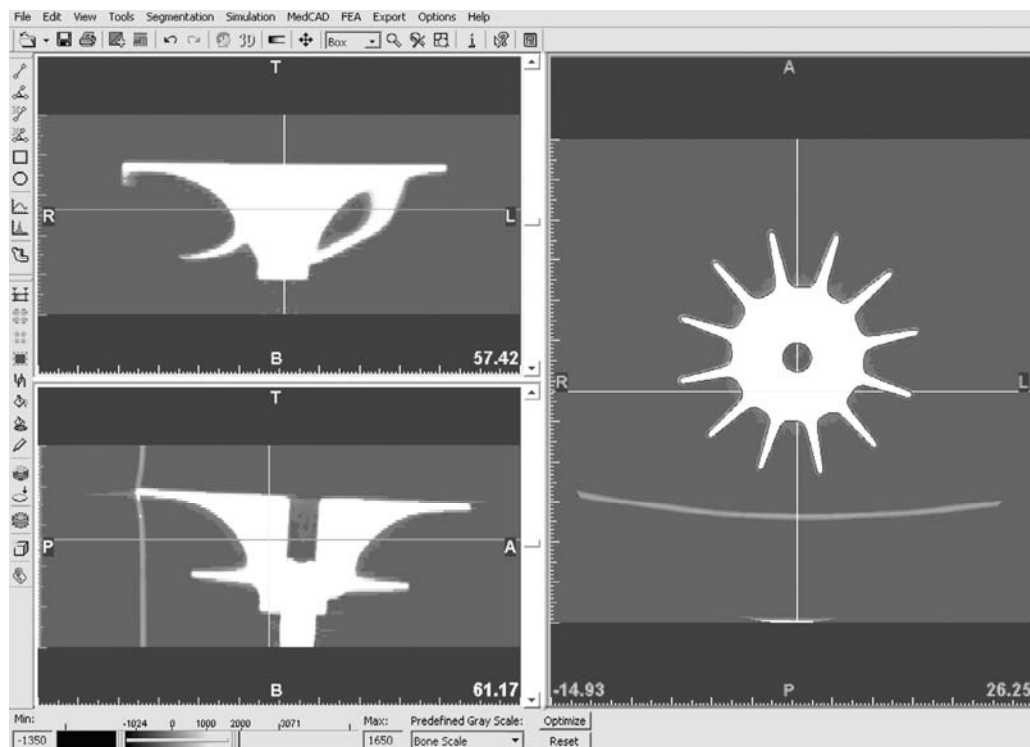
2. Badanie geometrii wirnika turbosprężarki

Obiektem badań był wirnik sprężarki wykonany ze stopu aluminium pochodzący od turbosprężarki B4A produkowanej przez WSK PZL Rzeszów (rys. 1). Urządzeniem pomiarowym był tomograf komputerowy, za którego pomocą uzyskane zostały dane metodą bezdotykową.



Rys. 1. Wirnik turbosprężarki B4A
Fig. 1. Rotor of turbocharger B4A

Proces przygotowania danych za pomocą tomografu komputerowego jest złożony ponieważ, należy dobrać odpowiednie parametry pracy urządzenia w celu otrzymania dokładności wymaganej dla elementów silników spalinowych. Obiekt skanowany jest warstwa po warstwie z zadaną dokładnością. Obrazy tomograficzne poszczególnych warstw badanego obiektu mają postać rastrową (rys. 2).



Rys. 2. Dwuwymiarowy obraz wirnika obrabiany za pomocą programu Mimics Materialize
Fig. 2. The 2D contour of rotor, data processing with Materialize Mimics program

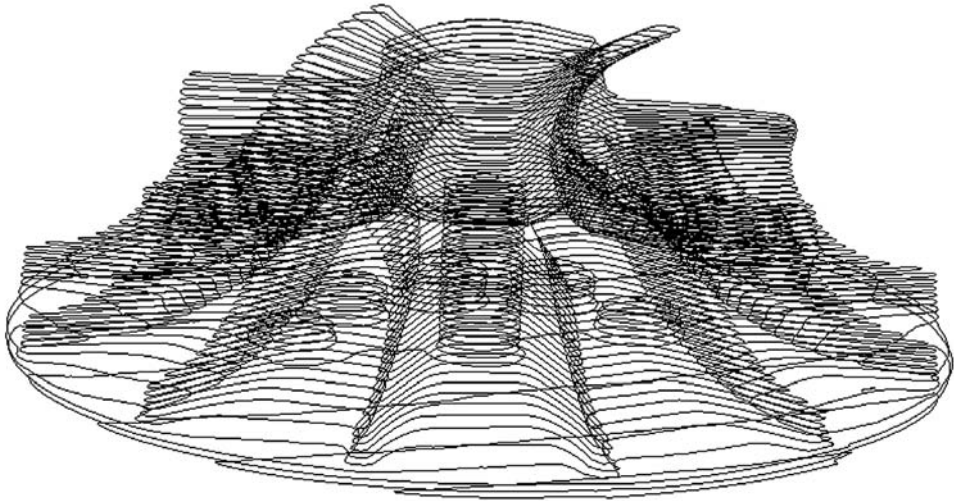
Głównym problemem rekonstrukcji 3D jest poprawne określenie granicy pomiędzy badanym obiektem, a otoczeniem. Jako, że nie zawsze znany jest rodzaj, czy geometria badanego obiektu, jednoznaczne ustalenie wartości progowej skali odcieni szarości dla poszczególnych elementów jest sprawą trudną. Dokładne ustalenie progów wpływa znacząco na proces segmentacji (znalezienie granicy pomiędzy badanym obiektem, a otoczeniem). Jest to podstawą do binaryzacji obrazu rastrowego. Pikle konturu wyizolowane z obrazu określają wewnętrzne i zewnętrzne granice powierzchni badanego obiektu [8].

3. Odtworzenie geometrii wirnika turbosprężarki

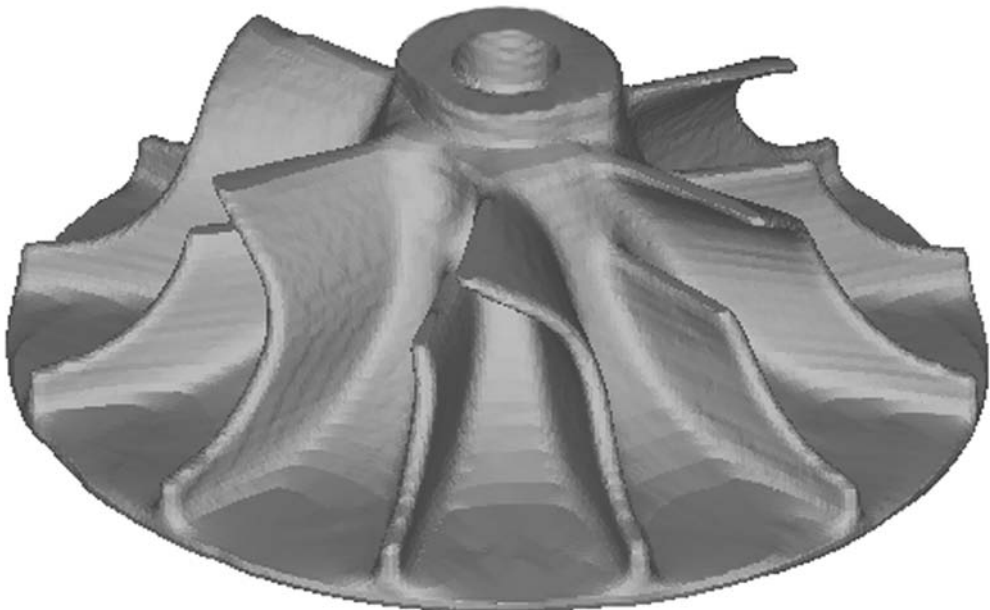
Obróbkę danych należy rozpocząć od preselekcji pojedynczych obrazów 2D (przekrojów). Niezbędne jest uzgodnienie współrzędnych obrazów dla utworzenia zbioru danych. Standardowym typem zapisu danych dla tego typu tomografów jest format DICOM.

Odtworzenie geometrii obiektu powstaje poprzez przetworzenie zbioru obrazów rastrowych. Następuje korekcja błędów od artefaktów, filtracja obrazu, klasyfikacja obiektów, oraz w efekcie końcowym segmentacja [5, 9].

Powstały w wyniku segmentacji zbiorów konturów 2D (rys. 3) stanowi trójwymiarową reprezentację badanego obiektu. Wynikiem translacji tego zbioru do modelu siatkowego 3D jest model STL (rys. 4). Tak przygotowany model może być wykonany metodą stereolitografii. Dokładność metody oraz sposób kalibracji i analiza błędów zostały opisane szczegółowo w [3, 5].

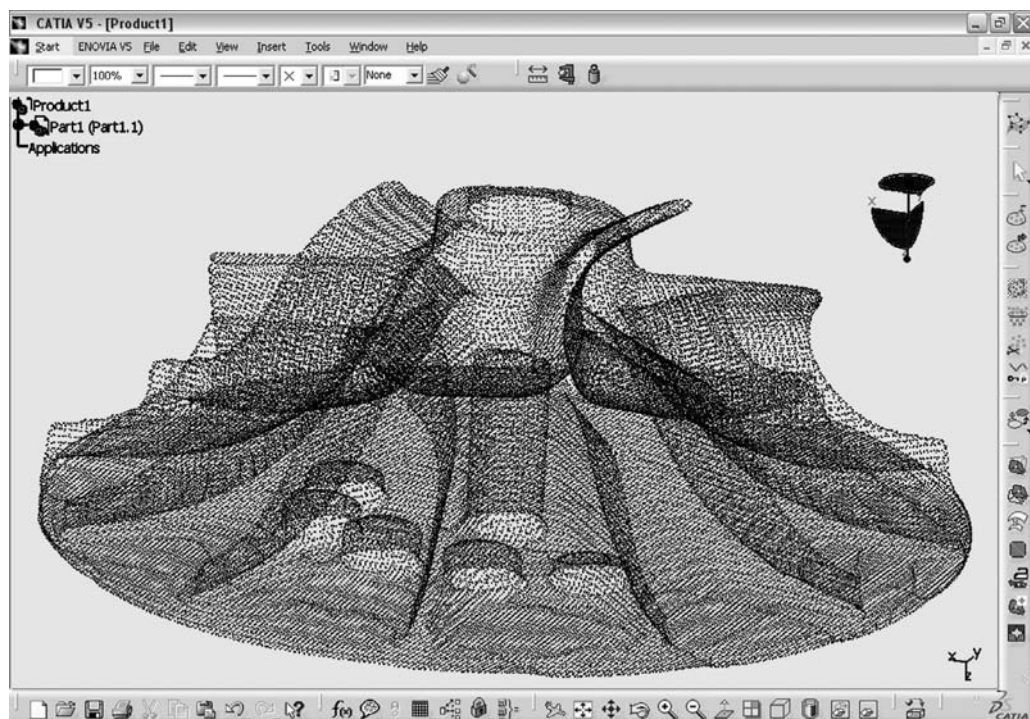


Rys. 3. Zestaw danych konturowych wirnika
Fig. 3. A set of reconstructed contour of rotor



Rys. 4. Model STL wirnika turbosprężarki
Fig. 4. STL model of rotor of turbocharger

Przedstawiony na rysunku 4 model STL jest mało dokładny w stosunku do oryginału. Wytworzenie dokładnego odwzorowania CAD badanego obiektu wymaga dodatkowych etapów przetwarzania danych. Jednym ze sposobów zapisu danych pomiarowych jest chmura punktów. Dane zapisane w tym formacie można następnie obrabiać w systemach wspomagania komputerowego aż do uzyskania odpowiedniego modelu CAD. Jednym z systemów, w którym możliwe jest wczytywanie i obrabianie chmur punktów jest system CATIA V5R15 (rys. 5). Przygotowany w ten sposób model CAD może być eksportowany bezpośrednio do formatu STL.



Rys. 5. Chmura punktów wirnika turbosprężarki zaimportowana w systemie CATIA V5R15
Fig. 5. Cloud of point of rotor of turbocharger imported in CATIA V5R15 system

Niektóre programy podczas eksportu danych do formatu STL generują poważne błędy powierzchni, dlatego najlepiej używać do tego celu programów o dużej dokładności eksportu danych STL np. programu Mechanical Desktop lub IDEAS.

5. Wnioski

Zastosowanie metody Reverse Engineering w procesie wytwarzania i kontroli elementów silników spalinowych jest obecnie niezbędne dla funkcjonowania nowoczesnych przedsiębiorstw branży samochodowej i lotniczej.

Metoda RE pozwala na szybkie uzyskanie geometrii danego elementu a nowoczesne oprogramowanie umożliwia uzyskanie modelu CAD z dokładnością bliską oryginałowi.

Zastosowanie tomografii komputerowej w procesie badania geometrii elementów silników tłokowych i maszyn przepływowych ma tą zaletę, że możliwe jest otrzymanie zewnętrznego i wewnętrznego kształtu badanego obiektu. Jest to szczególnie istotne dla badań geometrii łopatek turbin, które mogą mieć wewnętrzne kanały.

W przedstawionym w artykule do celów pomiarowych zaadoptowany został medyczny tomograf komputerowy, którego parametry można porównać do średniej klasy przemysłowych skanerów tomograficznych o napięciu lampy rentgenowskiej rzędu do 160 kV. Umożliwia to badanie obiektów małej i średniej gęstości. Zastosowanie specjalnego protokołu pomiarowego, jak również metody kalibracji pozwala na znaczną poprawę dokładności pomiarów.

Zastosowanie tomografii komputerowej dla badania konstrukcji elementów silników wymaga opracowania odpowiednich procedur pomiarowych, oraz kalibracji poszczególnych urządzeń w celu uzyskania odpowiedniej dokładności pomiarów. Niezbędne jest również posiadanie odpowiedniego oprogramowania służącego do przetwarzania danych pomiarowych na komputerowy model CAD.

Literatura

- [1] Cygnar, M., Budzik, G., *Wybrane aspekty projektowania elementów wirujących maszyn przepływowych z wykorzystaniem wspomagania komputerowego*, Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Nowym Sączu, Nowy Sącz 2005.
- [2] Gawlik J., Karbowski, K., *Inżynieria odwrotna (Reverse Engineering) w wytwarzaniu wyrobów o złożonym kształcie*. Konferencja „Nowoczesne techniki inżynierskie w szybkim rozwoju wyrobów”, Poznań 2004.
- [3] Faridani, A., *Introduction to the Mathematics of Computed Tomography*, MSRI Publications. 47, 2003.
- [4] Liang, S., Lin, A., *Probe Radius Compensation for 3D Data Points in Reverse Engineering*, Computer in Industry, Elsevier 48/2002.
- [5] Miechowicz, S., Sobolak, M., *The Efficiency of Utilization of Siemens Sensation 10 CT Scanner for Reverse Engineering*, Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej nr 85/2004, Wrocław 2004.
- [6] Motavalli, S., *Review of Reverse Engineering Approaches*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 40/2000 Vol. 35, No 1-2/1998.
- [7] Tai, C., Huang, M., *The processing of data points basing on design intent in reverse engineering*, Internationalele Journal of Machine Tools & Manufacture 40/2000.
- [8] Urbanik, A., Miechowicz, S., *Przestrzenna analiza dokładności obrazowania tomografu medycznego*, Spatial Analysis of CT Accuracy, Polish Journal of Radiology, Vol. 69, suppl. 1, 372(319), Mikołajki 2004.
- [9] Xinming, L., Zhongqin, L., Tian, H., Ziping, Z., *A Study of a Reverse Engineering System Based on Vision Sensor for Free-Form Surfaces*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 40/2001.