

GEOMETRY ANALYZE OF PISTON OF IC ENGINE WITH REVERSE ENGINEERING USING

Jerzy Jaskólski*, Sławomir Miechowicz**, Grzegorz Budzik**

**Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych
Politechnika Krakowska*

31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, tel.: +48 (012) 628 26 42

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

***Katedra Konstrukcji Maszyn*

Politechnika Rzeszowska

35-959 Rzeszów, ul. Wincentego Pola 2, tel.: +48 (017) 865 16 42

e-mail: gbudzik@prz.edu.pl

Abstract

This paper presents some aspects of Reverse Engineering for engine's elements. This method can use to analyze shape of piston of IC engine. One of method RE is Computer Tomography (CT). In this method sections of piston are scanned by Tomography. Data from tomography are input to program, this program made 3D model of the object. This method has given information of the shape of piston and insert defect. The method Reverse Engineering is nowadays more and more widely practical in the INDUSTRIAL practice of elements of engines. In this method is possible uses of specialistic practical measuring equipments under construction of machines and adopting of medical devices , what makes possible the considerable reduction costs of research. Parameters of the device, measurements of the measuring- space of the medical computer scanner one can compare to medium-priced of industrial scanners about the tension of the X-ray lamp of the line to 160 kV.

ANALIZA GEOMETRII TŁOKA SILNIKA SPALINOWEGO Z WYKORZYSTANIEM REVERSE ENGINEERING

Streszczenie

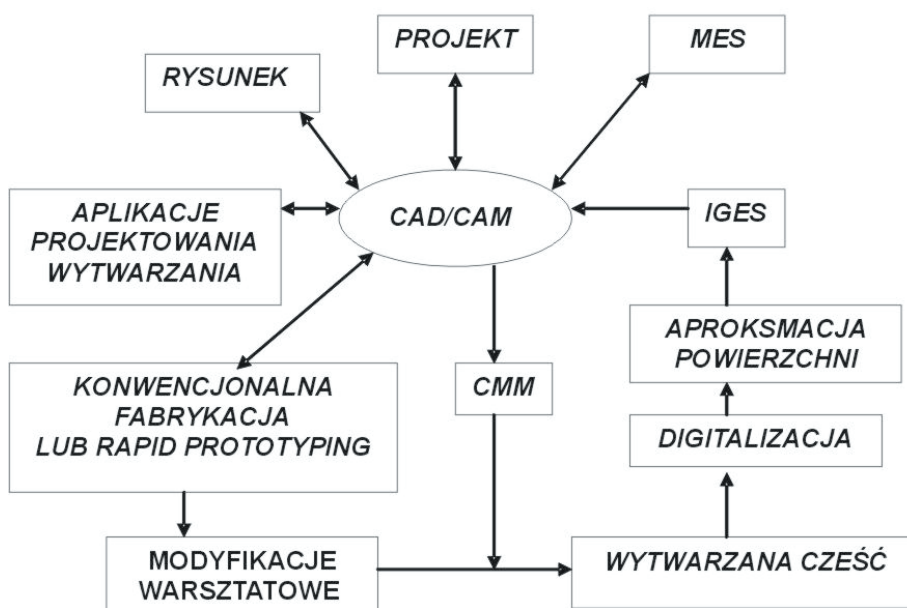
W artykule przedstawiona została jedna z metod Reverse Engineering (RE), która może służyć do analizy kształtu tłoka silnika spalinowego. Jedną z metod jest metoda skanowania poszczególnych przekrojów tłoka za pomocą tomografu komputerowego. Dane z tomografu obrabiane są za pomocą programu komputerowego. W wyniku tej obróbki możliwe jest utworzenie modelu 3D badanego obiektu. Dzięki tej metodzie możliwa jest analiza kształtu poprawności jak również wykrycie wewnętrznych uszkodzeń tłoka. Metoda Reverse Engineering jest obecnie coraz szerzej stosowana w procesie wytwórczym elementów silników. W metodzie tej możliwe jest zastosowanie specjalistycznych urządzeń pomiarowych stosowanych w budowie maszyn oraz zaadoptowanie urządzeń medycznych, co umożliwi znaczną redukcję kosztów badań. Parametry urządzenia, wymiary przestrzeni pomiarowej medycznego tomografu komputerowego można porównać do średniej klasy przemysłowych skanerów tomograficznych o napięciu lampy rentgenowskiej rzędu do 160 kV.

1. Wstęp

Produkcja elementów silników spalinowych wymaga zastosowania wielu systemów umożliwiających projektowanie oraz analizę istniejących konstrukcji. Zintegrowane systemy projektowania analizy wytrzymałościowej zostały rozbudowane o systemy analizy gotowych elementów. Analiza gotowego elementu może być wykonywana w celu wykrycia wad wewnętrznych jak również w celu odwzorowania jego kształtu. Analiza tego rodzaju nosi nazwę Reverse Engineering. W zależności od zastosowanej aparatury możliwe jest badanie zewnętrznego kształtu obiektu lub całej geometrii. W technice Reverse Engineering wyróżniamy kilka metod uzyskiwania danych które możemy podzielić na:

- a) bezdotykowe – pomiary wykonuje się za pomocą:
 - skanera bezdotykowego,
 - głowicy laserowej,
 - fotogrametrii,
 - tomografii komputerowej,
- b) dotykowe – pomiarów dokonuje się przy pomocy wielokoordynatowej maszyny pomiarowej

Tomografia komputerowa należy do metod bezdotykowych, pozwala na badanie geometrii obiektu przez skanowanie poszczególnych jego przekrojów [1,5,8]. Dane po obróbce przez specjalistyczne programy komputerowe tworzą obiekt 3D. Obiekt zapisywany jest jako plik z rozszerzeniem typowym dla systemów komputerowych CAx. Metoda Reverse Engineering jest obecnie częścią zintegrowanego systemu wytwarzania wyrobu (rys. 1) [9].



Rys. 1. Rola Reverse Engineering systemie zintegrowanego wytwarzania
 Fig. 1. Reverse Engineering and its role in integrated manufacturing

2. Badanie geometrii tłoka metodą tomografii komputerowej

Badaniu poddano tłok silnika wysokoprężnego. W tym celu został użyty tomograf komputerowy jako urządzenie zaadoptowane pod potrzeby przygotowania danych dla Reverse Engineering metodą bezdotykową (rys. 2). Wygenerowany trójwymiarowy model w postaci siatkowej obrazuje powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne badanego obiektu. Format wyjściowy zapisu takiego modelu siatkowego (STL) jest powszechnie stosowany w programach typu CAx [2,4,7].

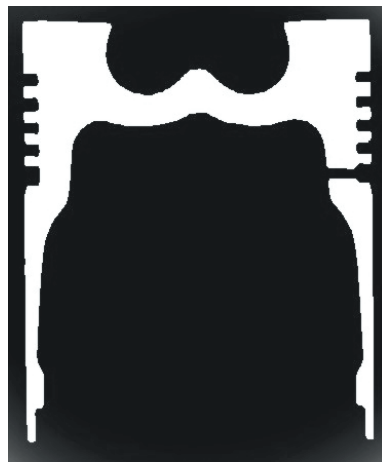
Proces przygotowania danych za pomocą tomografu komputerowego jest złożony ponieważ w elementach silników wymagana jest duża dokładność wymiarowo kształtowa. Obiekt skanowany jest warstwa po warstwie z zadaną dokładnością. Obrazy tomograficzne poszczególnych warstw badanego obiektu mają postać rastrową (rys. 3).

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. Piksele konturu wyizolowane z obrazu określają wewnętrzne i zewnętrzne granice powierzchni badanego obiektu [3,7].



Rys. 2. Tomograf komputerowy Siemens Sensation 10 CT
Fig. 2. Siemens Sensation 10 CT scanner



Rys. 3. Pojedynczy obraz CT badanego obiektu
Fig. 3. The layer of piston scanned with CT scanner

Wynikiem segmentacji każdej warstwy jest określenie współrzędnych (x,y) poszczególnych pikseli konturu. Zestaw danych konturowych wszystkich warstw badanego obiektu tworzy trójwymiarową chmurę punktów. Stanowi ona podstawę do stworzenia modelu przestrzennego (3D) badanego obiektu.

3. Akwizycja i przetwarzanie danych

Badany obiekt (rys. 4) jest skanowany warstwa po warstwie metodą tomografii komputerowej. Zestaw danych obrazowych składa się z serii obrazów, będących przekrojami badanego obiektu. Wymaga to rekonstrukcji 2D przekrojów dla uzyskania obrazu 3D obiektu.

Głównym problemem w akwizycji danych jest występowanie tzw. artefaktów obrazu – są to zniekształcenia obrazu, występujące przy znacznych różnicach gęstości badanego obiektu.

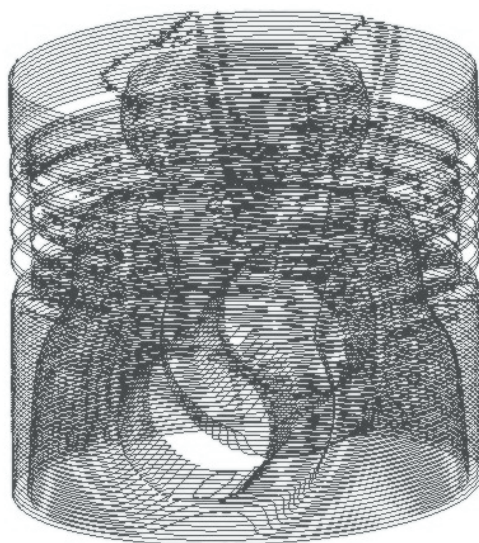


Rys. 4. Badany tłok
Fig. 4. An examined piston

Pierwszym etapem obróbki danych jest preselekcja pojedynczych obrazów 2D (przekrojów), uzgodnienie współrzędnych obrazów dla utworzenia zbioru danych medycznych. Obowiązującym standardem dla medycyny jest format zapisu danych DICOM.

Modelowany obiekt powstaje poprzez przetworzenie zbioru obrazów rastrowych. Następuje korekcja błędów od artefaktów, filtracja obrazu, klasyfikacja obiektów, oraz w efekcie końcowym segmentacja [2].

Powstały w wyniku segmentacji zbiór konturów 2D (rys. 4) stanowi trójwymiarową reprezentację badanego obiektu. Wynikiem translacji tego zbioru do modelu siatkowego 3D jest model STL (rys. 5). Tak przygotowany model może być wykonany metodą stereolitografii. Dokładność metody oraz sposób kalibracji i analiza błędów zostały opisane szczegółowo w [3, 7].



Rys. 5. Zestaw danych konturowych badanego obiektu
Fig. 5. A set of reconstructed contour of piston

Tomografia komputerowa dostarcza danych opisujących struktury wewnętrzne i zewnętrzne obiektów w postaci przekrojów poprzecznych (warstw o niezerowej grubości). Wiązka promieni X przechodzi przez badany obiekt, a rząd detektorów umieszczonych po przeciwnej stronie obiektu rejestruje intensywność wiązki po przejściu. Każdy obiekt w mniejszym lub większym stopniu pochłania pewną część promieniowania. Każda warstwa, jako przekrój poprzeczny badanego obiektu, składa się z pojedynczych elementów trójwymiarowych (vokseli). Rozdzielczość przestrzenna obrazowania CT zależy od względnej różnicy pomiędzy liczbą pikseli matrycy obrazu, oraz wielkości badanego obiektu.

Główne czynniki wpływające na dokładność akwizycji danych (rozdzielczość przestrzenną) można podzielić na dwie grupy:

- a) czynniki zależne od budowy skanera CT:
 - rodzaj użytej matrycy detektorów (materiał, konfiguracja, liczby rzędów, szerokość),
 - częstotliwości próbkowania danych,
 - rodzaj zastosowanej korekcji (kolimatory),
 - rodzaj źródła promieni X, filtracji, wielkości plamki,
 - geometria (parametry wiązki, odległości do matrycy detektorów),
- b) czynniki zależne od protokołu skanowania (wybranych parametrów pomiaru):
 - prąd (dawka promieniowania), napięcie lampy X, wielkości plamki,
 - czas skanowania,
 - algorytm rekonstrukcji,
 - szerokość kolimacji,
 - grubość skanowanej warstwy,
 - skok spirali skanowania,
 - algorytm interpolacji danych.

Na podstawie pomiarów został opracowany protokół pomiarowy dla potrzeb Reverse Engineering [4]. Zostały wyznaczone obszary występowania maksymalnych błędów w badanych płaszczyznach (xy, yz, xz) [8]. Bazując na wyznaczonym przestrzennym rozkładzie błędów, zostały wybrane optymalne parametry pomiarowe dla analizy wymiarowej.

4. Wnioski

Metoda Reverse Engineering jest obecnie coraz szerzej stosowana w procesie wytwórczym elementów silników. W metodzie tej możliwe jest zastosowanie specjalistycznych urządzeń pomiarowych stosowanych w budowie maszyn oraz zaadoptowanie urządzeń medycznych, co umożliwi znaczną redukcję kosztów badań. Parametry urządzenia, wymiary przestrzeni pomiarowej medycznego tomografu komputerowego można porównać do średniej klasy przemysłowych skanerów tomograficznych o napięciu lampy rentgenowskiej rzędu do 160 kV. Umożliwia to badanie obiektów małej i średniej gęstości CT o długości nawet do 3.15 m. Zastosowanie specjalnego protokołu pomiarowego, jak również metody kalibracji opisanej w [4], pozwala na znaczną poprawę dokładności pomiarów. Standardowo błąd maksymalny obrazowania tomografów medycznych nie przekracza 1 mm [8]. Po zastosowaniu procedur korekcyjnych oraz odpowiedniej obróbce danych można uzyskać znaczącą poprawę dokładności obrazowania. Zastosowanie CT dla potrzeb Reverse Engineering dla badania konstrukcji elementów silników wymaga jednak opracowania odpowiednich procedur pomiarowych, oraz kalibracji poszczególnych urządzeń w celu uzyskania odpowiedniej dokładności pomiarów.

5. Literatura

- [1] Gawlik J., Karbowski K., Inżynieria odwrotna (Reverse Engineering) w wytwarzaniu wyrobów o złożonym kształcie. Konferencja „Nowoczesne techniki inżynierskie w szybkim rozwoju wyrobów”, Poznań 2004.
- [2] Faridani A.: Introduction to the Mathematics of Computed Tomography. MSRI Publications. 47, 2003.
- [3] Liang S., Lin A., Probe radius compensation for 3D data points in reverse engineering, Computer in Industry, Elsevier 48/2002.
- [4] Miechowicz S., Sobolak M., The efficiency of utilisation of Siemens Sensation 10 CT Scanner for Reverse Engineering - Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej - nr 85/2004.
- [5] Motavalli S., Review of Reverse Engineering Approaches, Internationalele Journal of Machine Tools & Manufacture 40/2000 Vol. 35, No 1-2/1998.
- [6] Tai. C., Huang M., The processing of data points basing on design intent in reverse engineering, Internationalele Journal of Machine Tools & Manufacture 40/2000.
- [7] Urbanik A., Miechowicz S., Przestrzenna analiza dokładności obrazowania tomografu medycznego. Spatial analysis of CT accuracy. Polish Congress of Radiology, Mikołajki 2004, Polish Journal of Radiology, Vol. 69, suppl. 1, 372(319).
- [8] Xinming L., Zhongqin L., Tian H., Ziping Z., A study of a reverse engineering system based on vision sensor for free-form surfaces, Internationalele Journal of Machine Tools & Manufacture 40/2001.
- [9] Yau H., Reverse Engineering of engine intake ports by digitization and surface approximation, International Journal of Machine Tools & Manufacture 40/2000 Vol. 37, No 6/1997.