

Adam MARCINIEC, Małgorzata ZABORNIAK, Tomasz DZIUBEK
POLITECHNIKA RZESZOWSKA

Rekonstrukcja zarysów uzębień kół zębatych walcowych w oparciu o symulację obróbki i pomiary inspekcyjne z wykorzystaniem WMP

Dr hab. inż. Adam MARCINIEC

Działalność naukowa koncentruje się głównie na zagadnieniach konstrukcji, technologii i pomiarów przekładni zębatych, w tym szczególnie przekładni stożkowych i hipoidalnych. Ponadto obejmuje problematykę zastosowania narzędzi typu CAD, MES w procesie doskonalenia konstrukcji części i zespołów maszyn.



e-mail: amarc@prz.edu.pl

Mgr inż. Małgorzata ZABORNIAK

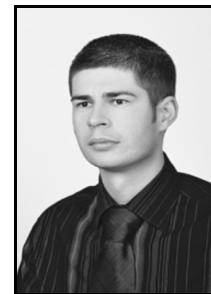
Asystent w Katedrze Konstrukcji Maszyn Politechniki Rzeszowskiej. Praca naukowa dotyczy przekładni zębatych (walcowych oraz stożkowych) ich konstrukcji, wytwarzania, a przede wszystkim pomiarów współrzędnościowych.



e-mail: mزاب@prz.edu.pl

Mgr inż. Tomasz DZIUBEK

Asystent Katedry Konstrukcji Maszyn Politechniki Rzeszowskiej. W ramach pracy naukowej zajmuje się przekładniami zębatymi walcowymi jak i stożkowymi w zakresie ich konstrukcji i wytwarzania, oraz pomiarów współrzędnościowych. Ponadto zajmuje się zagadnieniami dotyczącymi wykorzystania narzędzi CAD do projektowania przekładni zębatych.



e-mail: tdziubek@prz.edu.pl

2. Modelowanie CAD koła zębatego z ustalonymi parametrami geometrii i doborem odpowiedniego narzędzia do obróbki

Na dokładność wykonania kół zębatych w głównej mierze wpływa proces technologiczny. Nadmienić należy wybór metody obróbki, dobór cech konstrukcyjnych narzędzia, określenie nadatków na obróbkę, itp. Wybór metody obróbki wpływa na sposób kształtowania zęba.

Z przeprowadzonej analizy literatury [1, 2] wynika, że narzędzie należy do grupy jednych z najważniejszych czynników, od których zależy dokładność wykonania kół zębatych. Z tego powodu zdecydowano się na przeprowadzenie bezpośredniej symulacji procesu nacinania uzębienia i został przeprowadzony również w środowisku CATIA.

W artykule zaproponowano jedynie dwie metody symulacji obróbki: metodę obwiedniową (narzędziem zębatką) i metodę frezowania obwiedniowego (narzędzie – frez ślimakowy) (rys. 1).

Kolejny etap pracy polegał na odtworzeniu poprawnej kinematyki stworzonym modelem. W wyniku symulacji nacinania zębatką uzyskano zarys wrębu, który obrazuje rysunek 2.

Streszczenie

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metodyki odtwarzania nieznannej geometrii koła zębatego przy użyciu WMP i systemu CAD. Artykuł przedstawia analizę etapów w procesie inżynierii odwrotnej: etap digitalizacji na współrzędnościowej maszynie pomiarowej (WMP) koła zębatego walcowego o zębach prostych, etap modelowania w systemie CAD oraz weryfikacji poprawności otrzymanego modelu.

Słowa kluczowe: inżynieria odwrotna, digitalizacji, modelowanie CAD.

Reconstruction of gear profiles based on processing simulation and inspection measurements with use of CMM

Abstract

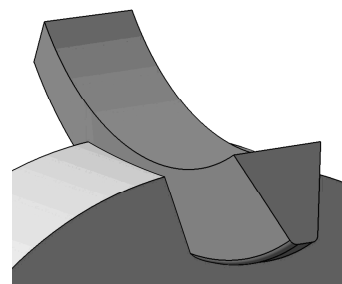
The paper presents the methodology for reconstruction of unknown gear geometry by means of the CMM and CAD system. There are described the following stages of the gear geometry reconstruction process:

1. CAD modeling of a gear when taking into consideration the geometry and selecting a right tool for processing (Figs. 1 and 2).
2. Analysis of the gear geometry from point of view of the processing method in order to choose the right tool (Fig. 3).
3. Taking the inspecting measurements of the gear by means of special software for gears TGearXY (the final stage of investigations and analysis of the obtained results) (Figs. 4 - 7).

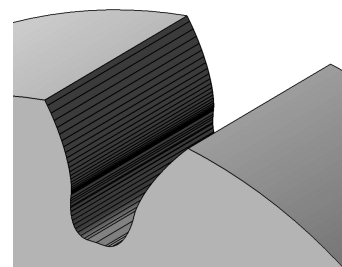
Keywords: reverse engineering, digitalization, CAD modeling.

1. Wstęp

Artykuł będzie przedstawiał rozwiązanie problemu inżynierii odwrotnej koła zębatego poprzez symulację obróbki (w środowisku CAD). Efektem będzie pełniejsze odtworzenie geometrii koła. Całość zagadnienia zostanie zakończona pomiarami koła wykonanymi na specjalistycznym oprogramowaniu do pomiaru kół zębatych.



Rys. 1. Fragment powierzchni działania frezu ślimakowego
Fig. 1. Working surface of a gear-cutting hob

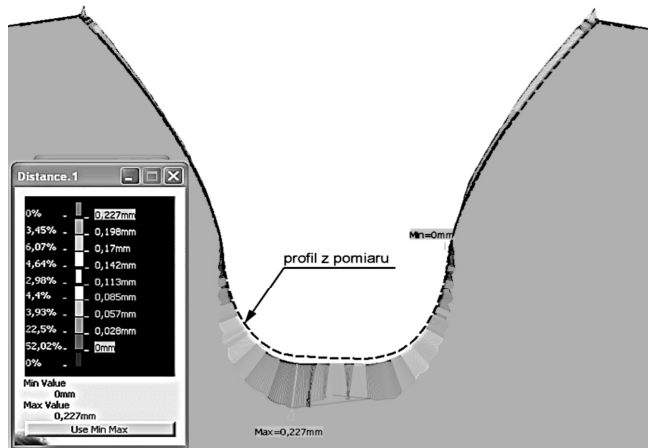


Rys. 2. Wynik symulacji nacinania zębatką
Fig. 2. Simulation result of rack cutting

Rezultatem przeprowadzonych symulacji nacinania są pojedyncze wręby. Na wrębach zaobserwować można wirtualne ślady obróbki.

3. Analiza porównawcza metod symulacji obróbki

W celu wykonania analizy użytych narzędzi do obróbki należało przeprowadzić w module *Shape (FreeStyle)* oprogramowania CATIA [3].



Rys. 3. Analiza odchyłek zarysu zęba obrobionego zębatką z wynikami pomiaru WMP koła rzeczywistego

Fig. 3. Analysis of the gear profile deviations with the result of the actual gear CMM measurement

Z przeprowadzonych analiz wynika, że narzędziem użytym do obróbki koła zębatego była zębatka. Wynika to z przedstawionego rozkładu odchyłek (rys. 3).

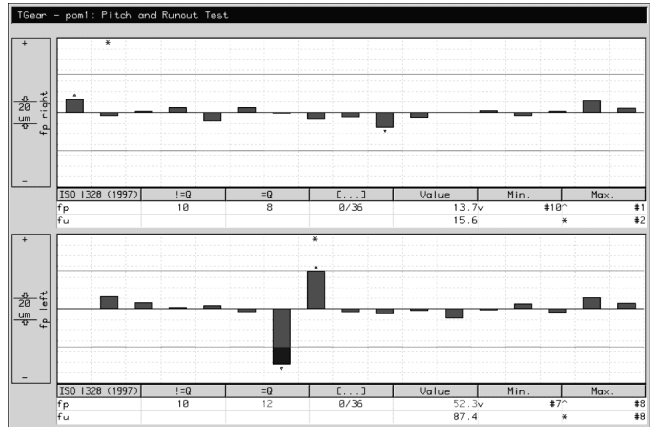
Porównując statystycznie charakterystyki odchyłki zębatki i freza ślimakowego, korzystnie wypada nóż zębatkowy z zębami o zarysach prostoliniowych. Jedynie w przeprowadzonej symulacji obróbki zębatką zmienić należy wielkość luzu wierzchołkowego, żeby zmniejszyć występującą odchyłkę maksimum wynoszącą 0,2227 mm i potwierdzić słuszność przedstawionego wniosku.

4. Pomiary inspekcyjne koła zębatego na specjalistycznym oprogramowaniu do kół zębatych TGearXY

Ostatnim etapem w przeprowadzonym procesie RE koła zębatego było wykonanie pomiarów inspekcyjnych na specjalistycznym oprogramowaniu do kół zębatych TGearXY (oprogramowanie firmy Wenzel). Ten etap był możliwy do wykonania po wcześniejszym odtworzeniu podstawowych parametrów geometrycznych koła zębatego.

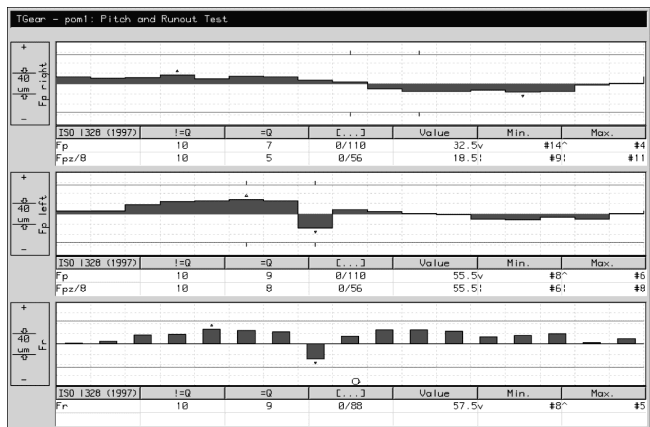
Przygotowanie procesu pomiarowego polega na zabazowaniu koła i wprowadzeniu danych wejściowych [4] (są to uzyskane podstawowe parametry koła, tj. moduł, liczba zębów, kąt zarysu, średnica podziałowa, wierzchołkowa i stóp). Wyniki pomiaru koła zębatego otrzymano w postaci wykresów odchyłek podziałki (rys. 4, rys. 5), linii zęba (rys. 6) oraz zarysu zęba (rys. 7).

Z analizy odchyłek podziałki koła (rys. 4, rys. 5) wynika, że mierzone koło mieści się w 10 klasie dokładności. Jedynie na 7 zębie przy pomiarze podziałki obwodowej (rys. 4) odchyłka wykrocza poza zakres tolerancji, co mogło być spowodowane zużyciem powierzchni zęba.



Rys. 4. Pomiar odchyłek podziałki obwodowej f_p

Fig. 4. Measurement of circular pitch deviations f_p

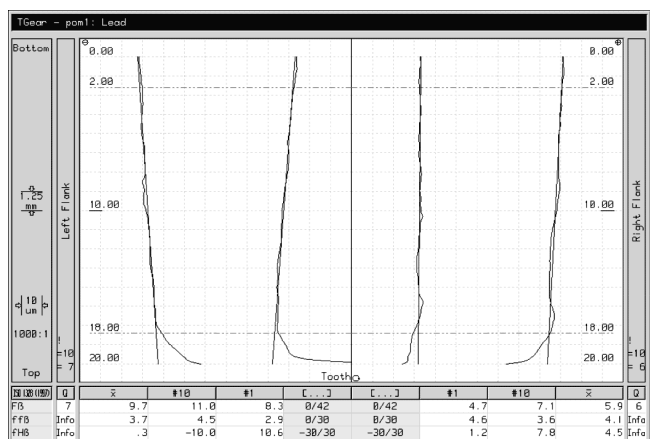


Rys. 5. Pomiar odchyłek sumarycznych podziałek koła F_p oraz odchyłki bicia promieniowego F_r

Fig. 5. Measurement of the pitch tooth F_p and runout F_r deviations

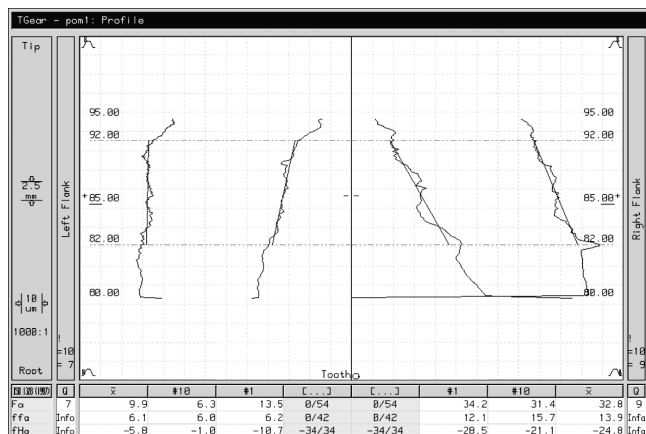
Pomiar odchyłek linii zęba (rys. 6) polega na porównaniu rzeczywistej linii zęba, został przeprowadzony na dwóch zębach.

Przedstawione wykresy odchyłek koła potwierdziły jedynie prawidłowy dobór parametrów geometrycznych koła i jego rekonstrukcję.



Rys. 6. Pomiar odchyłek linii zęba F_{β} wraz ze składowymi: odchyłką położenia linii zęba - $f_{\beta p}$ oraz odchyłką kształtu linii zęba $f_{\beta \beta}$

Fig. 6. Measurement of the line tooth deviation F_{β} with its components: position $f_{\beta p}$ and shape $f_{\beta \beta}$ deviation



Rys. 7. Wykres odchyłek całkowitych zarysu F_{α} , odchyłka kształtu zarysu f_{α} i odchyłka położenia zarysu f_{Ha}

Fig. 7. Profile total deviations F_{α} , profile shape f_{α} and profile position f_{Ha} deviation

5. Wnioski

Przedstawione zagadnienie ma praktyczne zastosowanie od rekonstrukcji zabytkowych części przekładni samochodowych, poprzez serwisowanie uszkodzonych części zamiennych w przemyśle maszynowym i obrabiarkowym.

Ważnym zagadnieniem staje się identyfikacja czynników wpływających na dokładności poszczególnych etapów procesu RE. Na dokładność będą wpływać nie tylko użyte metody, ale i narzędzia. Szczegółowa analiza wszystkich etapów RE w przyszłości da możliwości odtwarzania i identyfikacji kół zębatych bez względu na ich geometrię i zarysy.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010 jako projekt badawczy rozwojowy (N R03 0004 04/2008).

6. Literatura

- [1] Ochęduszek K.: Koła zębate t.1 Konstrukcja. WNT, Warszawa 1985.
- [2] Jaśkiewicz Z., Wąsiewski A.: Przekładnie walcowe. WKŁ, Warszawa 1995.
- [3] Marciniak A., Dziubek T., Zaborniak M.: Zastosowanie współrzędnościowej techniki pomiarowej i systemów CAD do pomiaru wybranych odchyłek walcowych kół zębatych o zębach śrubowych wykonywanych technikami szybkiego prototypowania. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, seria Mechanika, z.75, Rzeszów 2008, s. 107-115.
- [4] Ratajczyk E.: Współrzędnościowa technika pomiarowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.

otrzymano / received: 16.10.2009

przyjęto do druku / accepted: 07.12.2010

artykuł recenzowany

INFORMACJE

Studia Podyplomowe

Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki ogłasza nabór na Dwusemestralne Zaoczne Studia Podyplomowe

Organizacja i Akredytacja Laboratoriów

Studia prowadzone są na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, w systemie zaocznym w każdą sobotę lub w co drugi weekend (do wyboru) przez dwa semestry. Zajęcia prowadzone są przez nauczycieli akademickich ze stopniem co najmniej doktora oraz przez zaproszonych Gości o uznanym dorobku i autorytecie. Studia obejmują 200 godzin dydaktycznych. Rozpoczęcie Studiów nastąpi po skompletowaniu odpowiedniej liczby kandydatów na dany rodzaj studiów.

Organizator studiów:

Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, tel. 032 237 12 41, fax: 032 237 20 34, e-mail: re2@polsl.pl lub agnieszka.skorkowska@polsl.pl, http://imeia.elekt.polsl.pl

Kierownik studiów:

Prof. dr hab. inż. Tadeusz SKUBIS