

I Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie prototypowanie
Modelowanie - Wytwarzanie - Pomiary
 Rzeszów - Pstrągowa, 16 - 18 września 2015



Organizatorzy:



CENTRUM NAUKOWO TECHNICZNE

KLASTER SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA
RAPIDROM

Komputerowe wspomaganie obróbki uzębienia prototypów kół ślimakowych

Computer aided teeth machining of worm wheel prototypes

LESZEK SKOCZYLAS
 DAWID WYDRZYŃSKI
 ŁUKASZ RĘBISZ*

DOI:10.17814/mechanik.2015.12.583

W artykule przedstawiono możliwości ukształtowania uzębienia kół ślimakowych za pomocą uniwersalnych narzędzi i obrabiarek. Prezentowany sposób wykorzystuje oprogramowanie CAD/CAM oraz obrabiarki CNC. W opracowaniu omówiono sposoby przygotowania modelu CAD uzębienia koła. Omówiono przygotowanie technologii obróbki uzębienia oraz jej przebieg na obrabiarkie CNC. W podsumowaniu wskazano obszary zastosowań prezentowanego sposobu obróbki.

SŁOWA KLUCZOWE: koło ślimakowe, obróbka, CAD/CAM.

The article presents possibilities for shaping worm wheels teeth by use of conventional tools and machine. The presented method uses CAD / CAM software and CNC machine. The paper presents ways to prepare CAD model of worm wheels teeth. The article discusses the preparation of teeth machining technology and its process on the CNC machine. In summary, shows the applications such of machining methods.

KEYWORDS: worm wheel, machining, CAD/CAM.

Wykonanie uzębienia koła ślimakowego wymaga przygotowania specjalnego narzędzia, którego geometria odpowiada lub zbliżona jest do geometrii współpracującego z kołem ślimaka [3-6]. Brak jest uniwersalnych frezów czy zębatek modułowych, jak w przypadku kół walcowych, pozwalających na poprawne ukształtowanie uzębienia. Wyjątek mogą stanowić tylko uproszczone zarysy zębów kół ślimakowych, które w określonych przypadkach ukształtować można narzędziami uniwersalnymi. Przygotowanie narzędzi specjalnych opłacalne jest w przypadku produkcji

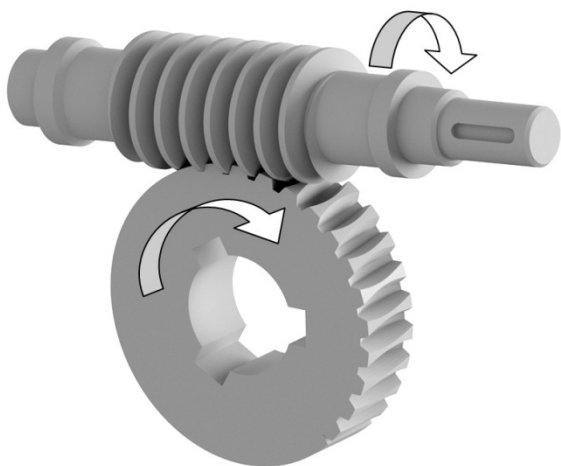
seryjnej. W produkcji jednostkowej, czego przykładem mogą być prototypy kół ślimakowych, przygotowanie narzędzi specjalnych znacząco podnosi koszty wykonania uzębienia a przygotowane narzędzie po jednorazowym wykorzystaniu często może być bezużyteczne. Dodatkowym ograniczeniem w przygotowaniu prototypów kół ślimakowych może być posiadanie frezarki obwiedniowej niezbędnej do poprawnego ich wykonania. Rozwiązaniem wymienionych problemów mogą być współczesne systemy CAD/CAM pozwalające na przygotowanie modelu uzębienia ślimacznicy oraz technologii jego wykonania. Fizyczne wykonanie uzębienia w tym przypadku może być zrealizowane na uniwersalnej obrabiarkie CNC przy wykorzystaniu uniwersalnych narzędzi.

Model uzębienia koła ślimakowego

Opracowanie modelu uzębienia koła ślimakowego bezpośrednio w środowisku CAD nie należy do zadań prostych. Wynika to z tego, że zarys zęba w każdym przekroju jest inny. Obliczenie współrzędnych zarysu na których można było rozpiąć powierzchnię boczną zęba wymaga przygotowania matematycznego modelu ząbienia przekładni ślimakowej. Jest to zagadnienie złożone i pracochłonne. W środowisku CAD istnieje jednakże możliwość prostego i szybkiego zamodelowania uzębienia bazująca na operacji odejmowania uprzednio zamodelowanych brył. Przebieg modelowania w tym przypadku jest symulacją rzeczywistego procesu obwiedniowej obróbki uzębienia. Model koła ślimakowego uzyskiwany jest wynikiem wzajemnego odtaczania i odejmowania modeli bryłowych narzędzia i obrabianego koła. Narzędziem w tym przypadku jest zmodyfikowany model ślimaka współpracującego z przygotowywanym prototypem koła ślimakowego a obrabianym kołem model otoczki tego koła. Różnica pomiędzy modelem ślimaka (narzędziem) a fizycznym ślimakiem dotyczy zwiększonej wysokości zwoju odpowiednio do założonej wartości luzu wierzchołkowego zębów oraz zwiększonej grubości zwoju związanej z luzem międzyzębnym. Przykładowe modele

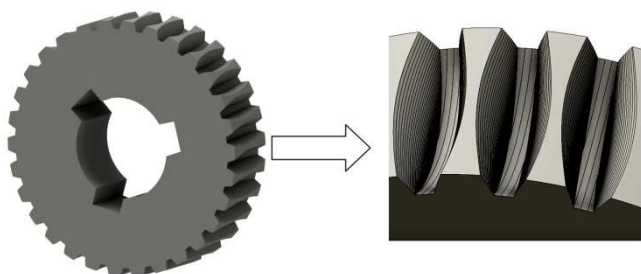
*Dr hab. inż. Leszek Skoczylas (lskmiop@prz.edu.pl), mgr inż. Dawid Wydrzyński (wdkmiop@prz.edu.pl), mgr inż. Łukasz Rębisz (lrkmiop@prz.edu.pl)

narzędzia (ślimaka) oraz koła ślimakowego w trakcie modelowania uzębienia przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Proces modelowania uzębienia koła ślimakowego

W związku z tym, że przebieg procesu symulacji ma charakter dyskretny uzyskana powierzchnia boczna zęba koła charakteryzuje się graniastością. Występuje tu analogia do rzeczywistego przebiegu obróbki obwodniowej frezowaniem, gdzie dokładność zarysu zęba jest zależna od liczby uderzeń krawędzi skrawającej frezu. Tak więc, dokładność otrzymanego tą metodą modelu koła jest zależna od przyjętych parametrów symulacji. Im mniejszy krok dyskretyzacji tym dokładniejsza powierzchnia boczna zęba koła. Przykładowy bok zęba ślimacznicy ukształtowany jednozwojnym ślimakiem przedstawiono na rysunku 2. Brak przesuwu narzędzia wzdłuż osi koła ślimakowego podczas jego modelowania jednoznacznie determinuje kształt powierzchni reprezentujących bok zęba.



Rys. 2. Uzębienie koła ślimakowego

Tak przygotowany model uzębienia koła ślimakowego może być dalej wykorzystany do przygotowania technologii obróbki wrębów międzyzębnych w systemie CAM a w dalszej kolejności przygotowania kodu NC i nacięcia uzębienia.

Technologia obróbki uzębienia koła ślimakowego

Tradycyjne sposoby obróbki kół zębatych zarówno w postaci prototypów jak i wyrobów rynkowych wymagają zastosowania specjalnych obrabiarek i narzędzi [1,2]. W niektórych przypadkach istnieje odstępstwo od tej zasady i obróbkę koła zębatego można przeprowadzić na obrabiarence uniwersalnej. Dzięki systemom CAD/CAM i obrabiarkom CNC możliwa jest obróbka kształtowa kół zębatych na uniwersalnych obrabiarkach ze sterowaniem 3D lub wieloosiowych z wykorzystaniem tylko uniwersalnych narzędzi handlowych. Do tej grupy zaliczają się koła ślimakowe. W każdym przypadku kształtowanie uzębienia polega na zgrubnej i wykańczającej obróbce wrębu międzyzębnego. Ograniczeniem metody jest średnica frezu określająca minimalną szerokość wrębu międzyzębnego koła. Niezbed-

nyimi narzędziami do realizacji obróbki są trzpieniowe frezy kuliste i walcowo-czołowe. Przykładowe ścieżki narzędzia obróbki zgrubnej i wykańczającej wrębu koła ślimakowego wygenerowane w systemie CAD/CAM przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Tory ruchu narzędzia dla zgrubnej i wykańczającej obróbki wrębów koła ślimakowego

Wykonanie każdego wrębu ślimacznicy obejmuje obróbkę zgrubną, wykańczającą oraz usunięcie resztek materiału. Widok obróbki zgrubnej, prowadzonej w całości frezem walcowo-czołowym przedstawiono na rysunku 4.



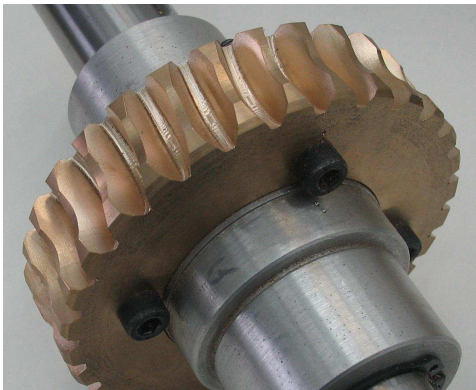
Rys. 4. Obróbka zgrubna wrębów ślimacznicy

W trakcie obróbki zgrubnej materiał usuwany jest poziomo z pozostawieniem nadmiaru na obróbkę wykańczającą. Przebieg obróbki wykańczającej przedstawiono na rysunku 5. Obróbka w tym przypadku prowadzona jest frezem kulistym według strategii poziomej. W ustawieniach dotyczących obróbki możliwe są różne warianty rozłożenia ścieżek narzędzia na boku zęba. Może to być równomierne rozłożenie w kierunku normalnym do powierzchni czy też kontrola wielkości występow między kolejnymi przejściami narzędzia. Ostatni zabieg to usunięcie resztek materiału z dna wrębu ślimacznicy do czego należy wykorzystać frez o mniejszej średnicy od uprzednio używanych.



Rys. 5. Obróbka wykańczająca wrębów ślimacznicy

Widok gotowego koła ślimakowego wykonanego przedstawionym sposobem pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Koło ślimakowe wykonane z wykorzystaniem CAD/CAM oraz obrabiarek CNC

Tak wykonane koło ślimakowe całkowicie sprawdza się we współpracy ze ślimakiem i niczym nie odbiega od kół wykonywanych w sposób seryjny za pomocą narzędzi i obrabiarek specjalnych. Dowodzą tego badania przekładni ślimakowych z kołami wykonanymi prezentowanym sposobem [7].

Podsumowanie

Współczesne oprogramowanie CAD/CAM udostępnia nowe możliwości zarówno na etapie konstrukcji jak i technologii obróbki uzębienia kół zębatych. Umożliwia korekcję kształtu zębów w kierunku uzyskania właściwego śladu współpracy w przypadkach trudnych lub niemożliwych do uzyskania metodami tradycyjnymi. Pozwala na wykonanie uzębienia kół zębatych na uniwersalnych obrabiarkach CNC. Ponadto, obróbka prowadzona za pomocą uniwersalnych narzędzi pozwala na uzyskanie dowolnego kształtu boku zęba bez konieczności wykonania kosztownych narzędzi specjalnych. Niekorzystną jednak cechą przedstawionego sposobu obróbki jest długi czas wykonania uzębienia koła. Technologia ta do seryjnego wykorzystania nie nadaje się, jednak przy produkcji jednostkowej (odtworzenie, prototyp) może przynieść wymierne korzyści.

LITERATURA

1. Kornberger Z.: "Przekładnie ślimakowe" Warszawa WNT 1973
2. Marciniak T.: "Technologia przekładni ślimakowych" Łódź Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB 2013
3. Gnat K.: "Obróbka ślimacznicy globoidalnych w produkcji jednostkowej" *Mechanik* (2008)8-9
4. Gnat K.: "Trzpienie frezarskie do obwiedniowego frezowania ślimacznicy pojedynczym nożem" *Mechanik* (1988)6
5. Gnat K.: "Noże do obwiedniowego frezowania ślimacznicy" *Mechanik* (1988)9
6. Korzeniewski H., Wójcik R.: "Frez ślimakowy ze wstawianymi ostrzami do nacinania uzębienia ślimacznicy" *Materiały Konferencji - Koła zębate KZ'93 - Poznań* (1993)
7. Skoczylas L.: "Przekładnia ślimakowa ze ślimakiem o wklęsłym zarysie" *Przegląd Mechaniczny* (2013) 2