

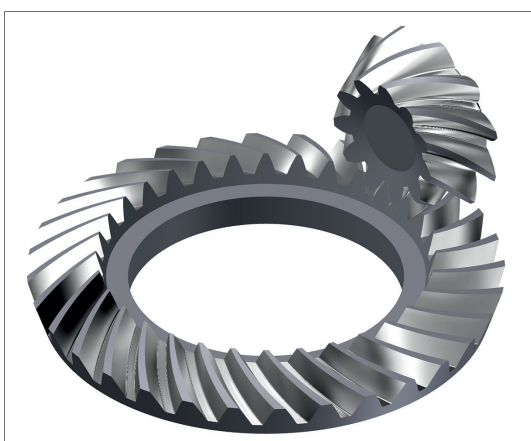
Zastosowanie systemu Autodesk Inventor do symulacji współpracy przekładni stożkowych Gleasona

ADAM MARCINIEC
BARTŁOMIEJ SOBOLEWSKI*

Przedstawiono przykłady zastosowania systemów CAD w modelowaniu i analizach stożkowych przekładni zębatych systemu Gleason, które wykazują przydatność tych metod w procesie ich projektowania.

Zastosowanie systemów CAD w procesie projektowania przekładni stożkowych umożliwia przeprowadzenie wstępnych analiz mających na celu ich weryfikację zarówno pod względem technologii wykonania, jak i poprawności współpracy przekładni. Analizy przeprowadzane w środowisku CAD pozwalają na wyznaczenie chwilowych i sumarycznych śladów współpracy oraz uzyskanie wykresów nierównomierności ruchu. Umożliwia to uproszczenie oraz przyspieszenie procesu projektowania i wdrażania do produkcji poprzez zmniejszenie liczby koniecznych do wykonania prototypowych przekładni. Wszystkie analizy przedstawione w artykule przeprowadzono w środowisku programu Autodesk Inventor.

Modele bryłowe stożkowych kół zębatych wykorzystane do analiz współpracy stożkowej przekładni otrzymane w wyniku trójwymiarowej symulacji obróbki [1]. Uzyskane modele bryłowe zębniaka i koła zestawiono ze sobą i otrzymano przekładnię konstrukcyjną przeznaczoną do przeprowadzenia analiz współpracy przekładni (rys. 1). Przeprowadzone analizy miały na celu otrzymanie chwilowych i sumarycznych śladów styku, linii zazębienia na powierzchniach współpracujących linii przyporu oraz wykresu nierównomierności ruchu przekładni.



Rys. 1. Model bryłowy przekładni konstrukcyjnej

W celu uzyskania chwilowego śladu styku zestawiono stycznie współpracujące powierzchnie kół zębatych. Następnie, w celu uzyskania śladu styku, bryłę zębniaka

zagiębiono w bryle koła o odległość δ_w , wynikającą z odkształcenia sprężystego współpracujących zębów [3]. Po wykonaniu boolowskiej operacji iloczynu brył otrzymano chwilowy ślad styku. Sumaryczny ślad współpracy stanowi sumę chwilowych śladów styku powstających w trakcie pracy przekładni na powierzchni danego boku zęba. Podczas symulacji pracy przekładni koła obracane są z założonym obrotem dyskretnym. Dokładność otrzymanych wyników zależy od metody wyznaczania obrotów dyskretnych współpracujących brył. Stosowana najczęściej metoda wyznaczania obrotów dyskretnych, wykorzystująca przełożenie geometryczne przekładni, nie odzwierciedla rzeczywistej współpracy powierzchni bocznych zębów. Metoda pozwalająca na wyeliminowanie tego typu niedokładności polega na założeniu stałej wartości kąta obrotu dyskretnego tylko dla jednego ze współpracujących kół; kąt obrotu koła współpracującego wynika ze styczności powierzchni współpracujących. W każdym z położań dyskretnych wygenerowano chwilowe ślady styku. Po ich zsumowaniu otrzymano sumaryczny ślad styku przedstawiony na rys. 2.

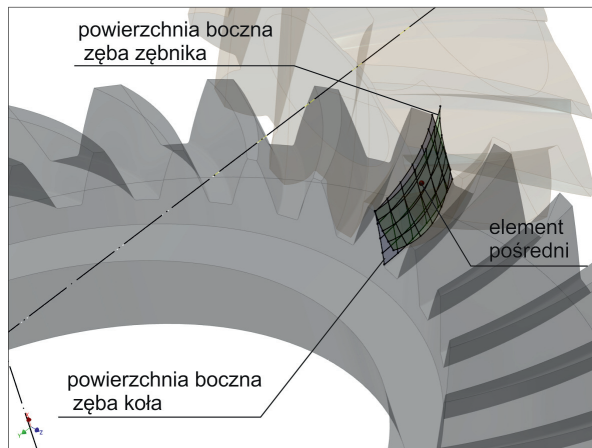


Rys. 2. Sumaryczny ślad styku na boku zęba koła

Wygenerowanie linii zazębienia oraz linii przyporu wiąże się z koniecznością wyznaczenia geometrycznych środków chwilowych śladów styku. Wyznaczenie środków śladu styku uzyskanych na powierzchniach kół zębatych przekładni stożkowych jest kłopotliwe ze względu na złożoność geometryczną tych powierzchni. W celu wyeliminowania tego typu trudności opracowano nową metodę wyznaczania linii zazębienia i przyporu. Zmodyfikowano przekładnię konstrukcyjną poprzez dodanie dodatkowego elementu w postaci kuli o małym promieniu w stosunku do wymiarów kół. Między powierzchniami bocznymi zębów kół przekładni pozostawiono wiązania z opisanej wcześniej przekładni konstrukcyjnej. Element dodatkowy został związany z wewnętrzną stroną boku zęba koła

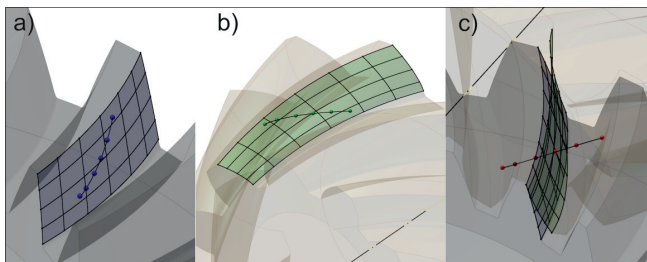
* Dr hab. inż. Adam Marciniak, prof. PRz, mgr inż. Bartłomiej Sobolewski – Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

oraz z zewnętrzną stroną powierzchni boku zęba zębnika za pomocą wiązania styczności. Powiązane w ten sposób powierzchnie boczne zębów oraz powierzchnia elementu pośredniego mają tylko jeden punkt wspólny (rys. 3).



Rys. 3. Analiza współpracy przekładni stożkowej z zastosowaniem elementu pośredniego

Punkt ten jest równocześnie środkiem chwilowego śladu styku. Połączone tą metodą elementy zespołu zachowują możliwość wykonywania ruchu, co pozwala na przeprowadzenie symulacji pracy przekładni. Wygenerowanie linii zazębienia na powierzchniach bocznych zębów oraz linii przyporu polega na rejestracji toru ruchu punktu środka chwilowego śladu styku w odpowiednim układzie współrzędnych: linie zazębienia (rys. 4a i b) w układach związanych z poszczególnymi kołami, natomiast linię przyporu (rys. 4c) w układzie nieruchomym przekładni konstrukcyjnej.



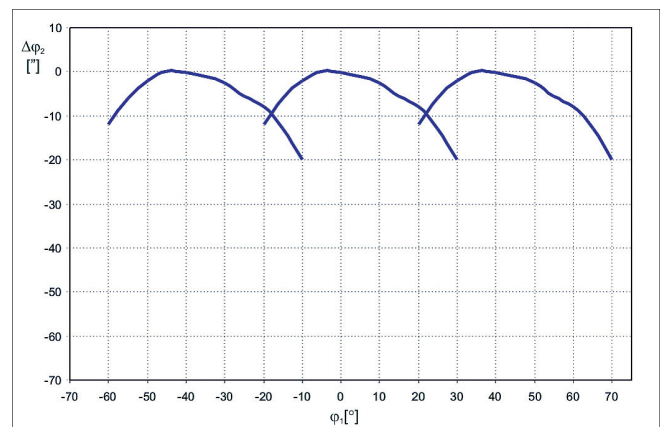
Rys. 4. Wyniki analizy współpracy przekładni stożkowej: a) linia zazębienia na powierzchni bocznej koła, b) linia zazębienia na powierzchni bocznej zębnika, c) linia przyporu

Model bryłowy stożkowej przekładni zębatej wykorzystano również do wykonania wykresów nierównomierności ruchu [2]. W celu otrzymania wykresów ruchów konieczne jest zarejestrowanie kątów obrotu współpracujących kół zębatych w poszczególnych położeniach dyskretnych przekładni stożkowej. Ze względu na możliwość rejestracji zmiany kątów obrotu elementów przekładni, analizę kinematyczną przeprowadzono w środowisku symulacji dynamicznej programu Inventor. Do modelu przekładni stożkowej dodano ostoję, w celu umożliwienia przeprowadzenia analiz w środowisku symulacji dynamicznej. Koła zębate połączone obrotowo z ostoją, a następnie na powierzchniach współpracujące nałożono wiązanie kontaktowe (rys. 5). Dodano również wymuszenia, aby uzyskać ruch zespołu. W wyniku przeprowadzonej analizy otrzy-



Rys. 5. Model przekładni stożkowej w środowisku symulacji dynamicznej

mano – za pomocą graphera wyjściowego – wykresy przedstawiające zmiany kątów obrotu kół zębatych podczas symulacji. Na kolejnym etapie, z wykorzystaniem programu Excel, wykonano obróbkę danych otrzymanych w wyniku analizy kinematycznej i uzyskano wykres nierównomierności ruchu przekładni stożkowej (rys. 6).



Rys. 6. Wykres nierównomierności ruchu przekładni

LITERATURA

1. A. MARCINIEC, J. PISULA, M. PŁOCICA, B. SOBOLEWSKI: Projektowanie przekładni stożkowych z zastosowaniem modelowania matematycznego i symulacji w środowisku CAD. *Mechanik* 11/2011.
2. A. MARCINIEC: Synteza i analiza zazębienia przekładni stożkowych o kołowo-łukowej linii zęba. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej Rzeszów 2002.
3. M. SOBOLAK: Analiza i synteza współpracy powierzchni kół zębatych metodami dyskretnymi. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej Rzeszów 2006.
4. Z. WÓJCIK: Przekładnie stożkowe systemu Gleason. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej 2004.

Badania realizowane w ramach Projektu „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”, Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Artykuł prezentowany na X Forum Inżynierskim ProCAx, Siewierz 2011 r.