

Przygotowanie modeli kół zębatach przekładni stożkowych do obliczeń MES

Preparation of bevel gear models for FEM analysis procedure

JACEK PACANA
PAWEŁ FUDALI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.5-6.99

Artykuł z XIII Forum Inżynierskiego ProCAx 2015

Przedstawiono proces przygotowywania modeli brylowych do obliczeń wytrzymałościowych w programie Abaqus. Analizowany przypadek dotyczył kół zębatach przekładni stożkowej. Zaproponowano wykorzystanie modeli uproszczonych z precyzyjnie określonym rozmieszczeniem elementów skończonych.

SŁOWA KLUCZOWE: MES, Abaqus, przekładnia stożkowa, koło zębata, ślad współpracy

The article presents the procedure of preparation of bevel gear solid models for strength analysis in Abaqus program. The case study concerns bevel gears transmission. Simplified models are suggested for application which offer precisely defined arrangement of the finite elements.

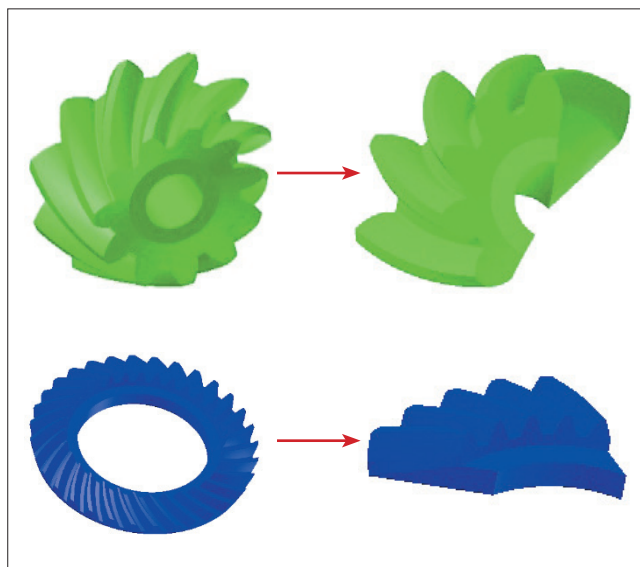
KEYWORDS: FEM, Abaqus, bevel gears, gears, tooth contact

Obliczenia numeryczne przeprowadza się z wykorzystaniem modeli wirtualnych, które mogą powstać w programie CAD, mogą także być wynikiem zastosowania technik inżynierii odwrotnej. Modele będące podstawą analiz wytrzymałościowych z wykorzystaniem metody elementów skończonych mają często skomplikowane kształty. Stanowi to znaczne utrudnienie na etapie przygotowania obliczeń numerycznych oraz przy obróbce otrzymanych wyników [1, 5]. Dlatego konstruktor musi zawsze ocenić model, analizując, czy można utworzyć siatkę elementów skończonych o odpowiednim rozmieszczeniu i wystarczającym zagęszczeniu w miejscach przewidywanych spiętrzeń naprężeń [3, 4]. Jeśli jest to wskazane ze względu na ułatwienie obliczeń i nie wpływa na rezultaty, można zrezygnować z otworów lub wycięć na modelu. Gdy obciążenie ma charakter symetryczny, można ograniczyć obliczenia do powtarzającego się fragmentu konstrukcji.

Analizowane koła zębatach przekładni stożkowej również można poddać uproszczeniu i wykorzystać do obliczeń MES jedynie ich fragmenty. Ponieważ w przenoszeniu obciążenia bierze udział tylko kilka zębów, można „przyciąć” koła do fragmentów zaprezentowanych na rys. 1. Skrajne zęby modeli nie będą brane pod uwagę w obliczeniach; stanowią one jedynie usztywnienie konstrukcji. Tak przygotowany model będzie wymagał wielokrotnie mniejszej liczby elementów skończonych do poprawnej jego dyskretyzacji, co znacząco wpłynie na czas przeprowadzania obliczeń.

Przygotowanie modeli do obliczeń numerycznych w programie Abaqus

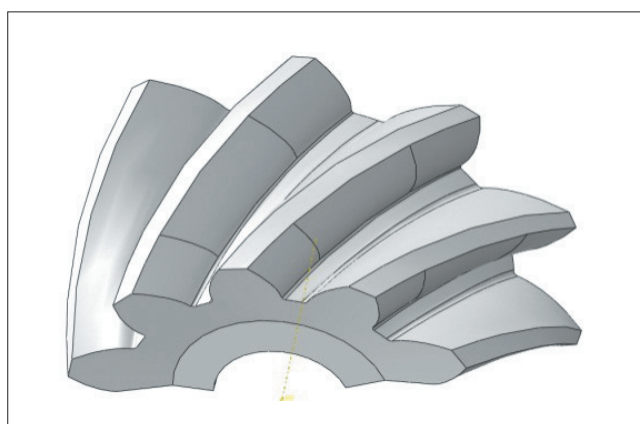
Przygotowanie modeli do obliczeń numerycznych wymaga zdefiniowania parametrów materiałowych, warunków brzegowych, obciążeń i ustalenia powierzchni



Rys. 1. Modele koła uproszczone na potrzeby obliczeń MES

kontaktowych. Działania te przebiegały według standardowych procedur, określonych kolejnymi poleceniami w programie Abaqus.

Ważną kwestią w przypadku przeprowadzanej analizy jest odpowiednie rozmieszczenie siatki elementów skończonych na uproszczonych modelach przekładni stożkowej. Rozmieszczenie węzłów siatki najłatwiej kontrolować na krawędziach, dlatego na powierzchniach modelu wprowadzono dodatkowe podziały. Przewidywany obszar współpracy zębów koła i zębniaka, zgodnie z zaleceniami literaturowymi [3], znajduje się na środku szerokości zęba i jest odsunięty od krawędzi wierzchołków i stóp (rys. 2). Nowe krawędzie na powierzchni boku zęba będą stanowiły ograniczenie przewidywanego obszaru współpracy.

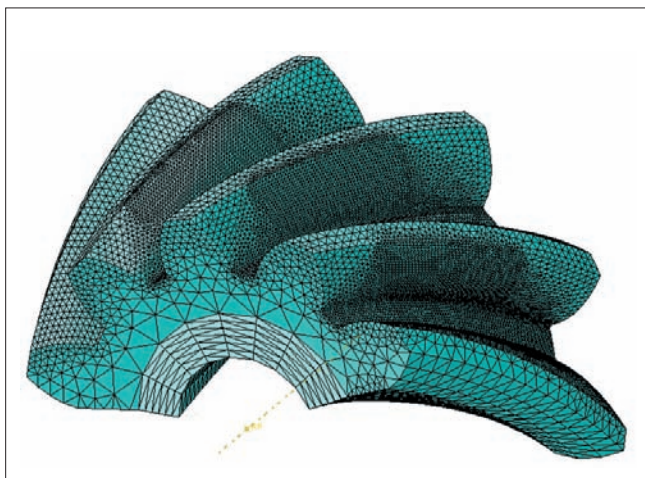


Rys. 2. Model wycinka koła zębatego z podzielonymi powierzchniami bocznymi zębów

* Dr inż. Jacek Pacana (pacanaj@prz.edu.pl), mgr inż. Paweł Fudali (pfudali@prz.edu.pl) – Katedra Konstrukcji Maszyn, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

Podziału powierzchni dokonuje się na poziomie modelu, z wykorzystaniem dwóch narzędzi. Pierwsze – Partition Edge: Enter Parameter \rightarrow – służy do podziału krawędzi w stosunku proporcjonalnym, podanym przez użytkownika. Drugim narzędziem jest Partition Face: Use Shortest Path Between 2 Points \rightarrow . Jest ono przeznaczone do podziału powierzchni poprzez najkrótszą ścieżkę na powierzchni pomiędzy dwoma punktami, np. utworzonymi wcześniej za pomocą funkcji Partition Edge.

Po odpowiednim przygotowaniu powierzchni można przeprowadzić dyskretyzację, czyli podzielić modele kół przekładni stożkowej na elementy skończone. Na rys. 3 przedstawiono uproszczony model zębniaka, gotowy do wykonania obliczeń.

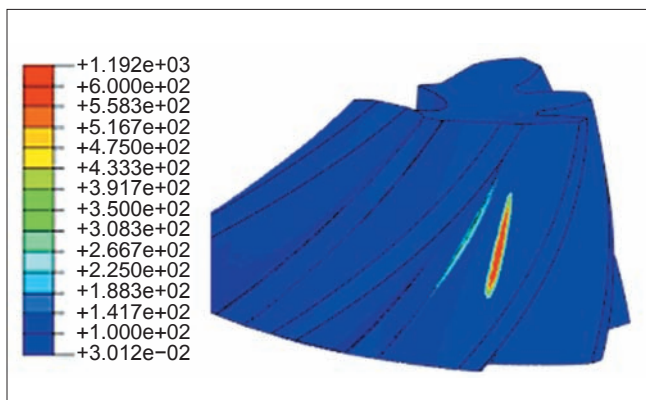


Rys. 3. Model zębniaka z siatką elementów skończonych

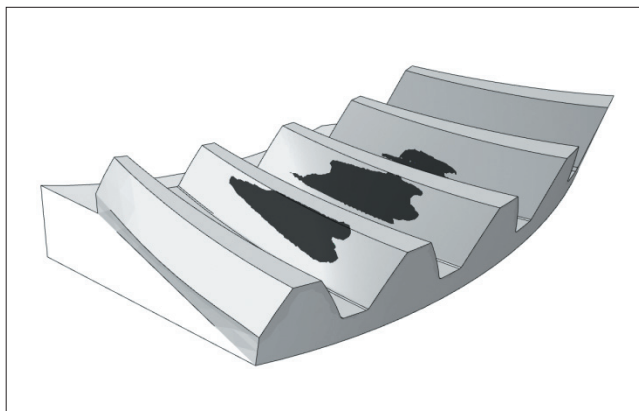
Proces generowania siatki na modelu koła talerzowego przebiega tak samo jak dla zębniaka. Miejsca zagęszczeń siatki oraz odpowiadające im wielkości elementów skończonych były identyczne jak w przypadku zębniaka.

Wyniki

Zdefiniowane modele pozwoliły na symulację współpracy obu kół przekładni stożkowej i występujących w jej wyniku naprężeń. Na rys. 4 zaprezentowano naprężenia zredukowane powstałe podczas współpracy strony czynnej zębów zębniaka. Obszary podwyższonych naprężeń znalazły się w środkowej części zęba, czyli dokładnie tam, gdzie przewidywano, i w związku z tym odpowiednio zagęszczono siatkę elementów skończonych.



Rys. 4. Naprężenia zredukowane na modelu zębniaka przekładni stożkowej koła zębatego, MPa



Rys. 5. Rozmieszczenie śladów współpracy dla strony czynnej zębów koła zębatego przekładni stożkowej

W programie Abaqus można także wyznaczyć chwilowe i sumaryczne ślady współpracy, jakie powstają przy symulacji rzeczywistej pracy przekładni. Rozmieszczenie sumarycznych śladów współpracy na modelu koła zębatego zaprezentowano na rys. 5.

Uzyskane w programie Abaqus ślady współpracy pokrywają się z poprawnymi śladami opisywanymi w literaturze. Potwierdzają też, że współpraca kół odbywa się głównie w środkowej części zęba, właśnie w obszarze o zagęszczonej siatce elementów skończonych.

Uwagi i wnioski

Użycie uproszczonych modeli znacząco przyspiesza proces obliczeniowy z wykorzystaniem MES. Opisane modyfikacje geometrii pozwalają również na łatwiejszą obróbkę wyników, ze względu na mniejszy rozmiar pliku wyjściowego. Dzięki temu konstruktor może przebadać więcej rozwiązań konstrukcyjnych w krótszym czasie, niż gdyby wykorzystał pełne modele bryłowe. Pozwala to zredukować koszty związane z opracowywaniem nowych rozwiązań konstrukcyjnych przekładni stożkowych oraz znacząco skrócić czas potrzebny do ich realizacji.

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.

LITERATURA

1. Marciniak A. „Synteza i analiza zażeń przekładni stożkowych o kóło-łukowej linii zęba”. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2002.
2. Marciniak A., Piśula J., Płocica M. „Analiza współpracy przekładni walcowych o modyfikowanych powierzchniach zębów”. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2006.
3. Rakowski G., Kacprzak Z. „Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji”. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2005.
4. Rao S.S. „The Finite Element Method i Engineering”. Exeter: BPPC Wheatons Ltd., 1989.
5. Rusiński E., Czmochoński J., Smolnicki T. „Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych”. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2000.