

MODELING AND ANALYZE SHAFT OF AIRCRAFT ENGINE

Jerzy Jaskólski

Kraków University of Technology
Institute of Automobiles and Internal Combustion Engine
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland
tel.: +48 12 628 36 84
e-mail: jaskolsk@usk.pk.edu.pl

Grzegorz Budzik, Ewelina Zalewska

Rzeszów University of Technology
Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautic
Al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, Poland
tel.: +48 17 8651642, fax: +48 17 8651150
e-mail: gbudzik@prz.edu.pl

Abstract

Application computer aided design and analyze CAD/CAE systems is necessary in create and verification process of elements of aircraft engine. CAD model building process of shaft of aircraft engine is possible in majority CAD systems. There are a few problem in the way of design and analyze part of engine. First problem is the choice of mesh model. Next problem is the choice analyze system and its compatibility with CAD system. Most of CAD/CAE systems are only theoretical compatibility. Next problem is find file data for export and import all data of model. Some times is necessary use translating program. If the geometry of elements is very complicate is necessary made simplification of CAD model. Reduction of detail in model permission import geometry data to FEM system. Next problem is determinate boundary conditions. Article presents problems of create CAD geometry of shaft of aircraft engine in CATIA system and import/export problems of data geometry for analyze in ANSYS 10.0 system.

Keywords: CAD/CAE system, FEM analysis, aircraft engine, shaft, data geometry

MODELOWANIE I ANALIZA WAŁU SILNIKA LOTNICZEGO

Streszczenie

Zastosowanie systemów wspomagania komputerowego projektowania i analizy CAD/CAE jest obecnie niezbędne w procesie tworzenia nowych i analizy już istniejących elementów silników lotniczych. Proces wykonania modelu wału silnika nie jest skomplikowany, można tego dokonać w większości systemów CAD. Zasadnicze problemy zaczynają się w momencie rozpoczęcia analizy modelu. Pierwszym problemem jest wybór na podstawie, którego zostanie stworzona siatka elementów skończonych. Następnym problemem jest wybór programu do analizy i jego kompatybilność z systemami CAD. Większość systemów CAD/CAE jest tylko teoretycznie ze sobą kompatybilne. Dlatego kolejny problem to znalezienie formatu zapisu pliku, który pozwoli przekazanie wszystkich danych modelu CAD. Często należy użyć w tym miejscu specjalnych translatorów lub podprogramów. W przypadku skomplikowanej geometrii analizowanego elementu konieczne jest uproszczenie pewnych szczegółów w taki sposób aby możliwe było wczytanie do programu MES przy jednoczesnym zachowaniu dokładności obliczeń. Kolejnym problemem jest wczytanie danego modelu do programu MES i założenie odpowiednich warunków granicznych. W artykule przedstawione są problemy tworzenia geometrii wału silnika lotniczego w programie CATIA, przetwarzania i importu tej geometrii w celu wykonania obliczeń w systemie ANSYS 10.0.

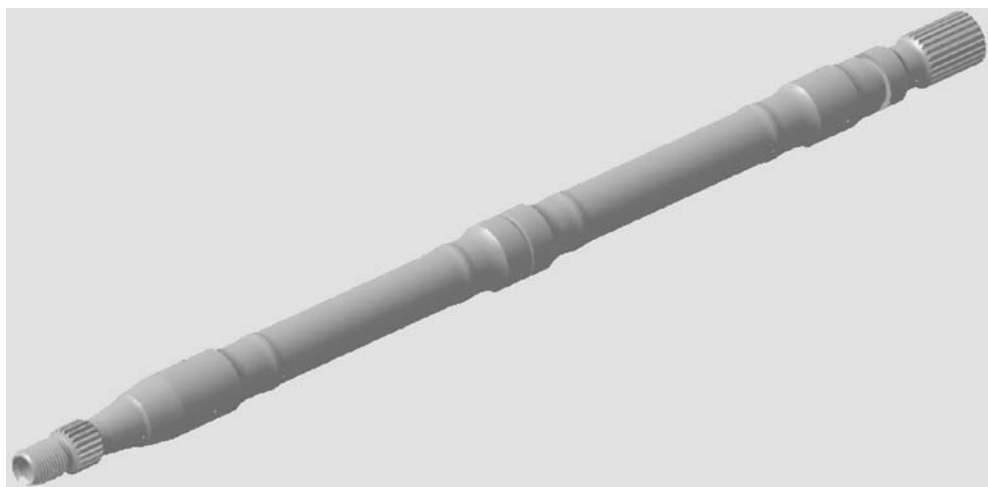
Słowa kluczowe: systemy CAD/CAE, analiza MES, silnik lotniczy, wał silnika, dane geometryczne

1. Wstęp

Jednym z głównych elementów turbowałowego silnika lotniczego jest wał stoiskowy. Zadaniem tego wału jest przekazywanie momentu obrotowego z wału głównego silnika do reduktora [3, 4, 6, 7].

W procesie modelowania wału wykorzystane zostało najnowsze dostępne na Politechnice Rzeszowskiej oprogramowanie CATIA V5R15. Proces wykonywania modelu geometrycznego wału stanowi odrębne zagadnienie [2]. Analiza wału została wykonana w systemie ANSYS 10.0 jako temat badawczy wykonywany w ramach grantu obliczeniowego ACK CYFRONET Kraków, projekt nr MNiI/SGI_ONX/Przesz/024/2005.

Analizowany wał pochodzi od turbowałowego silnika o mocy 522 [kW] i może pracować z maksymalną prędkością obrotową 40000 [obr/min.]. Model CAD wału wykonany w systemie CATIA przedstawia rysunek 1. Szczegółowe dane dotyczące parametrów silnika z przyczyn objętych umowami o poufności nie mogą zostać przedstawione w artykule.



Rys. 1. Model CAD wału silnika lotniczego
Fig. 1. CAD model of shaft of aircraft engine

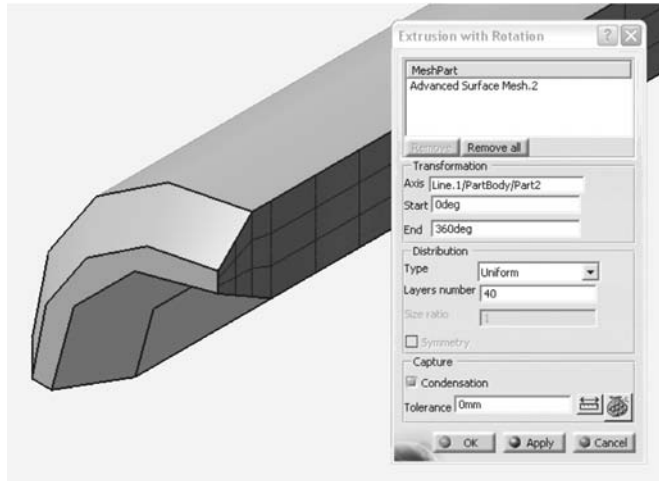
2. Tworzenie siatki elementów skończonych w programie CATIA V5R15

System CATIA posiada możliwości analizy stworzonych w nim modeli. W tym celu można wykorzystać polecenia grupy *Analysis and Simulation*. Należy jednak pamiętać, że grupa *Analysis and Simulation* pozwala na przeprowadzenie wstępnych i dość ogólnych obliczeń wytrzymałościowych [8]. Jeżeli istnieje potrzeba przeprowadzenia bardziej złożonych obliczeń należy użyć zaawansowanych systemów MES.

System CATIA można wykorzystać do stworzenia siatki elementów skończonych, do tego celu służy moduł *Advanced Meshing Tools*. Wykonanie siatki elementów skończonych na stworzonym wcześniej modelu CAD pozwala na wstępną ocenę i korektę nieprawidłowo ukształtowanych elementów skończonych [8].

W systemie CATIA możliwa jest również szczegółowa analiza każdego elementu wygenerowanej siatki. Podczas przeprowadzania analizy możliwe jest określenie warunków, według których zostanie ona przeprowadzona. Moduł *Advanced Meshing Tools* umożliwia import oraz eksport siatek elementów skończonych w postaci pliku tekstowego lub formatu zapisu zgodnego z CATIA V4 [9].

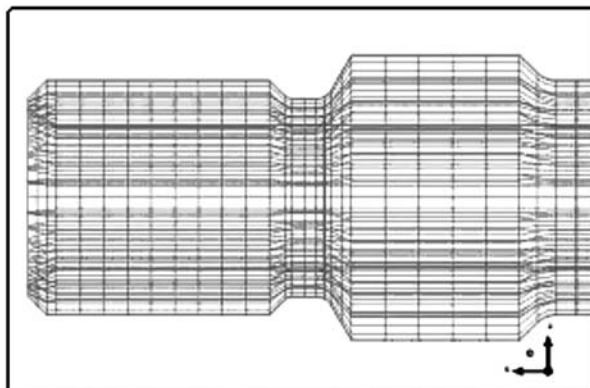
Dla celów obliczeń został stworzony uproszczony model CAD w którym pominięto wielowypusty i otwór olejowy. Model analizowanego wału silnika został podzielony siatką dwudziestowzłowych heksagonalnych elementów skończonych. Fragment wału podczas tworzenia siatki przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Tworzenie siatki MES w programie CATIA V5R15
Fig. 2. Mesh create in CATIA V5R15 system

3. Import danych do programu ANSYS 10.0

Wykonana w programie CATIA siatka elementów skończonych została zapisana w postaci pliku z rozszerzeniem *.dat. Ponieważ język wewnętrzny systemu CATIA jest kompatybilny jedynie z językiem do obliczeń systemu NASTRAN konieczne jest wykorzystanie translatorów dla systemu ANSYS. Jednym z takich translatorów jest nakładka na system ANSYS Multiphysics typu ANSYS ICEM CFD 10.0 umożliwiająca translację modelu MES na język APLD (APLD ANSYS Parametric Design Language) [1]. Rysunek 3 przedstawia fragment siatki wału silnika przekonwertowanej i zaimportowanej do programu ANSYS Multiphysics 10.0.



Rys. 3. Fragment modelu MES w programie ANSYS 10.0
Fig. 3. Part of FEM model in ANSYS 10.0 System

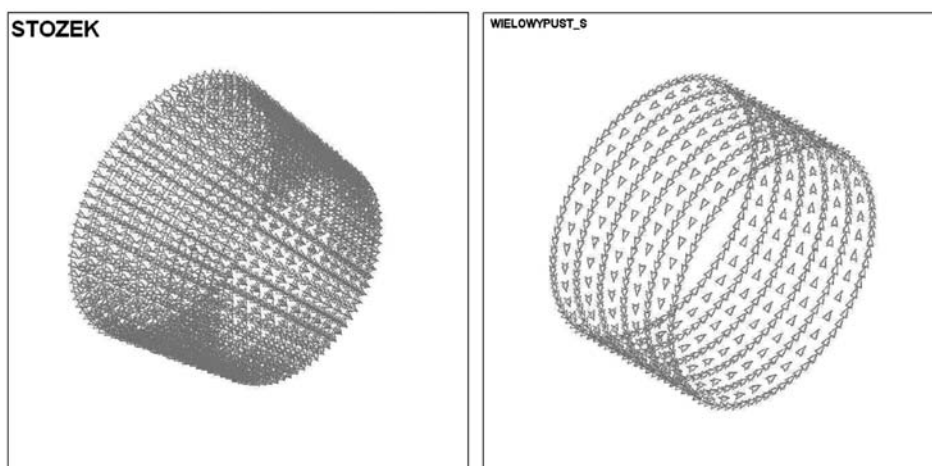
4. Określanie warunków granicznych

Rozpatrywany wał obciążony jest głównie momentem skręcającym, występują również rozciągające siły osiowe. Założenie warunków brzegowych do części wału w których znajduje się wielowypust jest bardzo uciążliwe ze względu na dużą liczbę węzłów. Rozwiązanie tego problemu stanowi zastosowanie komponentów. Komponenty są to wybrane grupy węzłów, którym można dowolnie odbierać stopnie swobody oraz nadawać obciążenia [5].

Stworzenie komponentów przebiega według następującego schematu:

- wybranie polecenia tworzenia komponentów,
- wskazanie odpowiedniej powierzchni,
- wyświetlenie węzłów,
- zaznaczenie węzłów wewnętrznych i ich wyświetlenie,
- utworzenie i nadanie nazwy komponentu.

Praca w systemie z wykorzystaniem komponentów pozwala w sposób prosty i szybki założyć warunki brzegowych dla analizowanego wału. Rysunek 4 przedstawia komponenty wielowypustu i części stożkowej wału.



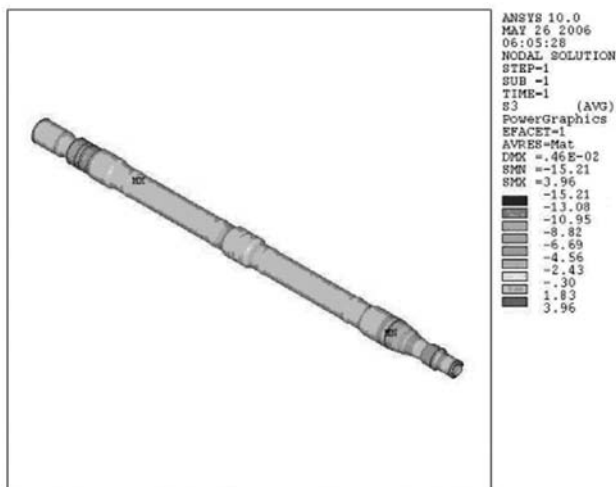
Rys. 4. Komponenty części stożkowej i wielowypustu wału silnika
 Fig. 4. Components of working back cone and splines

Analizowany wał silnika posiada maksymalną prędkość roboczą 40000 obr/min dlatego do obliczeń założono wymuszenie w postaci maksymalnej prędkości obrotowej podanej w jednostkach $[s^{-1}]$. Wał został obciążony momentem skręcającym $M_s=124$ [Nm]. Zastosowanie komponentów wymagało przeliczenia momentu skręcającego na siłę przypadającą na jeden węzeł. Podobne przeliczenia należało wykonać dla węzłów komponentu typu gwint w którym siłę osiową $F_o=231912$ [N] podzielono na ilość węzłów komponentu i przyłożono do każdego węzła.

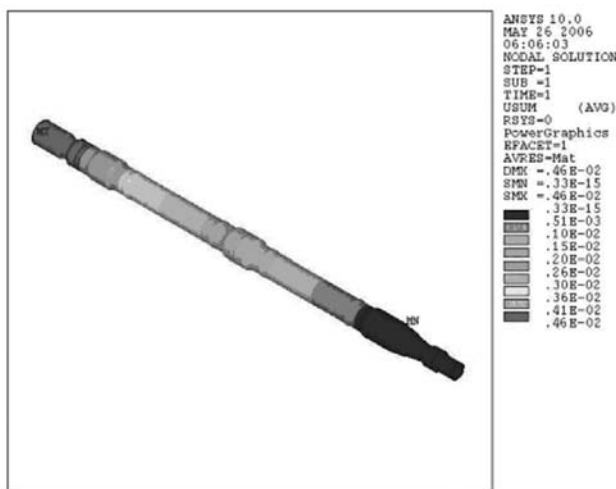
5. Wykonanie obliczeń wału silnika lotniczego

Po założeniu warunków granicznych w postaci obciążeń odpowiednich części wału i odebraniu odpowiednich stopni swobody możliwe było przystąpienie do wykonania obliczeń wytrzymałościowych. Ze względu na objętość przeprowadzonych obliczeń artykuł nie skupia się wyłącznie na tej kwestii lecz przedstawia problemy związane całym procesem modelowania i analizy. Program ANSYS Multiphysics 10.0 posiada procesor *Solution*, który umożliwia

wykonania obliczeń MES przedstawionego modelu wału silnika. System ANSYS posiada również postprocesor *General Postprocessor*, umożliwiający odczyt i wizualizację wyników obliczeń. Wizualizację wyników w postaci naprężeń przedstawia rysunek 5, wizualizację przemieszczeń wywołanych zadanymi obciążeniami pokazuje rysunek 6.



Rys. 5. Wizualizacja naprężeń w systemie ANSYS 10.0
Fig. 5. Stresses visualization in ANSYS 10.0 System



Rys. 6. Wizualizacja przemieszczeń wału w systemie ANSYS 10.0
Fig. 6. Displacements visualization in ANSYS 10.0 System

5. Wnioski

Większość systemów służących do analizy modeli z wykorzystaniem metody elementów skończonych posiada ubogi i trudny w obsłudze moduł modelowania geometrycznego. Wykonywanie analizy elementów silników lotniczych o skomplikowanych kształtach wymaga

zastosowania programów CAD i CAE. Niestety import i export danych geometrycznych pomiędzy tymi programami nie jest łatwy, dlatego należy wykorzystywać specjalne translatory.

Zastosowanie wspólne systemów CATIA i ANSYS pozwala na osiągnięcie optymalnych rezultatów w procesie modelowania i analizy. W opisanym przypadku stworzenie geometrii wału w systemie CATIA zostało wykonane w sposób szybki i dokładny. Możliwe również w tym systemie wykonanie siatki elementów skończonych. W wyniku translacji geometrii możliwe było jej zaimportowanie do systemu ANSYS 10.0. W systemie tym zostały założone warunki graniczne i wykonane obliczenia.

W chwili obecnej coraz więcej producentów systemów do modelowania i analizy stara się stworzyć oprogramowanie w którym przejście pomiędzy modelem geometrycznym i modelem MES będzie wykonywane w prosty sposób. Zostało to zrealizowane w przypadku programów CAD wyparzonych w proste moduły do analizy inżynierskiej. Jednak większość specjalistycznego oprogramowania do analizy MES wymaga stosowania oddzielnie modelowania CAD i odpowiednich translatorów. Dlatego celem tej publikacji było przybliżenie możliwości przekazywania i translacji danych pomiędzy systemami CAD i MES podczas modelowania i analizy wału silnika lotniczego.

Literatura

- [1] ANSYS Multiphysics 10.0 documentation.
- [2] Cygnar, M., Budzik, G., *Wybrane aspekty projektowania elementów wirujących maszyn przepływowych z wykorzystaniem wspomaganie komputerowego*, Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Nowym Sączu, Nowy Sącz 2005.
- [3] Dzygadlo, Z., Łyżwiński, M., Otyś, J., Szczeciński, S., Wiatrek, R., *Zespoły wirnikowe silników turbinowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1982.
- [4] Kiciński, J., *Dynamika wirników i łożysk ślizgowych*, Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk 2005.
- [5] Łaczek, S., *Wprowadzenie do systemu elementów skończonych ANSYS*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1999.
- [6] Łunarski, J., *Technologia silników lotniczych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1986.
- [7] Oczóś, K., E., (red.), *Rotary Fluid-Flow Machines*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1998.
- [8] Skarka, W., Mazurek, A., *CATIA – podstawy modelowania i zapisu konstrukcji*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2005.
- [9] Wyleżoń, M., *CATIA – podstawy modelowania powierzchniowego i hybrydowego*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2003.