

Kalkulacje z CalculiX

Czy to możliwe, by program do analiz z wykorzystaniem MES (metody elementów skończonych), był dostępny za darmo? Owszem. Najnowsza wersja programu, 1.7, została opracowana w sierpniu 2007 roku i można ją pobrać ze strony www.calculix.de. Bez żadnych ograniczeń.

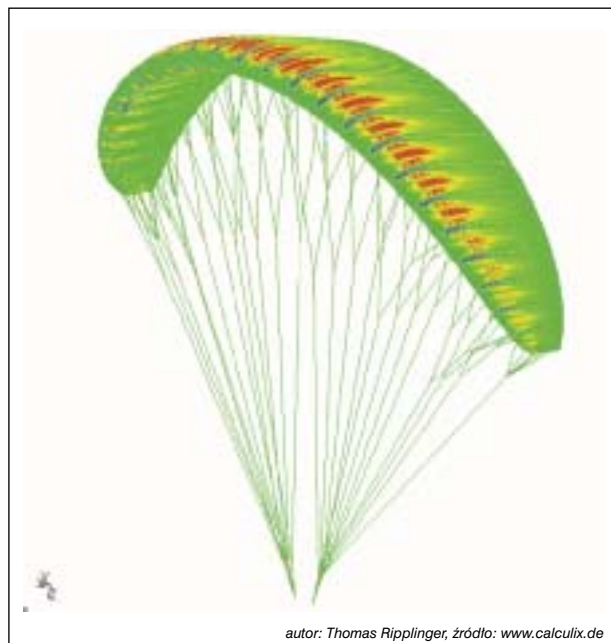
CalculiX powstał w 1998 roku i od tamtej pory jest systematycznie udoskonalany. Program został opracowany przez grupę entuzjastów z MTU Munich i firmy Aero Engine, którzy wykorzystali swój wolny czas do opracowania odpowiedniego kodu. Jego autorzy: Guido Dhondt i Klaus Wittig zastrzegają, iż liczą na to, że ten dostępny nieodpłatnie program okaże się przydatny i użyteczny, ale... ze swej strony nie udzielają żadnych gwarancji. Cóż, wszystko zgodne z zasadami GNU General Public License.

CalculiX jest pakietem opracowanym do rozwiązywania problemów wytrzymałościowych. Oczywiście, wykorzystywana jest w nim analiza metodą elementów skończonych. Z jego pomocą możemy budować modele MES, przeliczać je, wykonywać analizy wytrzymałościowe. Pre- i postprocesor użyty w programie to interaktywne narzędzie 3D, wykorzystujące jako źródło kod API OpenGL. Solwer Calculixa jest w stanie wykonywać obliczenia liniowe i nieliniowe. Dostępne są rozwiązania z zakresu statyki, dynamiki... i termiki. Oba składniki pakietu mogą być wykorzystywane niezależnie od siebie. Ponieważ solwer obsługuje format wejściowy standardu Abaqusa, można wykorzystywać dostępne wersje komercyjne preprocesorów. Z kolei preprocesor ma możliwość zapisywania danych (siatki mesh) do formatu Nastran, Abaqus, Ansys, Code-aster, a także do innych dostępnych formatów, w tym niekomercyjnych (ISAAC, OpenFOAM).

Dostępny jest także typowy interfejs CADowski, ułatwiający pracę z programem.

CalculiX zaprojektowano do współpracy z platformami systemowymi typu Unix (Linux, Irix), ale działa także w środowisku Windows.

Aby zaprezentować bliżej możliwości wykorzystania środowiska tej interesującej, darmowej aplikacji (do stosowania której przyznają się także biura projektowe działające w naszym kraju), twórcy programu zamieścili na swojej stronie przykład dotyczący turbosprężarki. Model został zbudowany na podstawie szkiców z wykorzystaniem CalculiX i można go pobrać razem z programem. Obliczenia dla tego modelu zostały przeprowadzone, aby określić prędkość obrotową, przy jakiej urządzenie ulegnie rozerwaniu, a także najwyższą dopuszczalną prędkość obrotową dla cyklu pracy, uwzględniającą zmęczenie materiału, z którego zbudowano sprężarkę.



autor: Thomas Ripplinger, źródło: www.calculix.de

Rozkład maksymalnego naprężenia głównego dla skrzydła paralotni

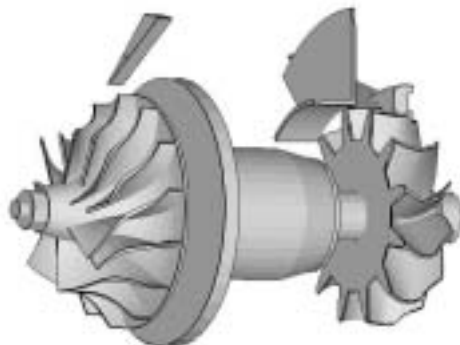
Dodatkowo obliczono charakterystyczne częstotliwości, aby określić prawdopodobny rezonans łopatek wirnika. Na załączonym rysunku przedstawiono kompletny wirnik wraz z łożyskami i łopatkami.

Modele zostały zbudowane z siatki elementów z węzłami o zredukowanej integracji. Zasymulowano cykliczne warunki brzegowe.

Jako materiał, z którego został wykonany kompresor, przyjęto stop aluminium (AlSi - C355). Turbina została wykonana ze stopu wysokotemperaturowego (Inco 713C) i oba elementy zostały poddane działaniu siły odśrodkowej. Na rysunkach 1-12 przedstawiono wyniki analiz przeprowadzone dla turbiny.

(ms)

Źródło: *CALCULIX, A Free Software Three-Dimensional Structural Finite Element Program*, www.calculix.de



Model kompletnego wirnika z kompresorem, łożyskowaniem i turbiną (a także pojedynczą łopatką kompresora i turbiny).



Rys. 1. Szkieletowe przedstawienie segmentu turbiny. Jej średnica zewnętrzna wynosi 82 mm.

Rys. 2. Odkształcenie wywołane na skutek prędkości obrotowej wynoszącej 110 000 obr./min. Zadany współczynnik wzmocnienia – 20.

Rys. 3. Odkształcenia (wytrzymałościowe wg. hipotezy Hubera-Misesa) występujące przy prędkości 110 000 obr./min. Nastąpiło zjawisko uplastycznienia (zakładane), ale nie wystąpiło przegrzanie. Wartości dla łopatki wirnika pozostały nieokreślone, ponieważ nie został zamodelowany promień wyokrąglenia.

Rys. 4. Przenikanie ciepła, wyliczone za pomocą CFD z uproszczonego modelu 3D i wstawione do modelu MES

Rys. 5. Ustalona wartość rozchodzenia się temperatury została użyta do obliczeń. Użyto przy tym wskaźnika przenikania ciepła widocznego powyżej.

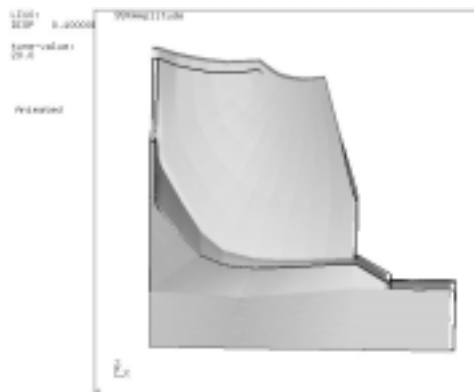
Rys. 6. Wielkość uplastycznienia segmentu turbiny w stosunku do prędkości obrotowej. Jak widać, bezpieczna praca jest możliwa przy prędkości do 180 000 obr./min.

Rys. 7. Zjawisko uplastycznienia zwiększa się gwałtownie przy przegrzaniu występującym przy prędkości 215 000 obr./min.

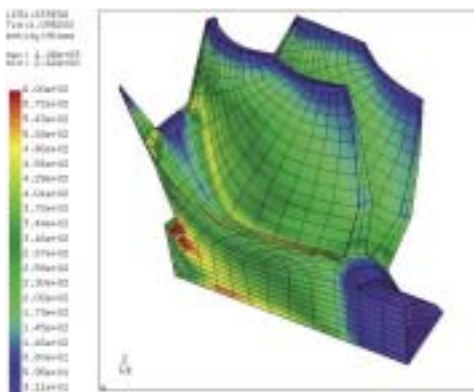
Rys. 8. Deformacja całego zespołu po ponad 100 godzinach pracy przy 110 000 obrotów na minutę.



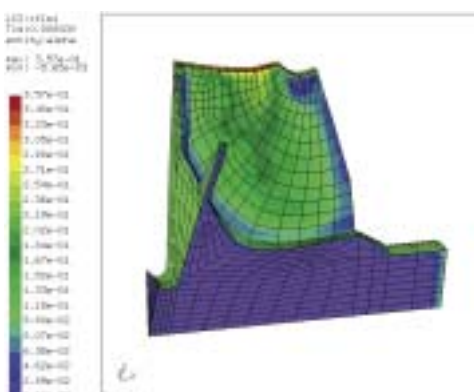
Rys. 1.



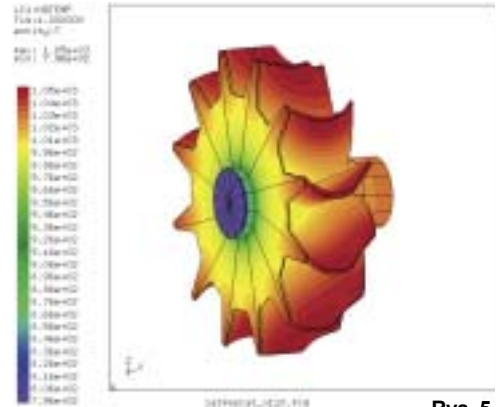
Rys. 2.



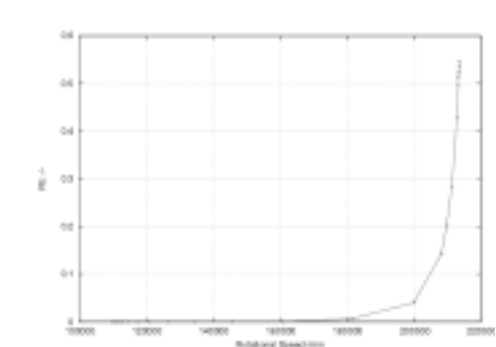
Rys. 3.



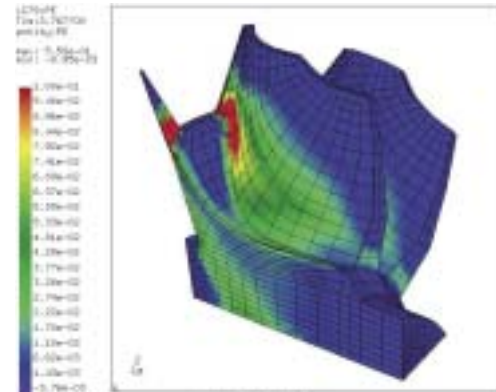
Rys. 4.



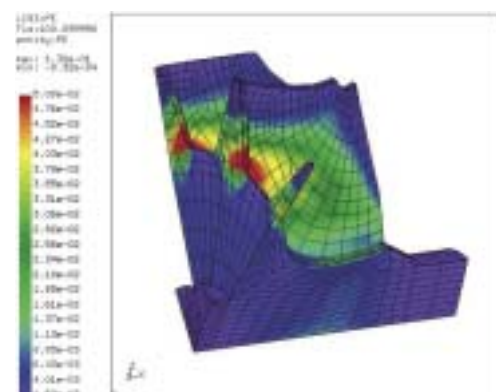
Rys. 5.



Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.

źródło: www.calculix.de