



Analiza wytrzymałościowa elementu konstrukcji lampy wiszącej LED z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych

P. Papliński^a, A. Śliwa^b

^a Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny
e-mail: hunt3r_pl@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie
e-mail: agata.sliwa@polsl.pl

Streszczenie: W opracowaniu przedstawiono wizualizację projektu lampy wiszącej LED oraz przykład wykorzystania Metody Elementów Skończonych w programie ANSYS w celu analizy wytrzymałościowej odpowiedzialnego elementu konstrukcji. Omówiono wykorzystanie MES oraz zwrócono uwagę na korzyści wynikające z faktu jej stosowania. Pokazano również jak zautomatyzować pracę w programie ANSYS, w szczególności jak tworzyć makra.

Abstract: In the paper were presented visualization of the hanging lamp project and the example of using Finite Element Method in ANSYS programme in order to define plane stress in the responsible element of the construction. It was discussed the usage of MES and it was highlighted benefits from its application. Also it was shown how to automate work in the ANSYS programme, especially how to make macros.

Słowa kluczowe: Metoda Elementów Skończonych, symulacja komputerowa, element skończony

1. WSTĘP

Szybki rozwój technik komputerowych spowodował, że Metoda Elementów Skończonych (MES) jest obecnie jedną z ważniejszych metod analizy numerycznej konstrukcji. Jest ona szeroko stosowana w wielu obszarach inżynierii i matematyki stosowanej [1-6]. MES opiera się na idei budowania skomplikowanych obiektów z prostych elementów lub dzieleniu tych obiektów na małe określone elementy. Metoda ta jest najbardziej użyteczna w rozwiązywaniu tych problemów, w których mamy do czynienia z bardzo skomplikowaną geometrią, złożonym stanem obciążenia, różnymi warunkami brzegowymi oraz z różnorodnymi materiałami, czyli w tych przypadkach, w których trudno uzyskać rozwiązanie analityczne [7-10].

Z inżynierskiego punktu widzenia, MES to określony ciąg operacji wykonywanych przez inżyniera projektanta i komputer, w trakcie poszukiwania rozwiązania, zaczynając od sformułowania zadania, a kończąc na graficznej interpretacji wyników obliczeń. Ten punkt widzenia

wynika między innymi z faktu, że sposób postępowania przy zastosowaniu MES jest niemal identyczny we wszystkich rozwiązywanych zagadnieniach. Przydatność i ogromne możliwości, jakie daje MES jest niekwestionowana, należy jednak pamiętać o konieczności bardzo przemyślanego i rozważnego stosowania tej metody. Jest to bowiem metoda przybliżona, co oznacza, że jej wyniki nie odnoszą się do rzeczywistych układów, ale do ich modeli. Rozwój tej metody był równoległy z rozwojem sprzętu komputerowego, dlatego początkowo korzystanie z obliczeń numerycznych było uciążliwe. Dopiero lata dziewięćdziesiąte, w których nastąpił ogromny postęp w rozwoju sprzętu komputerowego i oprogramowania dały możliwość wygodniejszego i efektywnego stosowania tej metody. Łatwość zintegrowania z komputerowym wspomaganiami oraz szereg zalet, w tym możliwość uzyskania optymalnych rozwiązań spowodowały powszechne zastosowanie MES.

Systemy MES można zaliczyć do programów grupy CAD – wspomagających konstruowanie, do najbardziej znanych systemów MES można zaliczyć: Abaqus, Mechanical, ANSYS, Nastran, Nisa, Cosmos, Adina, Algor. Spośród wielu systemów MES – ANSYS jest programem zaliczanym do wiodących [11-13].

2. PODSTAWOWE POJĘCIA MES

Podstawową cechą metody elementów skończonych jest podzielenie badanego obiektu (lub obszaru pola) na skończoną liczbę podobszarów, zwanych elementami skończonymi, które połączone są w punktach zwanych węzłami. Rozmiar elementów zależy od wymagań narzucanych przez kształty i zmienność opisywanych pól wektorowych i postulowanej dokładności. Rozmiary i liczba elementów limitowane są możliwościami obliczeniowymi, gdyż liczba równań jest proporcjonalna do liczby węzłów i stopni swobody istniejących w każdym z nich. MES jest metodą numeryczną – sprowadzającą rozwiązywanie równań różniczkowych do działań na macierzach, a obszar jego zastosowań poszerza się wraz z rozwojem programów komputerowych [14,15].

3. PROGRAM ANSYS

Program ANSYS aktualnie jest jednym z najobszerniejszych pakietów programów dla obliczeń MES, jeśli chodzi o ilość zagadnień można go zastosować. W dzisiejszej postaci program ANSYS stosuje elementy skończone zawierające opis fizycznych zjawisk takich jak: wytrzymałość, elektryczność, magnetyzm, przepływ ciepła, przepływ cieczy i gazów i akustyka. W programie można dokonywać obliczeń zagadnień stacjonarnych jak i zmieniających się w czasie. W pracach badawczych jak i w obliczeniach inżynierskich bardzo dużą rolę przywiązuje się do dokładności i powtarzalności wyników. W swojej klasie, tak rozbudowanych pakietów MES, ANSYS posiada odpowiednie certyfikaty łącznie z normą ISO 9001. Według zapewnień firma ANSYS puszczając do użytku nową wersję, poddaje ją minimum 20 tys. testów, porównując wyniki obliczeń z wynikami analitycznymi, bądź z pomiarami rzeczywistego zjawiska [16,17].

Programy komputerowe, w których stosowana jest metoda elementów skończonych składają się z trzech zasadniczych części:

1) preprocesor – obejmuje zdefiniowanie problemu i przygotowanie danych do:

- zdefiniowania kluczowych elementów (punkty, linie, powierzchnie, objętości),
- zdefiniowanie rodzaju elementu, cech geometrycznych i materiałowych,
- podział modelu na elementy;

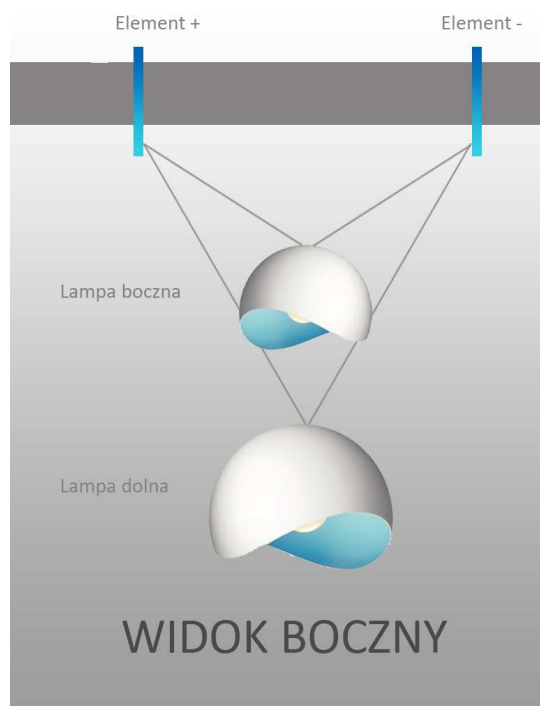
- 2) procesor – zajmuje się wykonaniem obliczeń. Ten etap pracy z programem nie wymaga żadnej interakcji ze strony użytkownika, za pomocą komunikatu przekazana jest informacja, że obliczenia się zakończyły i wyniki są gotowe do obróbki w postprocesorze;
- 3) postprocesor – dalsza obróbka danych i oglądanie wyników:
 - przemieszczenia oraz wartości siły i momentów w poszczególnych węzłach,
 - wykresy przedstawiające odkształcenia i naprężenia panujące w modelu.

4. WIZUALIZACJA LAMPY

Przedstawiony projekt lampy świecącej diodami LED (rys. 1 i 2) składa się z 2 elementów podtrzymujących, które podłączone są do 2 rurek przewodzących prąd (podłączonych do transformatora 12 V AC) o napięciu 12 V (bezpiecznym dla człowieka, wystarczającym do zasilania diod LED, dlatego rurki nie muszą być niczym osłonięte), oraz 3 lampek zakończonych żarówkami LED, osłoniętych szklanymi kloszami. Każdy element podtrzymujący ma założoną uszczelkę przy innym styku z rurką, tak, by jeden z nich wprowadzał do układu napięcie dodatnie, a drugi napięcie ujemne. Następnie z każdego elementu poprowadzony jest sztywny element przewodzący prąd pomiędzy elementem podtrzymującym a lampką LED. W ten sposób w każdej z 3 lampek pojawia się napięcie dodatnie i ujemne. Ilość tego typu elementów zamontowanych na rurkach przewodzących prąd jest dowolna.



Rysunek 1. Przedni widok lampy wiszącej
Figure 1. Front view of a hanging lamp



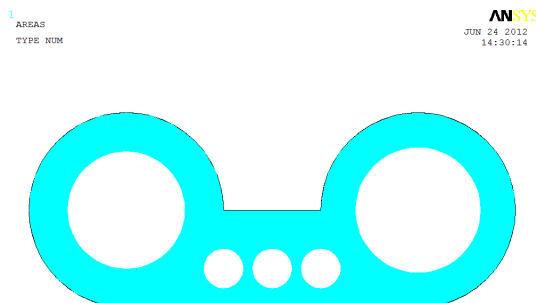
Rysunek 2. Boczny widok lampy wiszącej
 Figure 2. Side view of a hanging lamp

5. MODELOWANIE

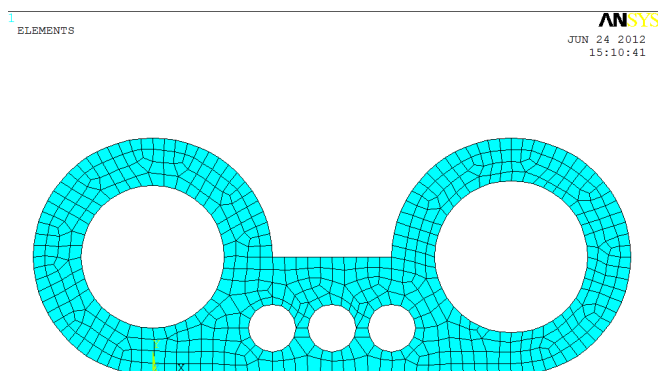
Element wykonany jest ze stali. Długość całego elementu podtrzymującego to 250 mm, średnica dużych otworów to 30 mm dla otworu bez uszczelką i 32 mm dla otworu z uszczelką (2 mm przeznaczone dla gumowej uszczelki). Średnice otworów na których powieszono są lampki to 10 mm. Grubość elementu to 5 mm. Moduł Younga dla stali wynosi 200000 a współczynnik Poissona 0,3. Elementom podtrzymującym zadano następujące obciążenia:

- ciężar największej lampki to 1,5 kg = 15 N,
- ciężar mniejszej lampki to 1 kg = 10 N.

Model geometryczny przedstawiono na rysunku 3 a jego dyskretyzację na rysunku 4.

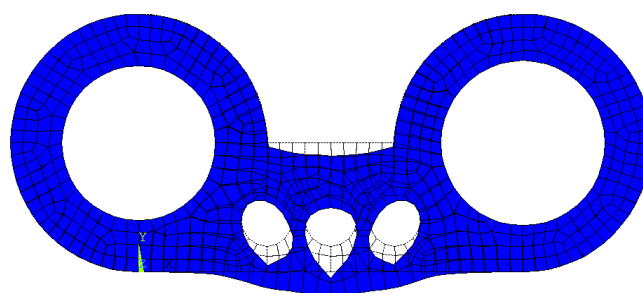


Rysunek 3. Model geometryczny
 Figure 3. Geometric model

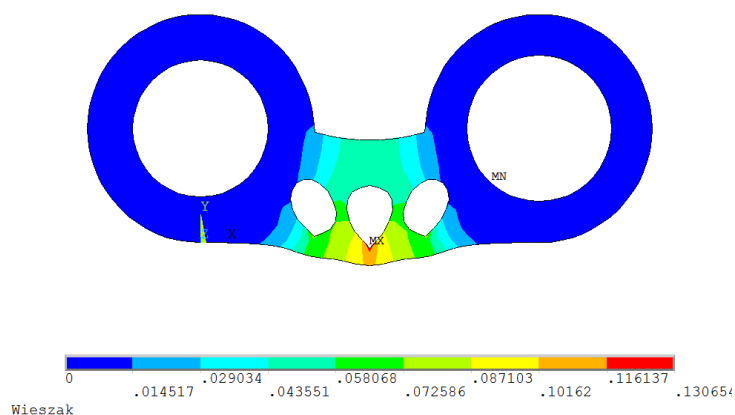


Rysunek 4. Widok modelu geometrycznego po dyskretyzacji
 Figure 4. Geometric model after meshing

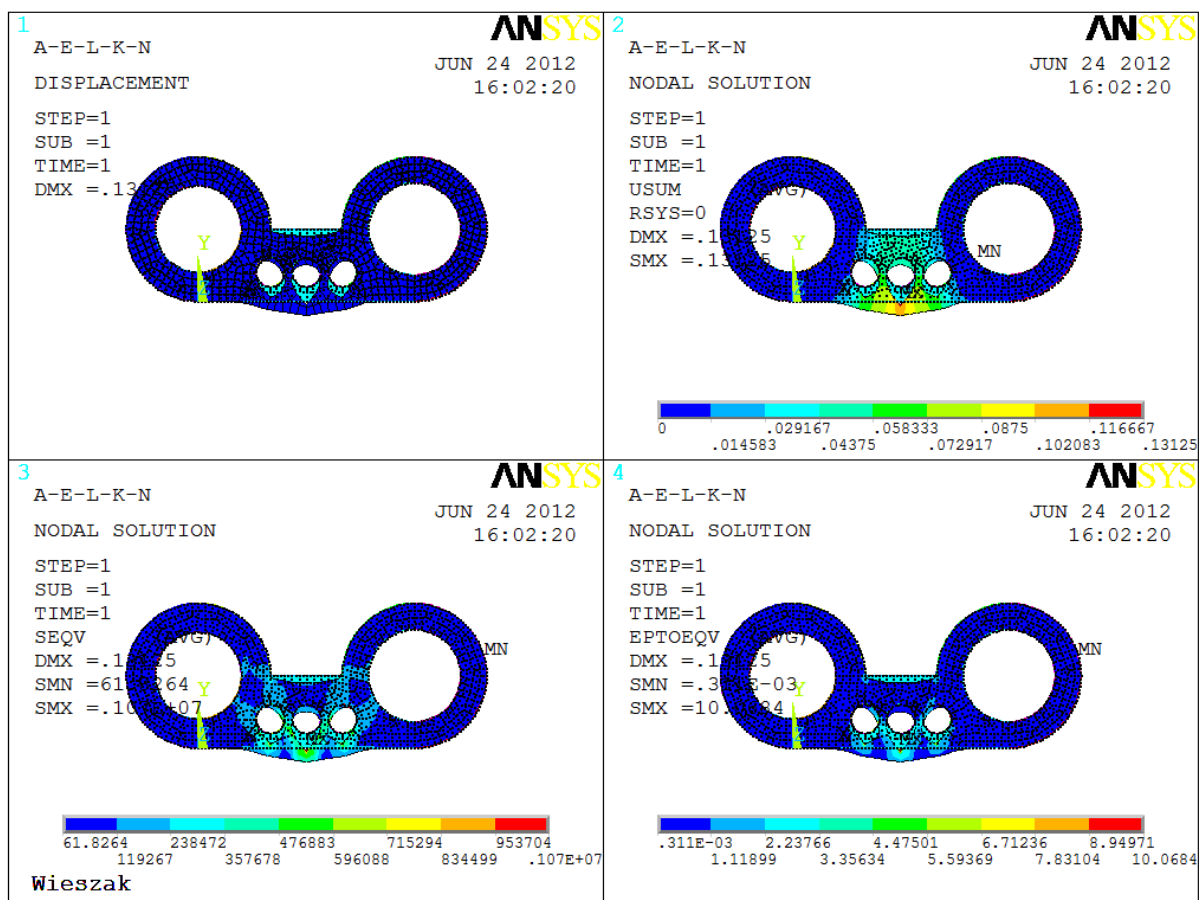
Na rysunku 5 przedstawiono widok elementu zdeformowanego pod wpływem obciążenia elementów podtrzymujących lampę. Wyniki symulacji komputerowej rozkładu naprężeń przedstawiono na rysunkach 6 i 7.



Rysunek 5. Widok elementu zdeformowanego oraz siatka elementu przed analizą
 Figure 5. View of deformed element and the mesh of the element before analysis



Rysunek 6. Wizualizacja ugięcia elementu wraz z rozkładem naprężeń
 Figure 6. Visualization deflection of the element together with the stress distribution



Rysunek 7. Rozkład naprężeń po zadanym obciążeniu
 Figure 7. Distribution of the simulated stresses after load

6. PODSUMOWANIE

Według uzyskanych wyników element powinien spełnić swoją rolę i wytrzymać przewidziane obciążenia. Zarówno proces modelowania w programie ANSYS, jak i prostota wyświetlenia i interpretacji wyników pokazują, że tego typu symulacje są w stanie znacznie skrócić czas modelowania i rozwiązać wiele problemów. Dla osób które wykonują tego typu obliczenia częściej, dla elementów które nieznacznie różnią się od siebie kolejnym ułatwieniem będzie automatyzacja własnej pracy poprzez tworzenie makr.

Zastosowanie komputerowego wspomaganie ukierunkowane jest na rozwój otwartego i uniwersalnego oprogramowania, pozwalającego użytkownikowi na szybką i wiarygodną analizę konstrukcji w warunkach wirtualnych, co pozwala na skrócenie czasu oraz zmniejszenie kosztów projektu.

ANSYS jest wiodącym na świecie pakietem do obliczeń MES umożliwiającym kompleksową symulację w każdej niemal dziedzinie nauki i przemysłu. Program ten oferuje bardzo duży zakres analiz, od statyki do pola elektromagnetycznego poprzez zjawiska zmienne w czasie i możliwość symulacji zjawisk liniowych i bardzo wyszukanych nieliniowości.

Program posiada wszystkie narzędzia potrzebne do postawienia zadania, rozwiązania i weryfikacji wyników bez potrzeby korzystania z dodatkowego zewnętrznego oprogramowania. Łatwość obsługi programu i komfortowy interfejs graficzny umożliwia nawet

niedoświadczonemu użytkownikowi dokonywanie pierwszych analiz po krótkim wprowadzeniu. ANSYS składa się z wielu narzędzi, co umożliwia optymalne dobieranie wymaganych opcji do własnych potrzeb. Stosowanie metody elementów skończonych (MES) przynosi już po krótkim czasie korzyści znacznie przewyższające poniesione koszty. Możliwe staje się projektowanie optymalnych pod wieloma względami konstrukcji (np. o minimalnym ciężarze, energooszczędnych) drastycznie maleje liczba kosztownych prototypów, skrócony jest znacznie czas wprowadzania produktu na rynek.

Istnieje, zatem bardzo szeroki wachlarz zastosowań, dla których pakiet ANSYS może zostać wykorzystany w procesie kształcenia inżynierów.

LITERATURA

1. A. Śliwa, J. Mikuła, L.A. Dobrzański, FEM application for modelling of PVD coatings properties, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 41/1-2 (2010) 164-171.
2. L.A. Dobrzański, A. Śliwa, T. Tański, Finite Element Method application for modelling of mechanical properties, *Archives of Computational Materials Science and Surface Engineering* 1/1 (2009) 25-28.
3. L.A. Dobrzański, A. Śliwa, W. Sitek, Finite element method application for modeling of PVD coatings properties, *Proceedings of the 5th International Surface Engineering Conference, 2006*, 26-29.
4. L.A. Dobrzański, M. Staszuk, K. Gołombek, A. Śliwa, M. Pancielejko, Structure and properties PVD and CVD coatings deposited onto edges of sintered cutting tools, *Archives of Metallurgy and Materials* 55/1 (2010) 187-193.
5. L.A. Dobrzański, A. Śliwa, W. Kwaśny, Employment of the finite element method for determining stresses in coatings obtained on high-speed steel with the PVD process, *Journal of Materials Processing Technology* 164-165 (2005) 1192-1196.
6. L.A. Dobrzański, W. Kwaśny, B. Dołżańska, A. Śliwa, K. Gołombek, G. Nowak, The computer simulation of internal stresses of tool gradient materials reinforced with the WC-Co, *Archives of Materials Science and Engineering* 57/1 (2012) 38-44.
7. A. Gołdasz, Z. Malinowski, Analiza pola temperatury w czasie krzepnięcia i stygnięcia wlewka kuźniczego, *Materiały konferencji „Informatyka w Technologii Metali” KomPlastTech, Ustroń, 2005*.
8. A. Brodowski, M. Majewski, J. Lisok, Numeryczna symulacja procesu tłoczenia elementu tłumika, *Materiały konferencji „Informatyka w Technologii Metali” KomPlastTech, Ustroń, 2005*.
9. J. Wodecki, Badania modelowe narzędzi skrawających za pomocą metody elementów skończonych, *PlastTech, 2004*.
10. M. Łodygowski, W. Kąkol, Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji inżynierskich, skrypt nr 1779, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1994.
11. S. Łączek, Wprowadzenie do systemów elementów skończonych ANSYS (ver. 5.0 i 5-ED), Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, Kraków, 1999.
12. E. Rusiński, Metoda elementów skończonych, system COSMOS, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1994.

13. strona internetowa: www.mecso.com.pl
14. K. Lawrence, Ansys Tutorial-release 6.1, SDC Schroff Development Corporation, 2002.
15. J. Baker, Ansys exercise – Ansys Tutorial.
16. strona internetowa: www.ansys.com
17. M.R. Hatch, Vibration using MATLAB and ANSYS, Chapman & Hall/CRC, 2001.