MODELOWANIE INŻYNIERSKIE ISSN 1896-771X
40, s. 43-48, Gliwice 2010

ZASTOSOWANIE METOD OPTYMALIZACJI W DOBORZE CECH GEOMETRYCZNYCH KARBU ODCIĄŻAJĄCEGO

TOMASZ CZAPLA, MARIUSZ PAWLAK

Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska
e-mail: tomasz.czapla@politechnika.slaska.pl, mariusz.pawlak@ politechnika.slaska.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono optymalizację geometrii kosza satelitów, stanowiącego część przekładni planetarnej stosowanej w elektrowniach wiatrowych. Istotą zastosowanej metody jest wykorzystanie algorytmów genetycznych zaimplementowanych w programie Matlab do generacji postaci geometrycznej optymalizowanego obiektu. Analiza numeryczna dokonywana w programie Ansys służy wyznaczeniu naprężeń w obiekcie. Funkcją celu jest minimalizacja naprężenia w wybranym obszarze.

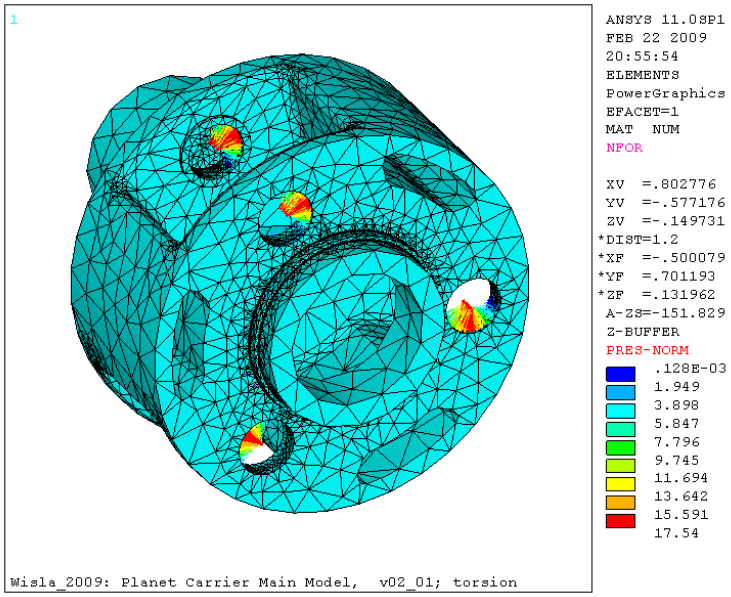
1. WSTĘP

Istotą pracy było zastosowanie zaawansowanych metod optymalizacji w połączeniu z analizą numeryczną, co pozwoliło na automatyzację procesu doboru optymalnej geometrii analizowanego obiektu. Obiektem analizy jest kosz satelitów o postaci konstrukcyjnej zbliżonej do jego odpowiedników powszechnie wykorzystywanych w skrzyniach przekładniowych elektrowni wiatrowych. Karb odciążający znajdujący się w okolicy przedniego łożyska jest w większości tego typu konstrukcji najbardziej obciążoną powierzchnią, dlatego też na nim skupiono uwagę w procesie optymalizacji. Geometria wybranego obszaru została opisana zmiennymi decyzyjnymi, a celem optymalizacji jest minimalizacja naprężenia zredukowanego na zewnętrznej powierzchni karbu odciążającego. W procesie optymalizacji obciążenie pozostaje niezmienne, natomiast wartość naprężenia zależy jedynie od geometrii.

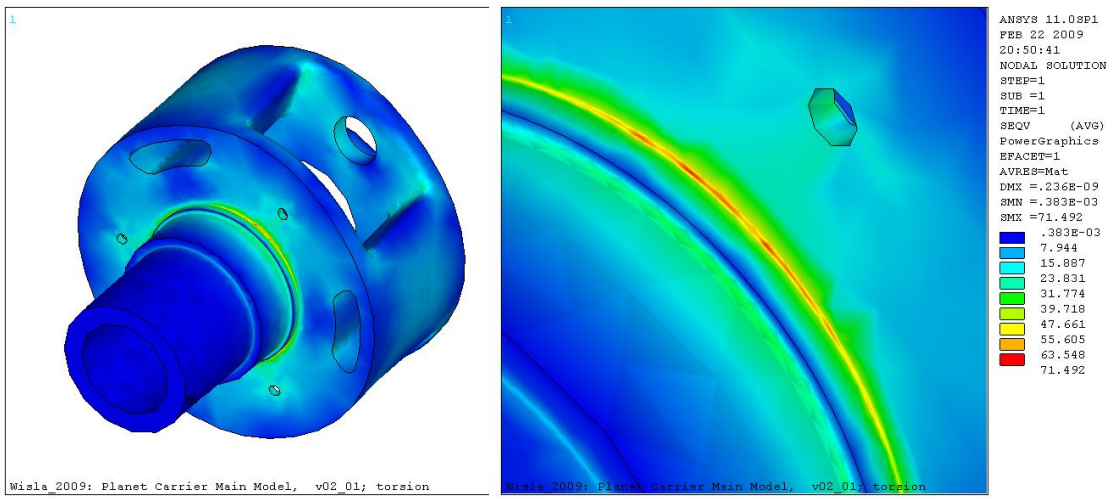
2. METODYKA BADAŃ

2.1. Budowa modelu numerycznego

Model numeryczny badanej konstrukcji opracowany został w programie AnSYS. Model obciążono momentem skręcającym, którego działanie zasymulowano poprzez wprowadzenie nacisków powierzchniowych w miejscach łożyskowania osi satelitów (rys. 1,2).

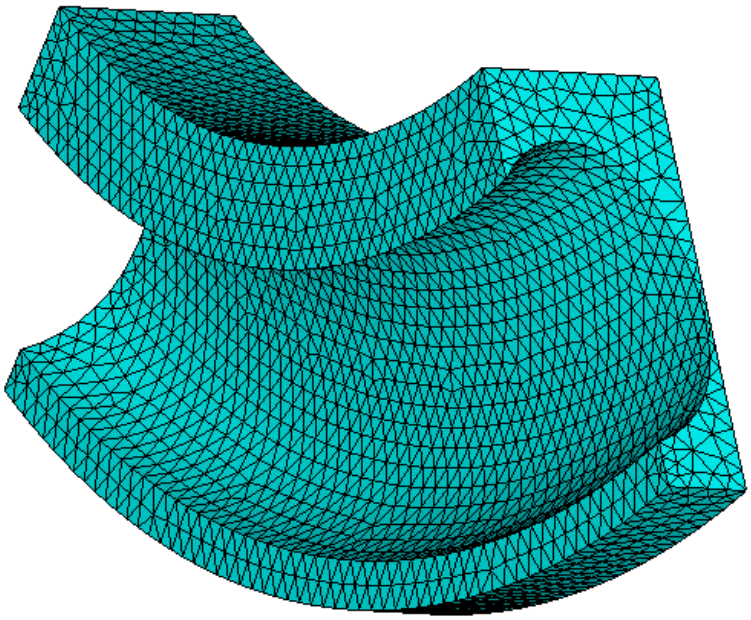


Rys.1. Widok modelu z prezentacją sposobu obciążenia



Rys.2. Naprężenia w modelu wyjściowym

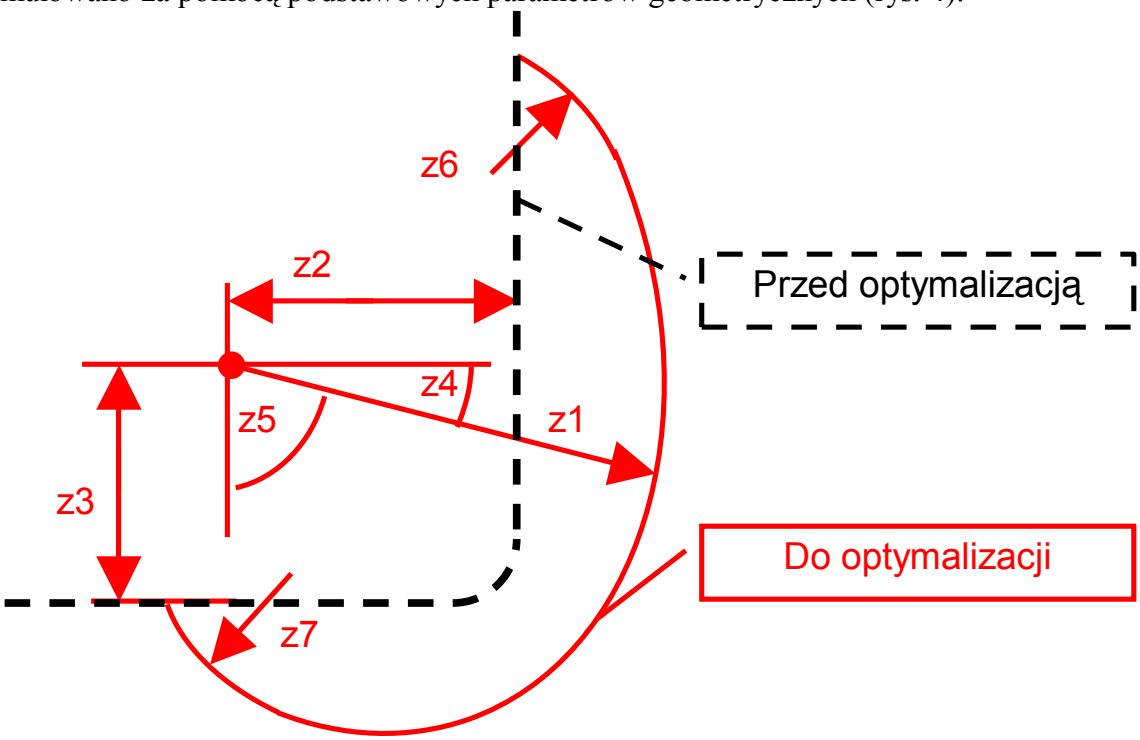
W celu redukcji rozmiaru zadania numerycznego oraz związanego z nim czasu obliczeń wykorzystano technikę submodelingu – ze względu na wysoki gradient naprężeń w okolicach karbu odciążającego wycięto z modelu obszar w jego okolicy i dokonano ponownych obliczeń z wykorzystaniem wyników kalkulacji modelu głównego przy jednoczesnym zagęszczeniu siatki submodelu (ze względu na brak polskiego odpowiednika autorzy zdecydowali się zachować angielską terminologię). Założono, że relatywnie niewielkie lokalne zmiany sztywności w rejonie karbu odciążającego nie będą miały znaczącego wpływu na odkształcenia modelu głównego, dlatego też w procesie optymalizacji został użyty jedynie wycinek obiektu zawierający najbardziej obciążony fragment karbu (rys. 3). Submodel obciążono poprzez zadanie warunków brzegowych w formie przemieszczenia występującego w punktach o zbliżonej lokalizacji. Takie postępowanie jest możliwe przy założeniu pomijalnie małego wpływu zmiany geometrii submodelu na sztywność modelu głównego.



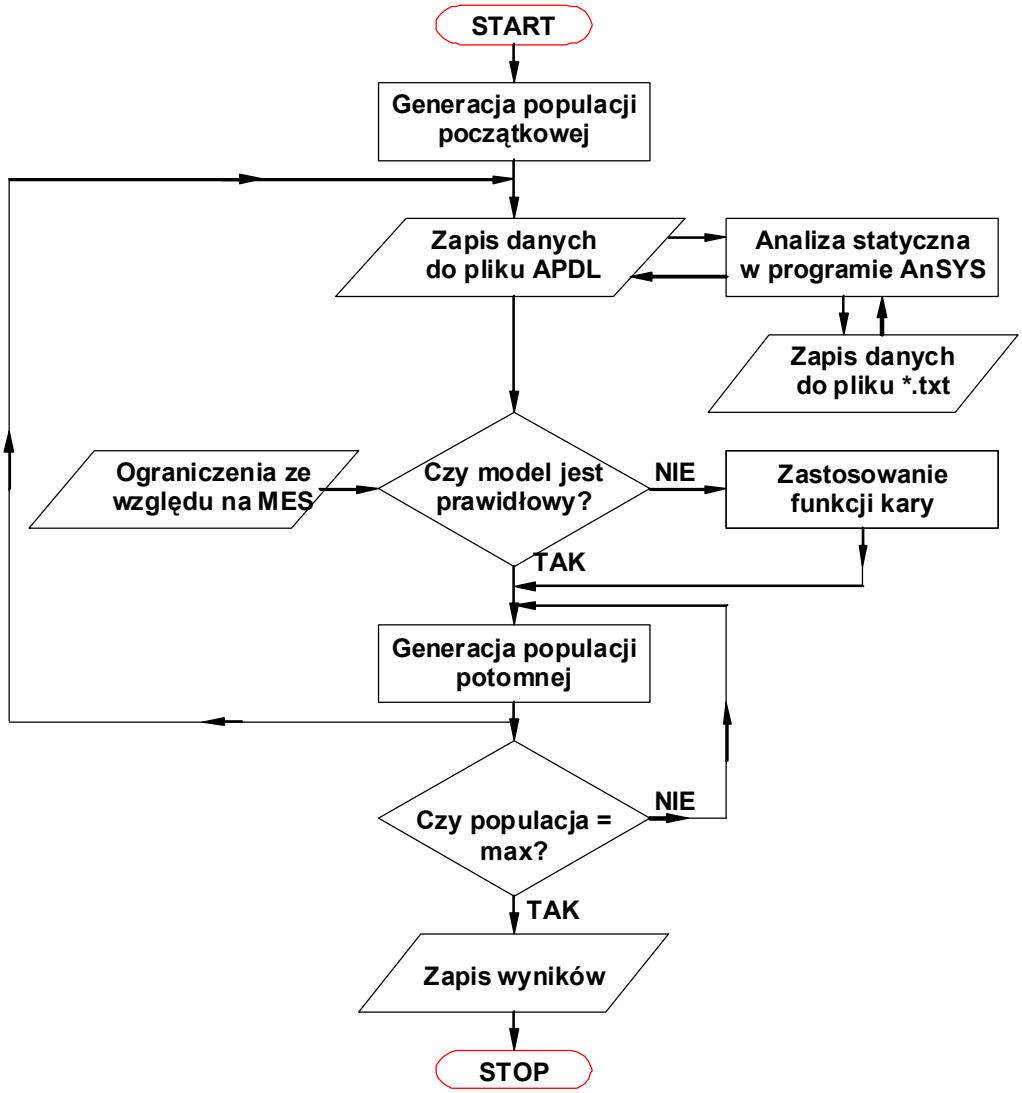
Rys.3. Widok submodelu karbu odciążającego

2.2. Określenie modelu matematycznego optymalizacji

Parametry geometryczne modelu numerycznego były generowane w postaci zmiennych decyzyjnych w metodzie optymalizacji opartej na algorytmach genetycznych zaimplementowanej w środowisku Matlab. W tym celu geometrię karbu odciążającego sformułowano za pomocą podstawowych parametrów geometrycznych (rys. 4).



Rys.4. Ilustracja wyrażenia modelu geometrycznego przez zmienne decyzyjne

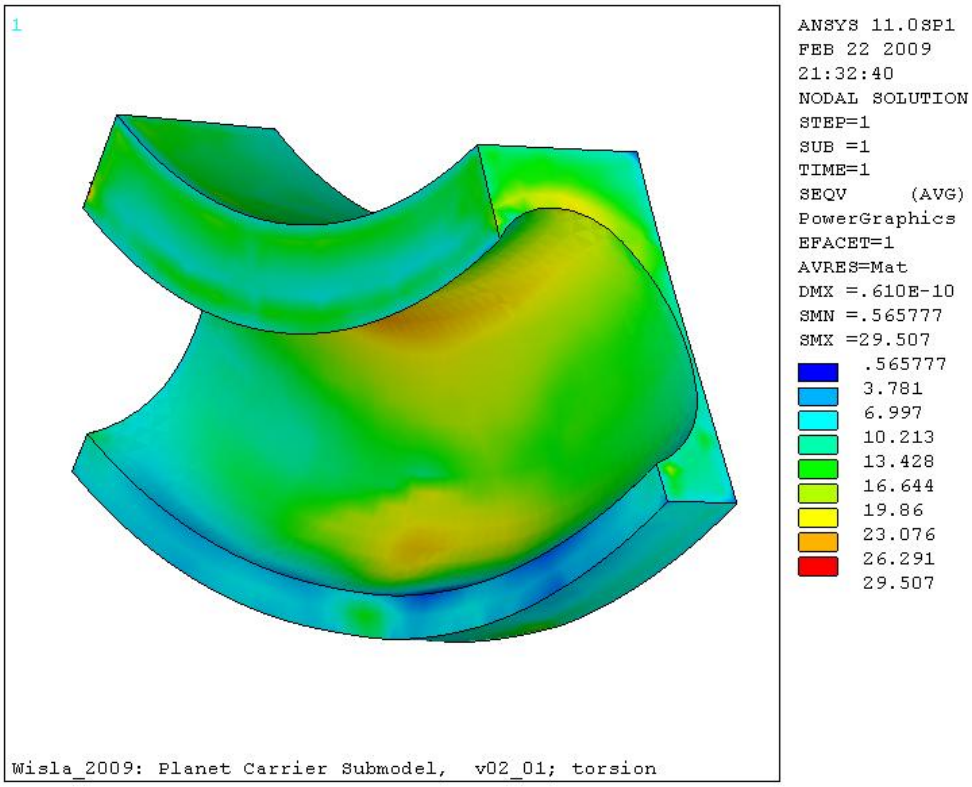


Rys.5. Schemat algorytmu prezentowanej metody

W przypadku zaprezentowanego w niniejszej pracy projektu połączono dwa środowiska obliczeniowe. Metody optymalizacji, zaimplementowane w środowisku Matlab wykorzystywane są do zmiany parametrów geometrycznych modelu MES. Model jest eksportowany do programu AnSYS, a następnie obliczany z wykorzystaniem metody elementów skończonych (rys.5).

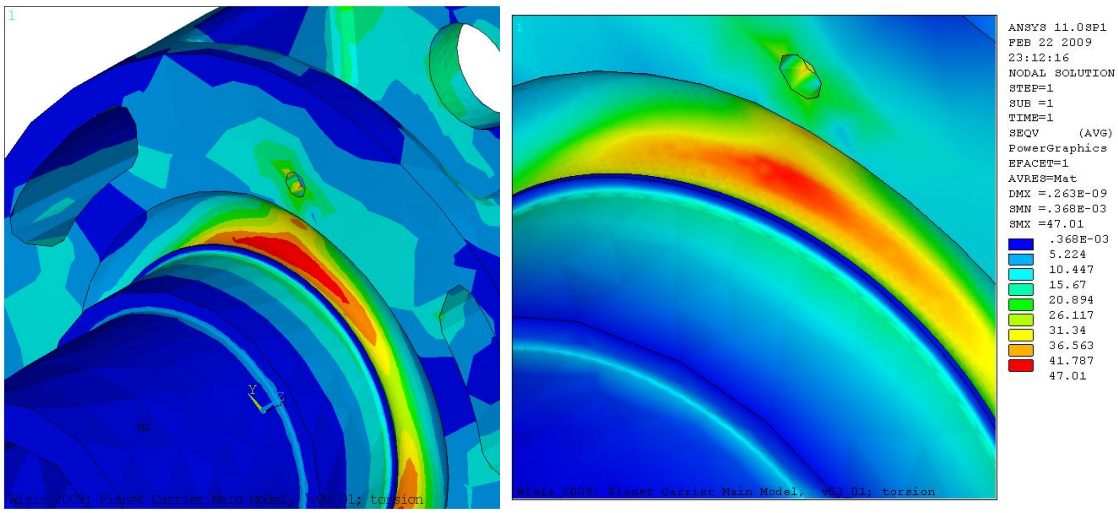
2. WYNIKI

Wynikiem procesu optymalizacji jest postać geometryczna karbu odciążającego zapewniająca najniższą wartość naprężenia zredukowanego przy zadanym przypadku obciążenia (rys. 6).



Rys.6. Ostateczna postać geometryczna karbu odciążającego w submodelu

Wyniki procesu optymalizacji zamieszczono w tabeli 1. Maksymalne naprężenie zredukowane w karbie odciążającym występujące w będącej wynikiem optymalizacji postaci karbu odciążającego wyniosło 47 Pa. W modelu wyjściowym naprężenie jednostkowe wyniosło 71 Pa.



Rys.7. Ostateczna postać geometryczna karbu odciążającego w modelu głównym

Wynik procesu optymalizacji został zweryfikowany poprzez wprowadzenie zmian w modelu głównym kosza satelitów (rys. 7).

Parametrem wyjściowym z analizy MES jest maksymalne naprężenie w rejonie karbu odciążającego. Rezultatem procesu optymalizacji jest postać geometryczna karbu odciążającego, która zapewnia najniższy poziom stresu w zadanym przypadku obciążenia.

Tabela 1. Wyniki optymalizacji

Maksymalne naprężenie jednostkowe w karbie odciążającym [Pa]	
Przed optymalizacją	Po optymalizacji
71	47

W analizie wyników optymalizacji należy zwrócić uwagę, że w strukturze przed optymalizacją wykonano jedynie zaokrąglenie pomiędzy walcową częścią kosza satelitów a ścianką pionową. W przypadku zastosowania karbu odciążającego o zoptymalizowanej geometrii nastąpiła znaczna redukcja naprężeń.

3. PODSUMOWANIE

Wynik analizy potwierdził zasadność zastosowania metod optymalizacji do kształtowania cech geometrycznych komponentów mechanicznych. Zastosowanie opisanej metodyki pozwoliło na automatyzację procesu kształtowania optymalnej geometrii karbu odciążającego, dzięki czemu wyeliminowano konieczność zaangażowania czasu pracy wykwalifikowanego inżyniera.

W dalszej pracy postanowiono rozszerzyć możliwości zaproponowanej metodyki o bardziej zaawansowane metody optymalizacji.

LITERATURA

1. D. H. Johnson, R. B. Englund: Mechanical stress relief simulation. In: International ANSYS Conference Proceedings, 2004.
2. Goldberg D.E.: Algorytmy genetyczne i ich zastosowanie. Warszawa : WNT, 1995.

OPTIMIZATION METHODS APPLICATION IN STRESS RELIEF CUT GEOMETRY DESIGNING PROCESS

Summary. Planet carrier of wind turbine gearbox geometry design optimisation is described in the paper. The main feature of the metod is genetical algorhithms application implemented in Matlab in order to formulate parametrized AnSYS numerical model for stress analysis. Fitness function is minimising stress level in chosen area.