

mgr inż. Marek Krzywobłocki

Rozprawa doktorska

**Optymalne projektowanie struktur energochłonnych pojazdu
z wykorzystaniem metody makro elementów**

Streszczenie:

Niezmiernie istotnym aspektem projektowania współczesnych pojazdów jest zapewnienie bezpieczeństwa kierowcy i pasażerów w przypadku kolizji. Rozprawa doktorska poświęcona jest obliczeniom energochłonności struktury pojazdów przeprowadzonym za pomocą metody makro elementów i połączeniu ich z wybranymi algorytmami optymalizującymi projektowaną konstrukcję. Zastosowane kryteria optymalizacji związane są z bezpieczeństwem biernym pojazdów samochodowych, umożliwiającym przejście testów homologacyjnych.

Modelowanie obiektów inżynierskich w obecnych czasach znacznie ułatwiają narzędzia CAD/CAM. Dobór optymalnych parametrów konstrukcji absorbującej energię zderzenia jest zadaniem skomplikowanym i czasochłonnym, ponieważ powszechnie wykonywane symulacje dynamiki i dużych odkształceń konstrukcji za pomocą metody elementów skończonych (MES) wymagają bardzo dużej mocy obliczeniowej. W rozprawie przedstawiono unikatowe podejście do rozpatrywanego problemu polegające na zastosowaniu metody makro elementów (MEM) do obliczeń energochłonności konstrukcji i sprzężeniu jej z wybranymi algorytmami optymalizacyjnymi. Do modelowania konstrukcji wykorzystano bazujące na MEM środowisko Visual Crash Studio (VCS), które pozwala wykonywać symulacje numeryczne w bardzo krótkim czasie.

We wstępie rozprawy przedstawiono aktualny stan wiedzy z zakresu optymalizacji konstrukcji energochłonnych oraz związane z tym tematem kryteria, cele i metody optymalizacji. Opisane zostały analityczne i numeryczne sposoby modelowania dużych deformacji konstrukcji cienkościennych. Dokładniej omówiono koncepcję metody makro elementów i strukturę programu VCS. Następnie przedstawiono algorytmy wybrane do optymalizacji konstrukcji cienkościennych. Należą do nich: metoda gradientowa najwyższego wzrostu oraz metoda Monte Carlo i algorytmy ewolucyjne będące przykładami metod niedeterministycznych.

Główną część pracy stanowią przykłady obliczeniowe dotyczące optymalizacji struktur energochłonnych pojazdu. W rozważanym problemie celem było dobranie wymiarów konstrukcji cienkościennych, aby zmaksymalizować energię właściwą konstrukcji i spełnić jednocześnie kryteria maksymalnej siły deformacji, średniej siły deformacji oraz ograniczenia geometryczne. Jako zmienne optymalizacji przyjęto długości i grubości ścian przekrojów konstrukcji cienkościennych. W

sformułowaniu problemu warunki ograniczające wprowadzono za pomocą funkcji kary. Procedury optymalizacyjne zaprogramowano w języku C#. Opracowany interfejs użytkownika umożliwił połączenie algorytmów optymalizacji z różnymi modelami VCS, a sposób przetwarzania wyników oraz zarządzania danymi ułatwił ich interpretację.

W pierwszym przykładzie poszukiwano optymalnych wymiarów przekrojów cienkościennych kolumn pryzmatycznych o przekroju kwadratowym i heksagonalnym poddanych osiowemu zgniataniu. Obliczenia przeprowadzono dla konstrukcji wykonanych ze stali oraz stopu aluminium. Metody niedeterministyczne uruchamiano wielokrotnie, aby ocenić ich efektywność. Dodatkowo utworzono powierzchnię rozwiązań pomocną w ocenie poprawności otrzymanych wyników. Analizę wyników rozszerzono o badanie wpływu składowych funkcji celu, zawierających poszczególne warunki ograniczające. Drugi przykład obliczeniowy przedstawia optymalizację wymiarów przekroju podłużnicy. Model VCS składał się z trzech segmentów, a obliczenia analizowanej konstrukcji zweryfikowano na podstawie wyników przedstawionych w innych publikacjach. Poszukiwano parametrów opisujących geometrię zamkniętego przekroju kapeluszowego wraz z elementem usztywniającym. Duży rozrzut wyników wykazał potrzebę wprowadzenia do zadania optymalizacji dodatkowych warunków, powiązanych z głównymi mechanizmami deformacji tego rodzaju konstrukcji. Ograniczone zostały maksymalne momenty gnące oraz różnica pomiędzy nimi. Skuteczność uzupełnionego sformułowania została potwierdzona poprzez zbieżność wyników otrzymywanych w niezależnych uruchomieniach programu optymalizującego wymiary podłużnicy.

Rozprawę kończy podsumowanie otrzymanych wyników oraz wskazanie kierunków dalszych prac. Spełnienie kryteriów optymalizacji w prezentowanych przykładach obliczeniowych, redukcja masy konstrukcji i spójne wyniki wielu uruchomień programu łączącego algorytmy optymalizacyjne z programem VCS świadczą o efektywności MEM w doborze najlepszych parametrów struktur energochłonnych konstrukcji. Było to możliwe dzięki uwzględnieniu rzeczywistych warunków obciążenia optymalizowanej konstrukcji i szybkim obliczeniom wytrzymałościowym.

Słowa kluczowe: struktury energochłonne, metoda makro elementów, konstrukcja samochodu, optymalizacja, algorytmy ewolucyjne