

Streszczenie

W poniższej rozprawie doktorskiej, zaprezentowano metodę pozwalającą na tytułową automatyzację interpretacji wyników optymalizacji topologicznej. Algorytm został napisany za pomocą języka programowania Python oraz Visual Basic .NET. Opracowana metoda opiera się na operacjach Boolean, czyli sekwencyjnym usuwaniu oraz dodawaniu materiału w domenie odtwarzanego modelu. Jest to proces w pełni zautomatyzowany.

Omawiany algorytm, w pierwszej części, określa lokalizacje usuwanego materiału. Najpierw definiowane są otwory przelotowe, następnie otwory nieprzelotowe, a na końcu szablony geometrii. Wymienione operacje są odpowiedzialne za usunięcie materiału z bryły wejściowej. Dla każdego otworu zostaje wykorzystana operacja CAD *Wyciągnięcie wycięcia*. Aktualnie zdefiniowane są dwa szablony geometrii: graniastosłupa/cylindra oraz ostrosłupa/stożka.

Odtworzenie modelu w środowisku CAD zostało wykonane, w drugiej części, za pomocą makro napisanego do komercyjnego programu SolidWorks. Finalna geometria charakteryzując się dostępem do drzewa operacji CAD, dzięki czemu użytkownik jest w stanie sprawnie i wygodnie modyfikować przeniesiony wynik optymalizacji topologicznej. Pozwala to na dopasowanie geometrii bryły do swoich potrzeb, czy posiadanego parku maszynowego.

Omawiana metoda została przetestowana na 14 przykładach o różnym stopniu rozbudowania. Wyniki zostały sprawdzone pod względem charakterystyki: geometrii kształtów, masy modeli, własności wytrzymałościowych oraz bezwładności. Dla 9 z 14 przypadków wyniki były zadowalające. Uśredniona wartość parametru prawdziwie pozytywnej frakcji *PPF* wynosiła dla nich niemal 90%, a masy nadmiarowej m_n 67,1%. W przypadku parametrów tensorów momentów bezwładności aż 8 z 14 modeli nie przekroczyło wartości 44% przyrostu względem bezpośredniego wyniku optymalizacji topologicznej, a średnia wartość z 9 modeli wynosiła 46,3%. W przypadku naprężeń σ ponad połowa modeli, bo 8 z 14 badanych przykładów, ma wartości poniżej 22% przyrostu. Natomiast 12 z 14 sprawdzanych geometrii charakteryzując się spadkiem lub wzrostem przemieszczeń u nieprzekraczającym 14%.

Dla wspomnianych 5 modeli doszło do nagromadzenia się bardzo wysokich wartości zredukowanych naprężeń σ o przyroście powyżej 250% każdy. Z tego właśnie powodu zmodyfikowano te geometrie z wykorzystaniem dostępu do drzewa operacji. Wartość uśrednionego parametru prawdziwie pozytywnej frakcji *PPF* edytowanych modeli urosła, do 86,6% z niecałych 74%, a masę nadmiarową m_n obniżono średnio o niemal 4%. Tensory bezwładności odznaczyły się niewielkim, maksymalnie 8%, wzrostem. Natomiast najistotniejsza w tym przypadku wartość naprężeń σ została znacząco zredukowana do wartości niemal identycznych, jak w bezpośrednich wynikach optymalizacji topologicznej.

Wykorzystanie drzewa operacji pozwoliło na znaczącą poprawę wszystkich wymienionych wyżej parametrów. Udowadnia to istotność obecności drzewa przy procesie przenoszenia wyników optymalizacji topologicznej do środowiska CAD.

Abstract

In this dissertation, a method that allows automation of topology optimization results interpretation was presented. An algorithm was written by usage of Python and Visual Basic .NET programming languages. The developed method is based on Boolean operations, which means sequential removing and adding material in a domain of the recreated model. This process is fully automated.

The discussed algorithm, in the first part, defines the localization of a removed material. Firstly, through holes are defined, then blind holes, and lastly are geometry patterns. Mentioned operations are responsible for removing material from the input solid. For every single hole *extruded cut* CAD operation is used. Currently, two geometry patterns are defined: prism/cylinder and pyramid/cone.

The model recreation in the CAD environment was performed, in the second part, with the help of a macro written to the commercial SolidWorks software. The final geometry is characterized by access to the CAD operation tree, whereby the user is able to efficiently and comfortably modify the transferred topology optimization result. This allows for adjusting a solid geometry for the user's needs, or owned machinery.

The discussed method was benchmarked on the 14 examples with different levels of complexity. The results were tested regarding to a few characteristics: geometry shape, model mass, mechanical properties, and inertial characteristics. For 9 out of 14 cases, the results were satisfying. The average true positive fraction *TPF* parameter, for them, was almost 90%, and excess mass m_e was equal to 67,1%. In the case of the inertia tensor 8 out of 14 models do not exceed 44% growth of the parameter in the comparison to direct topology optimization process result and the average value of 9 cases was equal to 46,3%. However, in the case of the stresses σ more than half of the models, that means 8 out of 14 tested examples, got values below 22%. While 12 out of 14 benchmarked geometries were characterized by a decrease or increase of the compliance C without exceeding a value of 14%.

In the case of the 5 mentioned models, there was an accumulation of very high values of reduced stresses σ with growth above 250% each. Because of that these geometries were modified by using the access to operation tree. The average value of the true positive fraction parameter was raised, to 86,6% from less than 74%, and the exceed value m_e was averagely decreased by at least 4%. Inertia tensors got a small increase about 8%. However, the most important parameter of stresses was drastically reduced to values almost equal to the direct results of topology optimization.

Usage of the operation tree allows for the significant improvement of all of the above mentioned parameters. It is proof of the presence importance of the mentioned tree during the topology optimization results transfer to the CAD system.