
WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

ZESZYTY NAUKOWE
INSTYTUTU AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH WZMACNIANYCH WŁÓKNAMI CIĄGLYMI Z ZASTOSOWANIEM ZAAWANSOWANEGO PROGRAMU GRAFICZNEGO UNIGRAPHICS NX7

Michał Skalski¹, Mateusz Reczek², Sławomir Żółkiewski³

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania, Wydział
Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska,
ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice.

¹michal.skalski85@gmail.com, ²mateusz.reczek@op.pl, ³slawomir.zolkiewski@polsl.pl

Streszczenie: Celem pracy jest przedstawienie metodyki badań wytrzymałościowych materiałów o strukturze kompozytowej. W pracy zawarto opis wykonania analizy wytrzymałościowej modelu kompozytu w programie Unigraphips NX7. Analizę wytrzymałościową przeprowadzono z wykorzystaniem metody elementów skończonych.

1. Wstęp

Kompozyt jest materiałem powstałym z połączenia co najmniej dwóch komponentów, o różnych właściwościach w taki sposób, że ma właściwości nowe lub lepsze niż łączone komponenty użyte osobno. Kompozyt jest materiałem zewnętrznie monolitycznym, jednakże z widocznymi granicami między komponentami. Wśród łączonych ze sobą komponentów wyróżnia się osnowę i zbrojenie.

Materiały kompozytowe znajdują współcześnie zastosowanie między innymi w samolotach, samochodach, sprzęcie kosmicznym, łodziach, jachtach, szybowcach i najwyższej klasy sprzęcie sportowym.

Wybór odpowiednich materiałów do produkcji kompozytów musi uwzględniać przede wszystkim warunki pracy danej konstrukcji, a więc system obciążeń i ich wielkości oraz środowisko pracy danej konstrukcji [1].

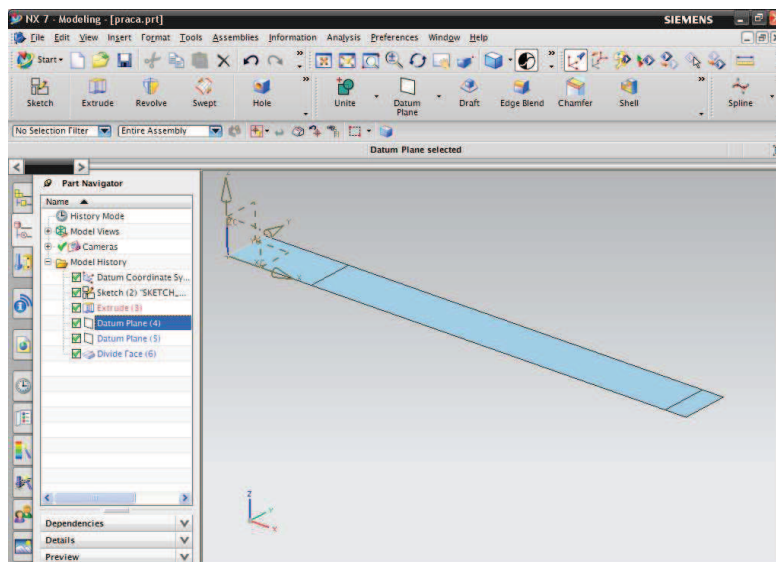
Unigraphics NX 7 to zaawansowany program graficzny, umożliwiający: modelowanie w środowisku trójwymiarowym, wygenerowanie dokumentacji w postaci rysunków technicznych, weryfikację wytrzymałościową oraz symulację wytwarzania produktu.

Moduł *NX Advanced Simulation* to narzędzie, służące do symulacji działania i analizy wytrzymałościowej opracowanych modeli. W module *Advanced Simulation* możliwe jest zamodelowanie materiału o strukturze kompozytowej. Parametry modelowanego laminatu wprowadza się w oknie *Laminate Modeler*. Po określeniu wszystkich parametrów kompozytu można przeprowadzić właściwą analizę wytrzymałościową. Wyniki z przeprowadzonych analiz dostarczane są użytkownikowi poprzez wiele narzędzi do wizualizacji wbudowanych w moduł programowy *Advanced Simulation*.

2. Opracowanie modelu próbki kompozytowej i analiza wytrzymałościowa

Modelowanie elementu kompozytowego w Unigraphics NX7 rozpoczęto od utworzenia nowego modelu w programie.

Za pomocą komendy *Sketch* utworzono linię o długości 40 mm. Po wyjściu z narzędzia *Sketch*, korzystając z komendy *Extrude*, wyciągnięto szkic do długości 400 mm. W ten sposób powstała powierzchnia, na której utworzony zostanie kompozyt.



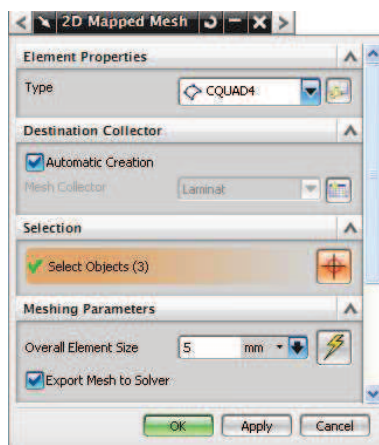
Rys. 1. Model w programie NX7

Stosując narzędzie *Datum Plane* oraz *Divide Face*, utworzono dwie płaszczyzny (w odległości 70 mm oraz 350 mm od krótszej krawędzi próbki), wyznaczające linie podparcia i obciążania kompozytu. Na rys. 1 przedstawiono okno programu NX7 z zamodelowaną powierzchnią pod wykonanie kompozytu.

Następnie przeniesiono model do modułu *Advanced Simulation*. W zakładce *Simulation Navigator* skorzystano z polecenia *New FEM and Simulation*. Określono solver, jako *NX Nastran* oraz rodzaj analizy *Structural*.

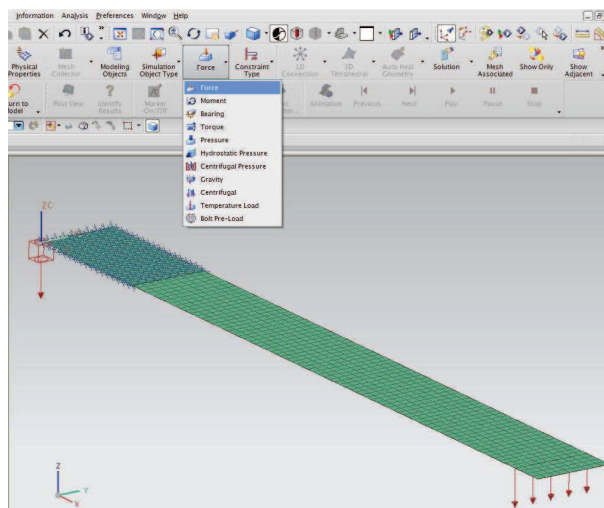
W zakładce *Simulation Navigator*, korzystając z menu podręcznego, wybrano opcje tworzenia siatki elementów skończonych *New Mesh*. Ze względu na to, że kompozyt tworzone na powierzchni użyto opcję *2D* oraz *Mapped*.

Po otwarciu okna, którego widok przedstawiono na rys. 2, określono wielkość elementów skończonych (*Overall Element Size*) oraz w sekcji *Destination Collector* utworzono ustawienia fizyczne kompozytu [2].



Rys. 2. Widok okna 2D Mapped Mesh

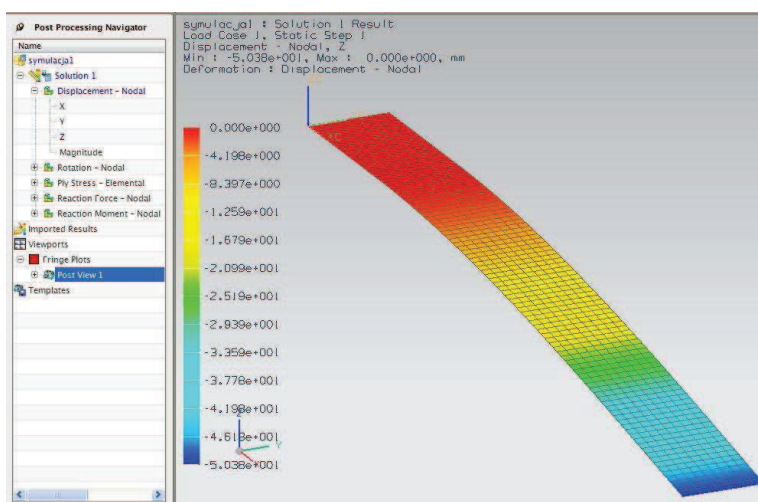
Po określeniu wszystkich parametrów kompozytu przeprowadzono właściwą analizę wytrzymałościową. W celu zasymulowania badań rzeczywistych utwierdzono element poprzez wybór ikony *Constraint Type*, a następnie opcji *Fixed* oraz zaznaczono obszar próbki, do którego ma być zastosowane to narzędzie. Aby zdefiniować siłę grawitacji i obciążenie, wybrano ikonę *Load Type* (rys. 3) oraz opcje *Gravity* oraz *Force*.



Rys. 3. Określenie sił działających na model

Na rys. 3 przedstawiono model z nałożonymi więzami oraz przyłożoną siłą. Postać modelu odwzorowuje model rzeczywisty próbki, poddanej próbom zginania. Zamodelowana próbka kompozytowa składa się z ośmiu warstw tkaniny szklanej o gramaturze 350g/m^2 (splot skośny), przesączonych żywicą epoksydową Epidian 6. Na warstwę wierzchnią kompozytu zastosowano blachę stalową o grubości 0,5 mm.

Do opisanía własności materiałów podczas modelowania w programie Unigraphics NX7 wykorzystano wielkości dostępne w literaturze, które mogą odbiegać od parametrów rzeczywistych. Po określeniu wszystkich sił i wybraniu opcji *Solve* przeprowadzono obliczenia wytrzymałościowe metodą elementów skończonych. Wybór sposobu prezentacji wyników odbywał się w oknie *Post Processing Navigator*. Poprzez zaznaczenie danego rozwiązania w oknie głównym programu generowano widok modelu z rozkładem naprężeń.



Rys. 4. Rozkład wielkości odkształcenia próbki (strzałki ugięcia) przy obciążeniu siłą 5 N

Możliwe jest wygenerowanie między innymi widoku rozkładu odkształceń modelu (*Displacement*), rozkładu naprężeń w wybranej warstwie (*Ply Stress*), działających sił (*Reaction Force*) oraz momentów (*Reaction Moment*). Otrzymane wyniki można przedstawić w każdej z osi układu współrzędnych. Wybór opcji *Imported Results* pozwala na wczytanie zapisanych wcześniej wyników symulacji. Na rys. 4 przedstawiono rozkład odkształceń próbki w osi Z, czyli tak zwanej strzałki ugięcia przy obciążeniu siłą o wartości 5 N. Odczytu wartości odkształcenia w wybranym punkcie pomiarowym dokonuje się za pomocą narzędzia *Identify Results* [3].

3. Podsumowanie

W pracy przedstawiono weryfikację wytrzymałościową kompozytu w zaawansowanym programie Unigraphics NX7. Opracowanie modelu w programie NX7 wymaga znajomości parametrów wytrzymałościowych zastosowanych komponentów do budowy kompozytu.

Ważny jest prawidłowy podział modelu w metodzie elementów skończonych oraz właściwe określenie sił obciążających. Model kompozytu wykonano z wykorzystaniem elementów skończonych typu powierzchniowego kwadratowego w celu odwzorowania struktury tkaniny zbrojącej.

Dokładność uzyskanych wyników jest uzależniona w głównej mierze od znajomości parametrów fizycznych laminatu. Podczas modelowania w programie NX7 wykorzystano parametry dostępne w literaturze, które mogą odbiegać od parametrów rzeczywistych materiałów zastosowanych do budowy kompozytu.

Modelowanie elementów kompozytowych pozwala, już na etapie projektowania konstrukcji, zweryfikować wymagane własności mechaniczne kompozytu oraz przeprowadzić analizę wytrzymałościową projektowanego elementu.

Literatura

1. Dobrzański L.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Warszawa: WNT, 2003
2. Reiner A., Peter B.: Simulationen mit Unigraphics NX 4: kinematik, FEM und CFD. Wien: Carl Hanser Verlag, 2006
3. http://www.plm.automation.siemens.com/pl_pl/Images/8139_tcm801-4362.pdf

STRENGTH ANALYSIS OF COMPOSITE MATERIALS REINFORCED WITH CONTINUOUS FIBERS IN UNIGRAPHICS NX7

Summary: The paper presents a methodology for the strength analysis of composite materials. The paper contains a strength analysis description of the composite model in the Unigraphics NX7 application. Strength analysis was conducted using FEM method.

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH WZMACNIANYCH WŁÓKNAMI CIĄGLYMI Z ZASTOSOWANIEM PROGRAMU GRAFICZNEGO UNIGRAPHICS NX7

MICHAŁ SKALSKI¹, SŁAWOMIR ŻÓLKIEWSKI²

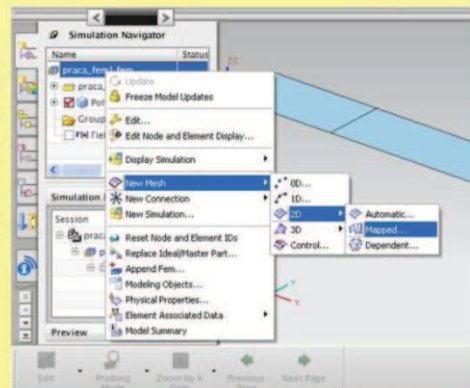
POLITECHNIKA ŚLĄSKA

¹michal.skalski85@gmail.com, ²sławomir.zolkiewski@polsl.pl

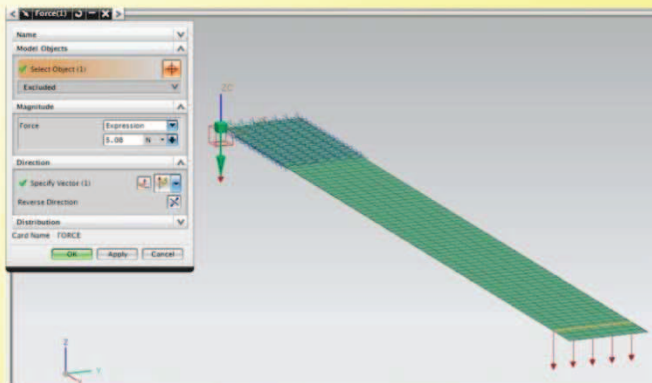
Unigraphics NX 7 to zaawansowany program graficzny umożliwiający modelowanie w środowisku trójwymiarowym, wygenerowanie dokumentacji w postaci rysunków technicznych, weryfikację wytrzymałościową oraz symulację wytwarzania produktu.

Modelowanie elementu kompozytowego należy rozpocząć od utworzenia nowego modelu w programie.

W zakładce *Simulation Navigator* wybrano opcję tworzenia siatki elementów skończonych *New Mesh*. Model jest powierzchnią więc wybrano opcję *2D* oraz *Mapped*.



Wybór sposobu tworzenia siatki elementów skończonych



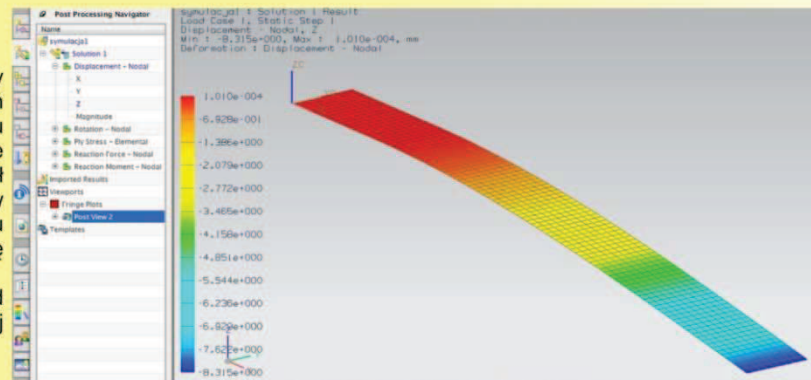
Określenie sił działających na model

Po określeniu parametrów kompozytu można przeprowadzić właściwą analizę wytrzymałościową. W celu zasymulowania badań rzeczywistych należy utwierdzić element poprzez wybór ikony *Constraint Type*, a następnie opcji *Fixed*. Aby zdefiniować siłę grawitacji i obciążenie należy wybrać ikonę *Load Type* oraz opcje *Gravity* i *Force*.

Po określeniu sił i wybraniu opcji *Solve* przeprowadzone zostają obliczenia wytrzymałościowe metodą elementów skończonych.

Możliwe jest wygenerowanie między innymi widoku rozkładu odkształceń modelu (*Displacement*), rozkładu naprężeń w wybranej warstwie (*Ply Stress*), oddziaływujących sił (*Reaction Force*) oraz momentów (*Reaction Moment*). Wyboru sposobu prezentacji wyników dokonuje się w oknie *Post Processing Navigator*.

Na rysunku przedstawiono rozkład odkształceń próbki, czyli tak zwanej strzałki ugięcia.



Rozkład wielkości odkształcenia próbki

Opracowanie modelu w programie NX7 wymaga znajomości parametrów wytrzymałościowych zastosowanych komponentów do budowy kompozytu. W metodzie elementów skończonych istotny jest prawidłowy podział modelu oraz właściwe zadanie sił obciążających.

Literatura:

1. Dobrzański L.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa 2003
2. Reiner A., Peter B.: Simulationen mit Unigraphics NX 4: Kinematik, FEM und CFD. Carl Hanser Verlag, Wien 2006
3. http://www.plm.automation.siemens.com/pl_pl/Images/8139_tcm801-4362.pdf