

Drapowanie w kompozytowych elementach strukturalnych na przykładzie tkanin węglowych

NX & FIBERSIM – projektowanie i wytwarzanie produktów kompozytowych.

Program NX to kompleksowe rozwiązanie CAD/CAM/CAE firmy SIEMENS PLM, które umożliwia również wydajną pracę nad produktami opartymi o kompozyty – służy do tego specjalizowany moduł FIBERSIM.

www.fibersim.pl

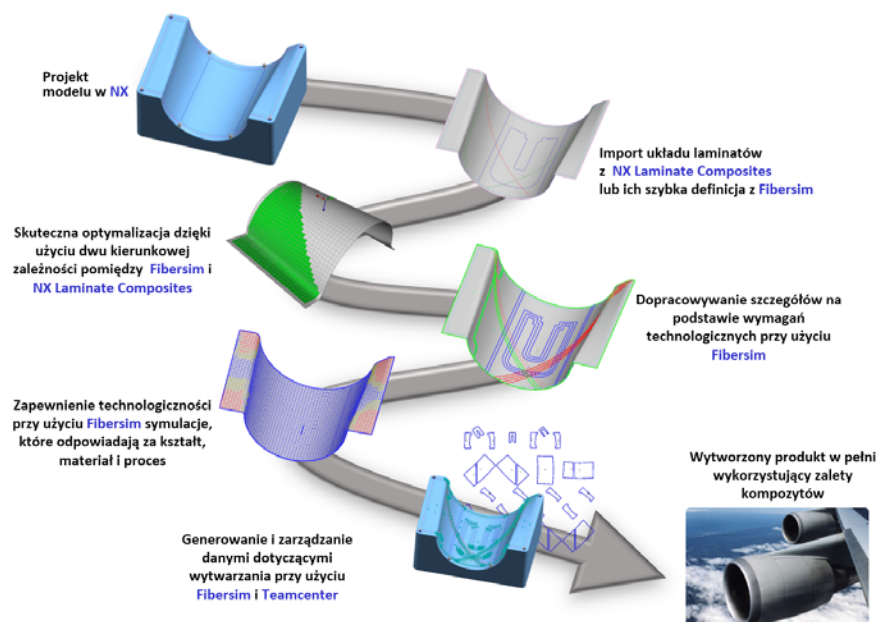
Materiały kompozytowe - wprowadzenie

Kompozytami nazywamy materiały powstałe w wyniku połączenia kilku materiałów. W budowie zawsze można wyodrębnić fazę łączącą, zwaną osnową, lub lepiszczem. Pozostałe materiały w budowie kompozytu stanowią zbrojenie. Materiały kompozytowe klasyfikuje się na kilka sposobów. Jedną z bardziej znanych klasyfikacji uwzględnia podział ze względu na rodzaj wzmocnienia [1]. Podział ten jest następujący:

- Zbrojone włóknami ciętymi
- Zbrojone włóknami ciągłymi
- Zbrojone cząstkami.

Szczególną rolę pełnią kompozyty zbrojone włóknami ciągłymi. Ze względu na właściwości mechaniczne włókien uzyskuje się materiały o bardzo wysokich wartościach własności mechanicznych przy zachowaniu niskiej gęstości materiału. Pozwala to na konstruowanie struktur bardzo wytrzymałych, sztywnych a zarazem lekkich [2].

Bardzo ważnym aspektem podczas procesu projektowania jest przewidzenie wykonalności zaprojektowanej geometrii. Elementy o podwójnej krzywiznie wymagają szczególnego dopracowania. Istnieje wiele problemów związanych z geometriami o krzywiznie dwukierunkowej. Z praktycznego punktu widzenia konieczne jest przewidzenie, w których miejscach należy dokonać cięcia materiału, aby ten był możliwy do ułożenia



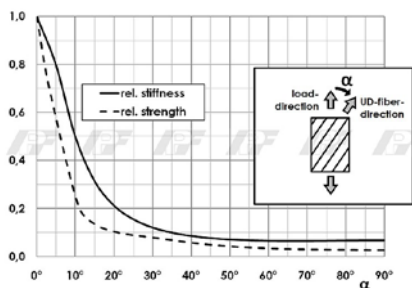
w formie oraz aby uniknąć zagięć materiału. Te aspekty z kolei wpływają na stronę wytrzymałościową konstrukcji. Same cięcia wymuszają realizację tzw. „zakładek”, które ze względów wytrzymałościowych trzeba odpowiednio zaprojektować oraz rozmieścić. Dodatkową trudnością ze strony wytrzymałościowej jest wpływ przekoszenia włókien na dwukierunkowej krzywiznie.

Z fizycznego punktu widzenia nie istnieje możliwość na omawianej krzywiznie ułożenia materiału tak, aby kąt pomiędzy włóknami był taki sam jak w przypadku ułożenia na płasko (lub na krzywiznie jednokierunkowej). Dla przykładu kąt dla tkaniny o splocie twill, gdzie włókna splecione są

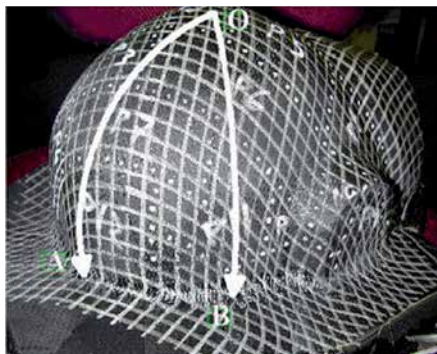
pod kątem 90 stopni, po ułożeniu w formie spowoduje zmniejszenie tego kąta (rysunek 2).

Przekoszenie włókien w materiale wpływa na zmianę sztywności oraz wytrzymałości w laminacie. Z Klasycznej Teorii Laminatów wynika, że przekoszenie o nawet niewielki kąt włókien powoduje znaczny spadek sztywności (rysunek 1).

Proces drapowania podczas fazy projektowania struktur z materiałów kompozytowych pozwala na dokład-



Rysunek 1. Wykres pokazujący zależność właściwość mechanicznych od zmiany kąta włókna [4].



Rysunek 2. Zmniejszenie kąta pomiędzy włóknami na rozciągniętym materiale [3]

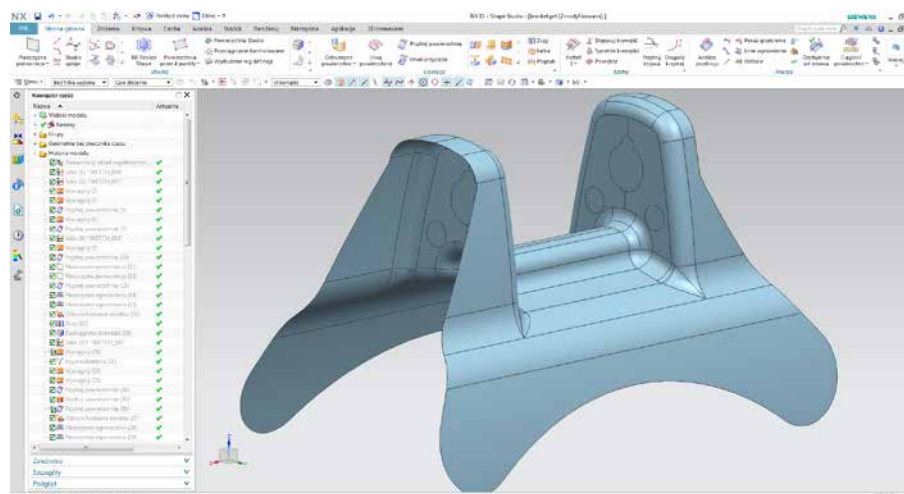


Rysunek 3. Stalowy zawias [5]

ne przewidzenie właściwości mechanicznych z uwzględnieniem możliwości wykonawstwa. Ułatwia także sam proces wykonawczy – pozwalając na generowanie płaskich wykrojów, które zostaną ułożone w skomplikowane geometrycznie elementy w rzeczywistości.

Kompozyty węglowe cieszą się coraz to większą popularnością w konstrukcjach, gdzie pełnią funkcje strukturalne. Wysoki współczynnik sztywności do masy takich części jest bardzo kuszący dla inżynierów do użycia. Jednak na przeszkodzie stoi jeszcze nie wystarczająca wiedza, która nie pozwala czuć się pewnie w użyciu takiego materiału. Dlatego też włókna węglowe używa się jak metalu to znaczy robi się konstrukcje z prostych geometrycznie części (paneli, kształtowników) daje to możliwość testowania takich paneli i bezpośrednio porównywania ich do metalowych odpowiedników. W dużej mierze jest to spowodowane tym, że minimalna komplikacja geometrii wyklucza automatyzację wykonania takiej części i trzeba ją wykonać ręcznie.

Użycie kompozytu pozwala na skorzystanie ze skomplikowanej geometrii, która znacznie poprawia



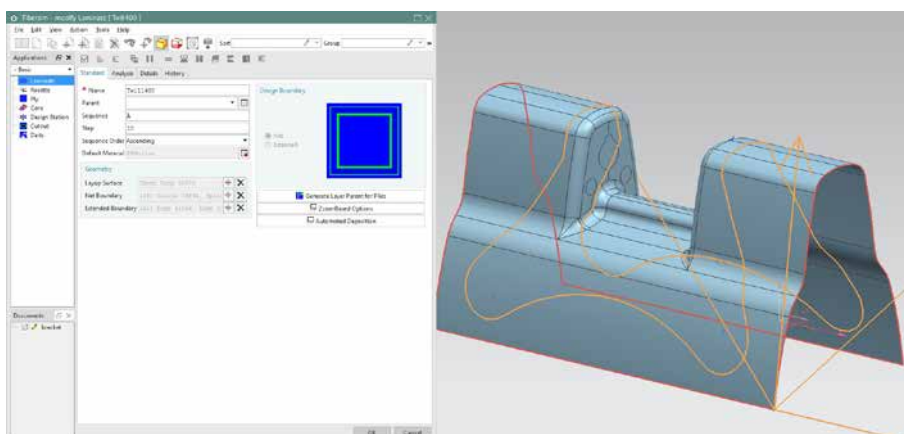
Rysunek 4. Projekt kompozytowego zawiasu w NX CAD

sztywność danego komponentu. Dla wierniejszego odwzorowania takiej części w obliczeniach komputerowych powstały programy wspomagające proces wykonawstwa, które pozwalają na wykonanie całego planu produkcji części przed monitorem. W takim programie jak Fibersim można stworzyć wykroje wszystkich kawałków laminatu, które zostaną wykorzystane do stworzenia danego komponentu.

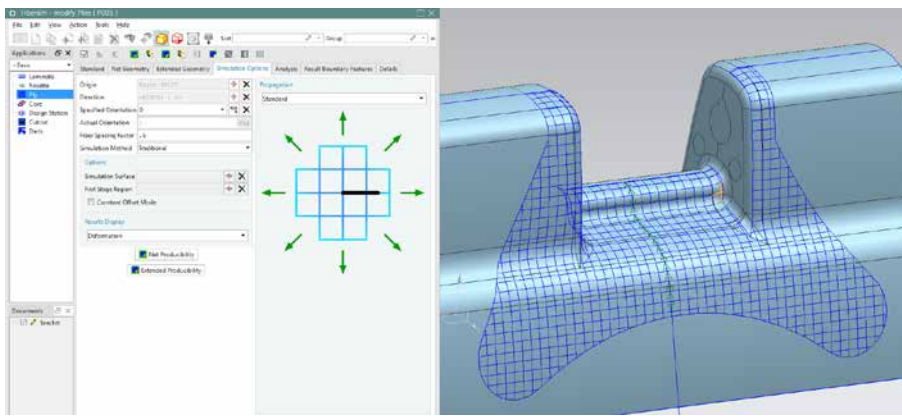
FIBERSIM

Fibersim jest platformą współpracującą z NX (są też wersje pod CATIA i PTC CREO). Pracuje się na modelu formy, czyli tak samo jak w warsztacie. Przy wykonaniu jednej czynności powstają wykroje, które są w obrabianej już części, a szablony z dodatkami technologicznymi do laminowania generują się automatycznie.

Jako przykład wybrany został zawias do masztu wykonywany z pre-pregów węglowych w firmie Urbas Composites. Jego geometria jest zoptymalizowana dla zwiększenia sztywności i wytrzymałości w porównaniu do stalowego odpowiednika, jak widać na zdjęciu. Dzięki temu element kompozytowy jest 450% lżejszy przy zachowaniu parametrów mechanicznych.



Rysunek 5. Wprowadzanie podstawowych wartości do modułu Fibersim



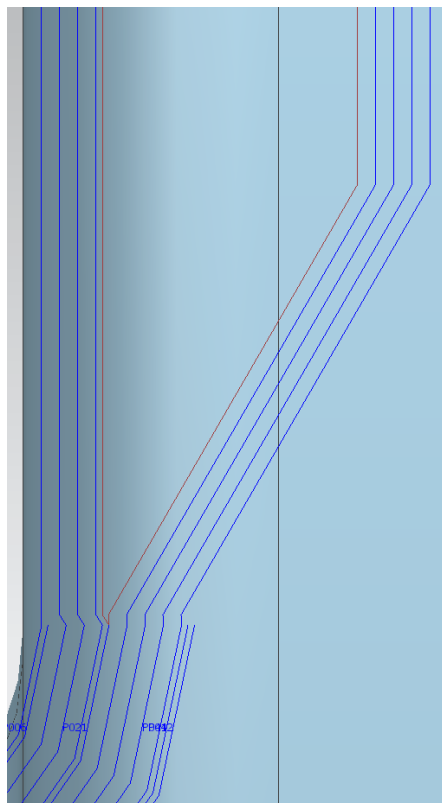
Rysunek 6: Wygenerowana siatka pokazująca miejsca gdzie włókno jest przekoszone

Nakładanie warstw laminatu w FIBERSIM

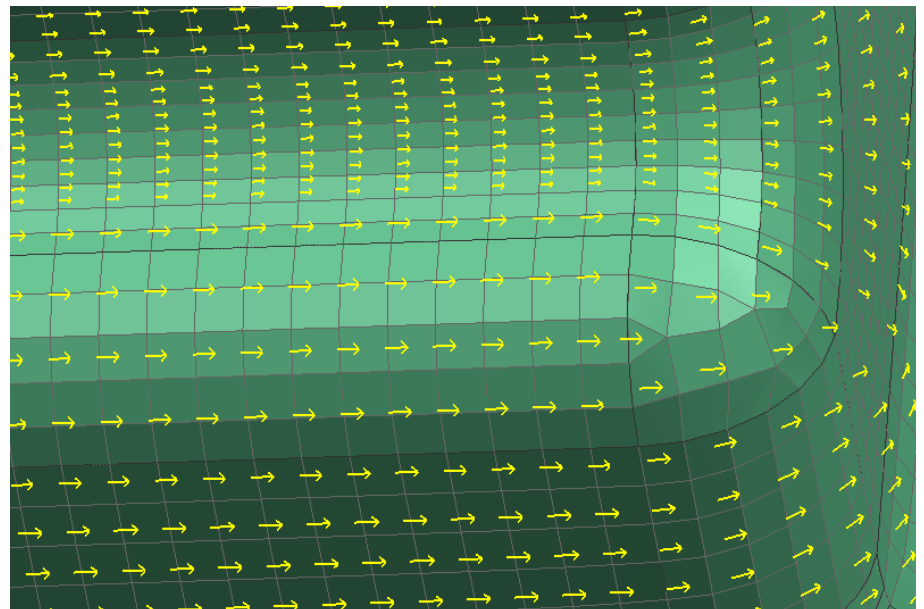
Przed przystąpieniem do nakładania warstw w programie Fibersim definiuje się jednorazowo: powierzchnię formy, obrys elementu, każdy używany materiał (dzięki dużej bazie danych raczej nie trzeba definiować nowych materiałów), obrys krawędzi materiału jeśli występuje on tylko w określonej części elementu, rozetę wskazującą kierunek 0o (dodatkowe opcje pozwalają na dostosowanie się do każdego przypadku). Podczas nadawania kolejnych warstw laminatu wystarczy zdefiniować obrys laminatu już w gotowym pro-

dukcie i punkt rozpoczęcia laminowania. Program automatycznie wyznaczy wykrój, który potrzebny jest aby pokryć równieź część formy, a który po utwardzeniu się laminatu i odformowaniu jest odcinany. Dodatkowo można manipulować sposobem i kierunkiem nakładania płyta materiału, co jest bardzo przydatne przy technologii pre-pregów. Po wygenerowaniu siatki pokazującej technologiczność nałożenia takiej warstwy, jeśli nie jesteśmy zadowoleni z wyników, można wprowadzić nacięcia.

Popularnym sposobem zwiększenia sztywności elementu jest stosowanie kompozytów przekładkowych co również można zasymulować.



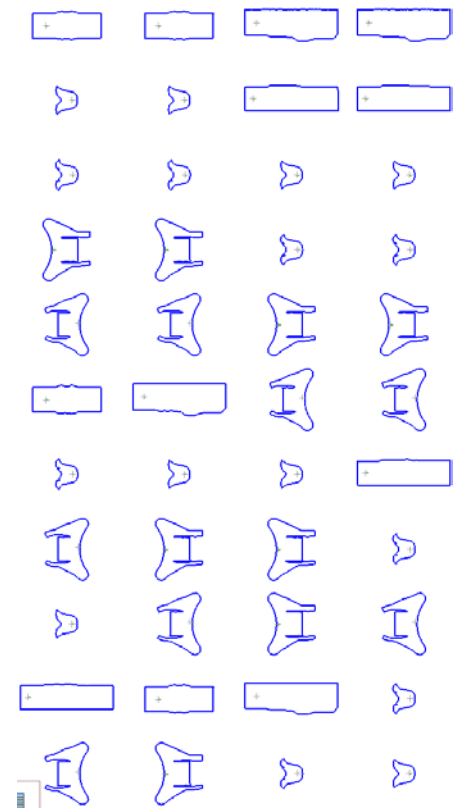
Rysunek 7: Wygenerowany przez Fibersim przekrój warstw uwzględniający rdzeń



Rysunek 9: Pokazane kierunki włókien dla każdego elementu siatki

Obliczenia NX CAE i Wycinanie NX CAM

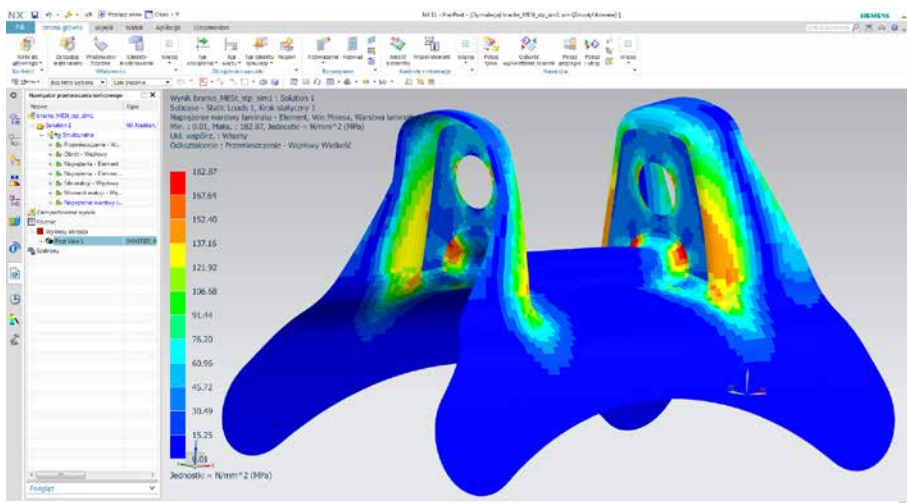
Zatem mając już zamodelowany cały laminat z uwzględnieniem rdzeni, zakładów i deformacji włókien można przekazać nasze efekty pracy: zarówno do warsztatu, gdzie



Rysunek 8: Wygenerowane przez Fibersim wykroje

ploter może wycinać odpowiednie płyty (w NX CAM), a laminator dzięki dokładniejszej dokumentacji technicznej może przystąpić do pracy. Przed tym jednak warto stworzyć plik wsadowy do oprogramowania obliczeniowego – tutaj NX NASTRAN - w celu sprawdzenia wytrzymałości danego

elementu z uwzględnieniem cięć w włóknie i dokładnym ułożeniem kierunków włókna.



Rysunek 10: Przykładowy wynik z obliczeń wytrzymałościowych elementu w NX NASTRAN

W porównaniu do innych krajów w Polsce przemysł kompozytów dopiero zaczyna sięgać po wsparcie inżynieryjne. Istnieją jednak już firmy, które takie wsparcie oferują (np. Torończak Engineering oraz 5Brears Sp. z o.o.) jak i firmy które optymalizują swoje produkty jak i procesy przy takim wsparciu (QRC Carbon Tech Sp. z o.o. i Urbas Composites).

Rozwiązanie NX & Fibersim umożliwia przeprowadzenie kompletnego procesu opracowania produktu kompozytowego. Zapewnia nawet 80% oszczędność czasu przy tworzeniu projektów kompozytów i skraca czas wprowadzania zmian w projekcie nawet o 95% przy jednoczesnym zapewnieniu przestrzeganiu norm i specyfikacji technicznych kompozytu.



Rysunek 11: Zawias doklejony do masztu

Autorzy: Maciej Wnuk, Jakub Torończak

Literatura:

B. Harris, *Engineering Composites Materials*, IOM, 1999

V. Vasiliev, E. Morozov, *Advanced Mechanics of Composites Materials and Structural Elements*, 2013

M. Sutcliffe, *Composites and Textiles Research*, University of Cambridge, 2011

K. Uhlig, *Meso-Scaled Finite Element Analysis of Fiber Reinforced Plastics made by Tailored Fiber Placement*, Composite Structures, 2016

<http://southshoeyachts.com/shop/mast-bracket-cc-32-to-38lf/99999>

CAMdivision Sp. z o.o.
TOP EUROPEAN NX CAM PARTNER
 Park Przemysłowy Źródła-Błonia
 k/Wrocławia Błonia ul. Sosnowa 10,
 55-330 Miękinia
 tel. +48 71 780 30 20
 info@camdivision.pl
 www.camdivision.pl

NX, Parasolid, Solid Edge, Syncrofit, Teamcenter oraz Tecnomatix są znakami towarowymi Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. lub jej filii w Stanach Zjednoczonych i innych krajach. Wszelkie pozostałe logotypy, znaki towarowe, zastrzeżone znaki towarowe lub znaki usług należą odpowiednio do ich właścicieli.