

OD AUTORA

Dynamiczny rozwój nowych technologii powoduje, że współczesny inżynier - konstruktor wciąż otrzymuje do swej dyspozycji nowe materiały, o własnościach najczęściej odbiegających od własności tradycyjnych materiałów konstrukcyjnych, jak metale, beton czy żelbet.

Tradycyjny podział mechaniki i związany z nim system kształcenia przyszłego inżyniera sprawiają, że studenci wydziałów o profilu typowo technologicznym otrzymują w szerokim zakresie wiedzę dotyczącą budowy materiału (bardziej odpowiednie byłoby określenie "mikrobudowy materiału"), jego własności fizycznych i chemicznych, a jednocześnie dysponują skromnymi informacjami na temat zastosowań konstrukcyjnych materiału. Z przeciwną sytuacją mamy do czynienia w przypadku studentów wydziałów o profilu konstrukcyjnym. Ci z kolei wiedzę o materiale zdobywają w ramach przedmiotów tzw. "zawodowych" (technologia betonu, teoria konstrukcji betonowych, teoria konstrukcji stalowych, itp.). Z naturalnych powodów musi ona mieć bardzo ograniczony zakres, gdyż podstawowym obiektem zainteresowania tych przedmiotów jest konstrukcja, a nie materiał, z którego jest ona wykonana. W jeszcze większym stopniu uwaga ta odnosi się do przedmiotu "wytrzymałość materiałów", bowiem wbrew temu co sugeruje nazwa przedmiotu, obiektem jego zainteresowania nie jest materiał, ale stan naprężenia w konstrukcji.

W przypadku materiałów tradycyjnych (metale, beton, żelbet) ten brak spójności wiedzy o materiale i jego zastosowaniu konstrukcyjnym nie powoduje większych konsekwencji, gdyż klasyczna analiza konstrukcji wykonanych z tych materiałów opiera się na założeniu jednorodności i izotropii (choć np. żelbet jest typowym kompozytem o cechach anizotropowych). Dzięki temu możliwe jest uproszczenie opisu materiału, przejawiające się m.in. tym, że do pełnego scharakteryzowania cech mechanicznych materiału wystarcza znajomość dwóch stałych sprężystych (moduł sprężystości "E", współczynnik Poisson'a "ν") oraz charakterystyk wytrzymałościowych (wytrzymałość na rozciąganie, ściskanie, ścinanie). Z praktycznego punktu widzenia ważne jest również to, że wspomniane materiały można skatalogować, w tym sensie, że wystarczy podać np. gatunek stali, aby w katalogu odszukać pełną informację o jej własnościach mechanicznych.

Z całkowicie odmienną sytuacją mamy do czynienia w odniesieniu do materiałów anizotropowych i niejednorodnych, do których należą m.in. kompozyty - materiały coraz powszechniej używane zarówno w zastosowaniach technicznych, jak i codziennych.. W ich przypadku analiza konstrukcji jest nierozłączna od analizy materiału, gdyż charakterystyki materiałowe, a w konsekwencji także stan naprężenia, odkształcenia i przemieszczenia są ściśle związane z budową kompozytu. Można powiedzieć, że każda konstrukcja wymaga indywidualnego zaprojektowania odpowiedniego dla niej kompozytu. Co więcej, "wrodzona" anizotropia kompozytów powoduje, że ilość tak stałych sprężystych, jak i charakterystyk wytrzymałościowych jest znacznie większa niż w materiałach izotropowych. Warto także pamiętać, że zmiana cech czysto geometrycznych kompozytu powoduje zmianę jego cech mechanicznych, a także może prowadzić do pojawienia się dodatkowych charakterystyk. To, jak również nieograniczone możliwości kształtowania budowy kompozytu, sprawiają, że jakiegokolwiek skatalogowanie kompozytów jest praktycznie niewykonalne. Każdy kompozyt wymaga indywidualnej analizy, której zasadniczą częścią jest określenie jego cech sprężystych i wytrzymałościowych. Konieczna jest do tego znajomość podstaw mechaniki kompozytów, którą inżynier powinien uzyskać już w trakcie studiów politechnicznych, w ramach odrębnego wykładu "Mechanika Kompozytów" lub też w ramach przedmiotu "Wytrzymałość Materiałów". Nasuwa się tu dygresja, że paradoksalnie, właśnie w odniesieniu do materiałów

kompozytowych - całkowicie pomijanych w tradycyjnym ujęciu wytrzymałości materiałów - nazwa przedmiotu jest w pełni adekwatna do treści merytorycznej.

Mechanika kompozytów jest w tej chwili bardzo obszerną gałęzią mechaniki, obejmującą szeroki wachlarz zagadnień, z których za najważniejsze należy uznać następujące:

- ◆ makroskopową mechanikę kompozytów (opis matematyczny kompozytów),
- ◆ mikroskopową mechanikę kompozytów (opis matematyczny mikrostruktury kompozytu),
- ◆ fizykę i chemię kompozytów (dobór i badanie własności matryc i wypełnień (włókna długie, włókna drobno pocięte, mikrocząsteczki metaliczne i in.),
- ◆ technologię produkcji kompozytów,
- ◆ mechanikę konstrukcji kompozytowych.

Niniejszy skrypt nie ma ambicji przedstawienia wszystkich, czy nawet większości tych zagadnień, gdyż przerasta to możliwości i kompetencje autora (dla informacji czytelnika - najbardziej obszerna monografia tematu *Delaware Composites Design Encyclopedia* liczy 6 tomów autorstwa 17 najwybitniejszych ekspertów w tej dziedzinie). Tematykę skryptu stanowią głównie dwa pierwsze z wymienionych powyżej zagadnień, przy czym większość rozważań dotyczy kompozytów laminatowych (warstwowych), zbudowanych na bazie żywic zbrojonych włóknami. Dodatkowo ograniczono się do kompozytów o symetrii ortotropowej. Warto jednak dodać, że z praktycznego punktu widzenia jest to najważniejsza, gdyż najczęściej stosowana klasa kompozytów.

Podstawowymi motywami, które skłoniły autora do napisania tego skryptu były: jego głębokie przekonanie o konieczności poszerzenia wiedzy studentów o podstawy mechaniki kompozytów, brak odpowiedniej literatury polskojęzycznej, a także chęć autora uporządkowania notatek czynionych od 1991 roku w trakcie jego studiów nad kompozytami i udostępnienia ich w formie skryptu studentom., Przy opracowaniu tego skryptu autor oparł się na podstawowych podręcznikach mechaniki kompozytów - Jones, R. *Mechanics of Composite Materials*, Tsai, S. W. i H. T. Hahn *Introduction to Composite Materials*, częściowo wykorzystano również *Delaware Composites Design Encyclopedia*.

Niniejszy skrypt stanowi zarys wykładu z mechaniki kompozytów, prowadzonego na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej po raz pierwszy w roku akademickim 1994/95, na specjalności Mechanika Komputerowa. Jestem głęboko przekonany, że w niedalekiej przyszłości mechanika kompozytów włączona będzie do programu studiów także na innych specjalnościach, jeżeli nie jako oddzielny przedmiot, to z pewnością jako integralna część podstawowego wykładu z przedmiotu "Wytrzymałość Materiałów", prowadzonego na tym Wydziale. W pewnym stopniu, choć ze względów czasowych – w bardzo ograniczonym, ma to miejsce już obecnie.

Jakkolwiek skrypt jest przeznaczony dla studentów, to zdaniem autora może on być przydatny także dla innych osób, które w swej praktyce zetkną się z kompozytami, a nie dysponują odpowiednią wiedzą na ich temat, bowiem jego zawartość pozwala na podjęcie samodzielnych studiów nad kompozytami.

Powstanie tego skryptu nie byłoby możliwe, gdyby nie ustawiczne dążenie większości moich Kolegów - pracowników Katedry Wytrzymałości Materiałów - do doskonalenia metod nauczania przedmiotu "Wytrzymałość Materiałów", szczególnie intensywne w ostatnich kilku latach. Przejawem tego jest szerokie wykorzystanie komputerów w dydaktyce, stwarzające możliwość podejmowania przez studentów zadań wykraczających poza tradycyjne zagadnienia wytrzymałości materiałów np. problemu anizotropii. Równie ważnym objawem, świadczącym o tej twórczej aktywności pracowników Katedry jest powstawanie skryptów dydaktycznych, by wspomnieć o *Wytrzymałości Materiałów* autorstwa Profesora Stefana Piechnika, *Teorii Prętów Cienkościennych* (dwie części) tego samego autora, czy *Reologii Ciał Stałych* Profesora Marcina Chrzanowskiego. Mam nadzieję, że niniejszy skrypt będzie stanowił kontynuację tego cyklu wydawniczego, którego celem jest stworzenie mini-encyklopedii wiedzy dotyczącej wytrzymałości materiałów, którą absolwenci politechniki będą mogli wykorzystać w przyszłej praktyce inżynierskiej.