

Powłoki stanowi jeden z najczęściej spotykanych elementów konstrukcyjnych w naturze, czego przykładami są np. ciany naczy krwionośnych czy kości czaszki. Są także szeroko stosowane w licznych konstrukcjach inżynierskich, jak na przykład w budowie tuneli, zbiorników, chłodni kominowych czy karoserii samochodów. O ich wytrzymałości decyduje głównie struktura i geometria konstrukcji, ale w dużej mierze także właściwości materiału, z którego są wykonane. Wobec tak szerokiego spektrum występowania i zastosowań powłok materiały te podlegają różnorodnym oddziaływaniom. Postępujący rozwój technologiczny, a wraz z nim coraz szersze zastosowanie elementów powłokowych w nowoczesnych rozwiązaniach techniki, wymusiły zatem postęp w dziedzinie wytwarzania materiałów. W ten sposób doszło m.in. do rozwoju wielowarstwowych laminatów i struktur kompozytowych oraz materiałów o funkcyjnej zmienności parametrów (ang. Functionally Graded Materials, FGM), będących przedmiotem analizy planowanego projektu.

Powłoki z laminatów kompozytowych, początkowo stosowane głównie w aeronautyce, znajdują coraz powszechniejsze zastosowanie w wielu innych dziedzinach, m.in. w przemyśle lotniczym, okrętowym, w produkcji sprzętów sportowych i codziennego użytku, czy wreszcie w budowie wielkogabarytowych konstrukcji budowlanych. Materiały o funkcyjnej zmienności parametrów z kolei stanowią nowatorską alternatywę dla laminatów, które charakteryzuje niekorzystna skokowa zmienność właściwości, a stał się ich rozwarstwienie. Początkowo, w latach 80-tych XX w., zaproponowano zastosowanie metalowo-ceramicznych powłok FGM w przemyśle kosmicznym, np. w płaszczach statków kosmicznych. Uzyskano w ten sposób dużą wytrzymałość mechaniczną oraz odporność na działanie wysokich temperatur. Obecnie jako komponenty materiałów gradientowych stosowana jest szeroka baza materiałów: metali (np.: cynk, magnez, aluminium, tytan, miedź) oraz ceramiki (np.: cyrkon, węglik krzemu).

Materiały typu FGM stosuje się w produkcji części maszyn, w przemyśle biomedycznym do produkcji implantów, ponadto do wytwarzania sensorów, wiatłowodów, elementów pancerzy ochronnych. Możliwość zastosowania kompozytów warstwowych czy FGM staje się zatem dziś coraz mniej ograniczona, a ich aplikacje stanowią często o innowacyjności części, które z nich wykonano. W sposób naturalny pojawia się więc istotna potrzeba formułowania odpowiednich modeli obliczeniowych konstrukcji powłokowych wykonanych z tych materiałów.

W tym projekcie planowane jest sformułowanie równań konstytutywnych oraz opracowanie odpowiednich narzędzi obliczeniowych do nieliniowej analizy powłok wykonanych z laminatów kompozytowych i powłok z materiału FGM. Aktualnym i kluczowym problemem w mechanice laminatów jest analiza stanu wytęgnięcia. Zjawiskiem tym związane są dwa możliwe poziomy zniszczenia laminatu. Pierwszy z nich występuje w konstrukcji z momentem inicjacji zniszczenia (ang. First Ply Failure, FPF). W drugim zakłada się, że nie ulega wyczerpaniu w momencie zniszczenia wszystkich warstw w pewnym przekroju (ang. Last Ply Failure, LPF). Wybór analizy zależy od rozważanej sytuacji. Na przykład, w projektowaniu konstrukcji budowlanych nie można dopuścić do niekontrolowanego postępu zniszczenia. Z drugiej strony, analizowanie i obserwacja zniszczenia do momentu całkowitego zdegradowania materiału są podstawą formułowania nowych teorii czy praktycznych zasad projektowania.

W projekcie planowane jest opracowanie modelu numerycznego pozwalającego na określenie nośności laminatów w ujęciu FPF i LPF. O oryginalności proponowanego podejścia decyduje zastosowana tu 6-parametrowa teoria powłok, w której stan naprężenia i odkształcenia oraz opis przemieszczenia i obrotów punktu powierzchni podstawowej są bogatsze w porównaniu ze znanymi z klasycznej mechaniki powłok. Przy tym bowiem model materiału uwzględnia mikrostrukturę, co czyni planowany projekt badawczy oryginalnym w skali światowej. Zakres przemieszczenia i obrotów nie jest zatem ograniczony od strony formalnej teorii powłok.

Modele obliczeniowe formułowane będą w ramach Metody Elementów Skończonych (MES), która obecnie jest głównym narzędziem obliczeniowym inżyniera konstruktora. Obszar jej stosowania rozciąga się między innymi na zagadnienia inżynierii lądowej, mechaniki płynów, lotnictwa, ale także na zagadnienia związane z oddziaływaniami magnetycznymi, rozkładem temperatury itp. W istocie trudno znaleźć dziedzinę działalności inżynierskiej, w której MES nie widziałby sukcesów zastosowania.

W projekcie podjęte zostanie zadanie opracowania, w ramach przyjętej 6-parametrowej teorii powłok, 4-wzłowego powłokowego elementu, który pozwoli na efektywne i szybkie i dokładne obliczenia oraz skróci czas niezbędny do przeprowadzenia obliczeń. Obecnie komercyjne programy MES mają w swoich bibliotekach 4-wzłowe elementy powłokowe jako elementy zalecane do stosowania w szerokiej klasie problemów badawczych. Poszukiwanie zatem wydajnego elementu, o szerokim spektrum zastosowań i jak najmniejszej liczbie ograniczeń, jest zagadnieniem praktycznym i wciąż aktualnym. Pozostając w zakresie efektywnej symulacji MES, zamierzamy także znacząco poprawić stosując nowoczesne procedury równoleglenia obliczeń wykorzystując wieloprocesorowo współczesnych komputerów, co także jest aktualnym problemem badawczym w skali światowej.