
WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Michał MAJZNER*, Andrzej BAIER

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

*michal.majzner@polsl.pl

ZASTOSOWANIE METODY OBIEKTÓW ELEMENTARNYCH W MODELOWANIU KOMPOZYTOWYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Streszczenie: Obiekt elementarny jest jednostką, która przechowuje dane, nawiązuje wymianę komunikatów poprzez sieć, wykonuje pewne usługi, a co za tym idzie, realizuje w ten sposób ogólne założenia systemu. Biorąc pod uwagę zagadnienie modelowania z zastosowaniem obiektów zorientowanych graficznie, Feature Modeling, definiuje się je, jako obiekty 3D lub 2D o określonych cechach. W pracy podjęto próbę zdefiniowania obiektów elementarnych w odniesieniu do zagadnienia projektowania kompozytowych elementów konstrukcyjnych zbudowanych na bazie kompozytów włóknistych w osnowie żywic polimerowych. Wyszczególniono następujące postacie obiektów elementarnych: materiałowe obiekty elementarne (MOE), kompozytowe obiekty elementarne (COE), laminatowe obiekty elementarne (LOE), technologiczne obiekty elementarne (TOE) wytwarzania kompozytów. Proces projektowo konstrukcyjny z zastosowaniem wcześniej zdefiniowanych obiektów został przedstawiony w postaci schematu blokowego z wyszczególnionymi etapami oraz układem relacji pomiędzy nimi. W artykule przedstawiono także zagadnienia wieloskalowego oraz wielopoziomowego projektowania oraz analizy komputerowej kompozytowych elementów konstrukcyjnych. Jako przykład użycia metody obiektów elementarnych przedstawiono proces modelowania kompozytów włóknistych, z zastosowaniem oprogramowania NX7.5.

1. Wstęp

Ewolucja systemów do komputerowego wspomaganie projektowania klasy CAx podyktowana jest rozwojem technologicznym dzisiejszych czasów. Decydujący wpływ ma rozwój systemów na rynek zbytu. Zmniejszenie czasu projektowo-konstrukcyjnego i zarządzanie cyklem życia obecnie już istniejących oraz wprowadzenie nowych modeli produktów na rynek w jak najkrótszym czasie to obecnie priorytet. Nowoczesne systemy CAx posiadają budowę modułową i są zorientowane na potrzeby działów projektowo-konstrukcyjno-wytwórczego, dostosowujące narzędzia do ich bezpośrednich potrzeb. Od kilku lat obserwowany jest trend do zastosowania metod zorientowanych obiektowo (Feature Modeling) na zagadnienie projektowania. Dotychczas powszechnie stosowane było

modelowanie z zastosowaniem obiektów zorientowanych graficznie (Feature Based Modeling). Obiekty takie są definiowane jako obiekty 3D o zorientowanych cechach konstrukcyjnych[1,2,3,4,5,6].

W prowadzonych badaniach proponuje się usystematyzowane i sformalizowane obiekty elementarnych w kontekście modelowania oraz wytwarzania elementów obiektów konstrukcyjnych utworzonych na bazie kompozytów włóknistych.

Modelowanie wieloskalowe jest metodą, która umożliwia opisywanie zachowania systemu (zachowania materiałów) w wielu skalach, integrując modele, informacje i właściwości na jednym poziomie z modelami, informacjami i właściwościami z różnych poziomów. Poprzez połączenie metody obiektów elementarnych oraz wieloskalowego modelowania możliwa będzie predykcja własności materiałowych kompozytu, rozpoczynając od komponentów, z których został zbudowany, poprzez elementarną warstwę, aż do ostatecznej struktury warstwowej.

Usystematyzowanie wiedzy w kontekście procesów komputerowego projektowania i konstruowania elementów konstrukcyjnych utworzonych na bazie materiałów kompozytów, umożliwi: łatwiejszą, szybszą, bardziej precyzyjną implementację materiałów kompozytowych. W budowie nowych oraz w naprawie uszkodzonych elementów obiektów konstrukcyjnych te obszary są szczególnie uprzywilejowane. Opisując jednocześnie proces technologii wytwarzania elementu konstrukcyjnego, na podstawie wcześniej utworzonej receptury.

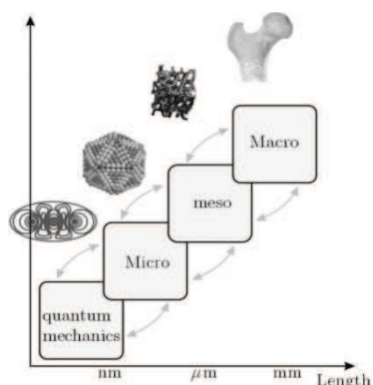
2. Wieloskalowe modelowanie kompozytów

Przez kompozyt rozumie się materiał utworzony z co najmniej dwóch składników (faz lub komponentów) wyraźnie odróżniających się od siebie pod względem własności materiałowych, wytrzymałościowych i fizycznych, które w połączeniu tworzą nowy materiał zewnętrznie monolityczny o wyraźnie widocznych granicach pomiędzy nimi, przy czym własności materiałowe, wytrzymałościowe i fizyczne w nowej formie uległy zmianie. [8]

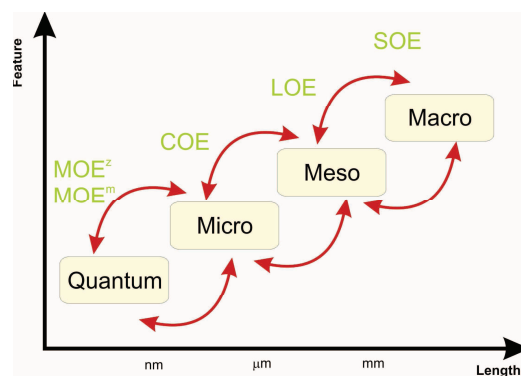
W literaturze [9] wieloskalowe modelowanie jest zastosowane do obliczania właściwości materiału lub zachowanie systemu na jednym poziomie z wykorzystaniem informacji lub modeli i właściwości z różnych poziomów. Wyróżnia się następujące poziomy:

- poziom modeli mechaniki kwantowej (informacje o zjawiskach zachodzących między elektronami);
- poziom mikromodeli (informacje na temat zjawisk zachodzących między atomami)
- mezoskala (nanoskala) - (informacje na temat zjawisk zachodzących na poziomie molekularnym, grupie atomów);
- modele poziomu makro (informacje o zjawiskach zachodzących w strukturalnym obiekcie).

Modelowanie wieloskalowe jest szczególnie istotne w obliczeniach zintegrowanych w inżynierii materiałowej, ponieważ pozwala przewidywać zachowanie właściwości materiału lub system. System ten zawierał w sobie wiedzę atomistycznej struktury i właściwości procesów elementarnych (rys. 1).



Rys. 1. Wieloskalowe modelowanie tkanki kostnej[9]
Fig. 1. Multiscale modeling of osseous tissues [9]



Rys.2. Wieloskalowe modelowanie kompozytów
Fig. 2. Multiscale modeling of composites

W odniesieniu do projektowania materiałów kompozytowych podjęto próbę zdefiniowania metody wieloskalowego modelowania (rys. 2.). Poziom kwantowy jest definiowany jako podstawowa jednostka materiału kompozytowego, której elementy występują jako dwie oddzielne fazy. Materiał matrycy i wzmocnienia funkcjonują na tym poziomie oddzielnie. Na poziomie mikro tworzony jest obiekt typu COE będący połączeniem MOE, z uwzględnieniem konstrukcyjnego obiektu elementarnego opisującego grubość elementarnej warstwy. W procesie łączenia poszczególnych warstw COE na poziomie mezo (nano) staje się obiektem typu LOE. Po dodaniu obiektów elementarnych definiujących postać strukturalną tworzony jest obiekt typu SOE na poziomie makro.

Podstawowa jednostka została nazwana materiałowym obiektem elementarnym, określanym jako zbiór elementarnych obiektów informacyjnych, posiadających informacje dotyczącą parametrów materiałowych takich jak:

- moduł Younga,
- moduł Kirchoffa,
- liczba Poissona,
- gęstość,
- ciężar właściwy,
- itd.

Postać takiego obiektu została zdefiniowana w następujący sposób:

$$MOE = \langle \text{nazwa}, \text{wartość} \rangle \quad (1)$$

gdzie:

Nazwa – informacja definiująca dany materiał (rodzaj parametru materiałowego),

Wartość – wartość wielkości parametru materiałowego.

Obiekty typu MOE zostały zebrane w bazie danych materiałowych obiektów elementarnych. W bazie danych już wcześniej zdefiniowano kategorie określające rodzaj materiału, wyróżniono:

- metal,
- tworzywo,
- inne.

W celu precyzyjnego wyróżnienia materiałów używanych do budowy kompozytów warstwowych utworzono dwie dodatkowe kategorie:

- zbrojenie – wzmocnienie, obiekt przenoszący obciążenia w kompozycie;
- matryca – wypełnienie, obiekt pełniący funkcję spoiwa, przenoszący obciążenie na zbrojenie.

Wprowadzono następujące oznaczenia w odniesieniu do komponentów (faz) składowych kompozytu:

- materiałowy obiekt elementarny – zbrojenie, pełniący charakter wzmocnienia oraz przenoszący główne obciążenie, jako:

$$MOE^Z = \langle nazwa, wartość \rangle \quad (2)$$

gdzie:

Nazwa – informacja definiująca dany materiał (rodzaj parametru materiałowego),

Wartość – wartość wielkości parametru materiałowego.

- Materiałowy obiekt elementarny – matryca, czyli wypełnienie zapewnia spójność systemu oraz przenosi obciążenie na zbrojenie, jako:

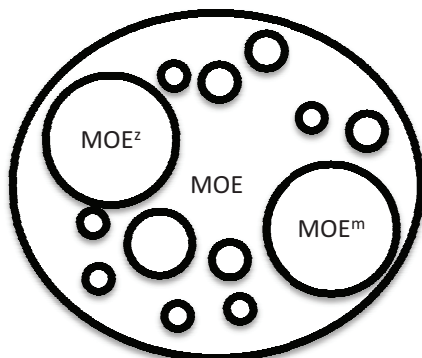
$$MOE^M = \langle nazwa, wartość \rangle \quad (3)$$

gdzie,

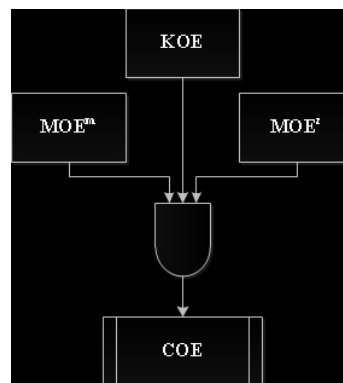
Nazwa – informacja definiująca dany materiał (rodzaj parametru materiałowego);

Wartość – wartość wielkości parametru materiałowego.

Relację pomiędzy tymi zbiorami obrazuje rys. 3.



Rys.3. Zbiór i podzbiór MOE
Fig.3. Set and subset of MOE



Rys. 4. Obiekty typu COE
Fig.4. Object type COE

Korzystając z wcześniej zdefiniowanego złożonego obiektu elementarnego, buduje się obiekt typu kompozytowego obiektu elementarnego. Jest to zbiór określający relacje, w jakich pozostają obiekty proste typu MOE (rys.4.).

Sposób zapisu obiektu został zdefiniowany w następujący sposób:

$$COE = MOE^Z + MOE^M + KOE \quad (4)$$

gdzie:

KOE – konstrukcyjny obiekt elementarny określający grubość elementarnej warstwy kompozytu warstwowego.

Na kolejnym poziomie złożoności obiektów elementarnych w odniesieniu do projektowania materiałów kompozytowych, wyróżniono obiekt typu LOE – laminatowy

obiekt elementarny, będący zbiorem elementarnych, podstawowych obiektów typu COE, określany jako:

$$LOE = \sum_n COE + TOE + ZOE \quad (5)$$

gdzie:

LOE – laminatowy obiekt elementarny;

COE – kompozytowy obiekt elementarny – liczba warstw, przy czym $n \in N$;

TOE – technologiczny obiekt elementarny – określający technologię wytwarzania laminatu;

ZOE – złożeniowy obiekt elementarny – definiujący rodzaj relacji sprzężeń i przekształceń pomiędzy COE.

Definiowane wcześniej obiekty nie posiadały relacji z geometrią obiektu, na którego powierzchni został utworzony kompozyt. Tworząc złożony obiekt elementarny, nazwany strukturalnym obiektem elementarnym, którego zapis jest następujący:

$$SOE = (LOE + KOE + \dots + FOE) \quad (6)$$

SOE reprezentuje na tym etapie element obiektu konstrukcyjnego, który zawiera informacje dotyczące zapisu konstrukcji, technologii wytwarzania, funkcjonalności, relacji z pozostałymi obiektami, składającymi się na przyszły wytwór.

3. Wnioski

Problematyka stosowanie materiałów kompozytowych jest obecnie przedmiotem badań w Instytucie Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania, w realizowanym projekcie badawczo-rozwojowym pt. „Badania i analiza właściwości oraz określenie warunków kształtowania cech geometrycznych i materiałowych podzespołów i zespołów, niezbędnych do innowacyjnej konstrukcji wagonów towarowych”. W projekcie zastosowano metodę obiektów elementarnych, z uwzględnieniem badań prototypowych elementów obiektów konstrukcyjnych kompozytowych, ukierunkowanych na nowoczesne projektowanie wybranych elementów wagonów kolejowych. Wnioski cząstkowe w pełni potwierdzają kierunek prowadzonych badań. Dalszy zakres badań został podzielony na kilka kluczowych etapów:

- opracowanie bazy danych materiałowych obiektów elementarnych na podstawie badań doświadczalnych (wyznaczenie stałych materiałowych) wybranych materiałów;
- badanie w zakresie optymalizacji doboru komponentów do budowy elementów obiektów konstrukcyjnych kompozytowych z uwzględnieniem technologii wytwarzania;
- badanie skuteczności ujednoczonego algorytmu projektowania kompozytów;
- próby technologiczne wytwarzania kompozytów na podstawie wcześniej zaproponowanych receptur;
- badanie techniczne uzyskanych prototypów materiałów w postaci wybranych obiektów geometrycznych;
- opracowanie bazy danych wytycznych projektowo-konstrukcyjnych i wytwórczych do wdrożenia technologii w skali przemysłowej.

Literatura

1. Baier A.: Komputerowo zintegrowane konstruowanie i wytwarzanie obrotowych elementów maszyn. Praca doktorska. Gliwice: Pol. Śl., 1997.
2. Baier A.: Metoda integracji procesów konstruowania i wytwarzania funkcjonalnych zespołów maszyn z zastosowaniem złożonych obiektów elementarnych, Rozprawa habilitacyjna. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2006.
3. Herbuś K.: Realizacja wybranych funkcji mechanizmów za pomocą obiektów elementarnych. Rozprawa doktorska. Gliwice: Pol. Śl., 2006.
4. Herbuś K., Świder J.: Zastosowanie funkcyjnych obiektów elementarnych do wspomaganie modelowania maszyn zorientowanego na analizę ruchu, Monografia, Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2006.
5. Monica Z.: Integracja zapisu konstrukcji i technologii wybranej grupy korpusów metodą obiektów elementarnych, Gliwice, Praca doktorska, Politechnika Śląska, 2002.
6. Chwastyk P.: Komputerowe wspomaganie procesów przygotowania produkcji w oparciu o metodę obiektów elementarnych na przykładzie procesów wytwarzania armatury przemysłowej, Praca doktorska. Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, 2006.
7. Yourdon E., Argila C.: Analiza obiektowa i projektowanie, przykłady zastosowań, Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1999.
8. Hyla I., Śleziona J.: Kompozyty elementy mechaniki i projektowania. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2004.
9. Burczyński T., Kuś W., Brodacka A.: Multiscale modeling of osseous tissues. "Journal of theoretical and applied mechanics" 48, Vol. 4, Warszawa 2010, p. 855-870.

APPLICATION OF THE ELEMENTARY OBJECT METHOD IN MODELING OF COMPOSITE STRUCTURAL ELEMENTS

Summary: Elementary object is an entity that stores data, links a network of messaging services, and performs some general assumptions using the system. Taking into account the subject matter of modeling with the use of graphically-oriented objects, Feature Modeling, we defined them as 3D objects or 2D objects with specific characteristics. This paper attempts to define the primitives with respect to the issue of design of composite components built on fibrous composites in the matrix polymer resins. The relevant figures of features: material feature (MOE), composite feature (COE), laminar feature (LOE), technological feature (TOE) were specified. Design-construction process using pre-defined objects was presented in the form of a flowchart, detailing the steps and the system relationships between them. The paper also presents the issues of multiscale and multi-level design and computer analysis of composite structural elements. As an example of using of features method, fibrous composites process modeling with using software NX7.5 was shown.