

Michał ORACZ, Zakład Mechaniki, Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, Politechnika Warszawska, Warszawa

OGRANICZENIE WYGINANIA PŁYTKI IPMC NA KIERUNKU PROSTOPADŁYM DO PŁASZCZYZNY ZGINANIA

Streszczenie. Jednym z problemów w sterowaniu płytką z IPMC jest jej wyginanie na kierunku prostopadłym do płaszczyzny zginania. W tym celu przeprowadzone zostały symulacje MESowe z różnymi typami uźebrowania.

1. WSTĘP

Płytką z IPMC tzw. „sztuczny mięsień” ma bardzo ważną cechę, która daje nowe możliwości w projektowaniu urządzeń jako tzw. „inteligentnemu materiałowi”. Potrafi przy stosunkowo niewielkim napięciu znacząco zmieniać kształt. Ta cecha stanowi jednocześnie duży problem w jej sterowaniu, ponieważ zginanie następuje jednocześnie w dwóch płaszczyznach.

Ponieważ długość płytki jest dużo większa niż jej szerokość zazwyczaj mówimy tylko o jednej płaszczyźnie zginania. Istnieje jednak niewielkie wygięcie na kierunku prostopadłym do głównej płaszczyzny zginania. Podczas projektowania mikromanipulatora zależy nam na poprawnym prowadzeniu jego końcówki, które stanowi uchwyt potencjalnego narzędzia. Dlatego też musimy umieć przeciwdziałać niepożądanym efektom lub je wcześniej przewidzieć.

Przeprowadzone symulacje pokazują zachowanie się płytki przy różnych typach uźebrowania oraz wskazują najkorzystniejszą konfigurację.

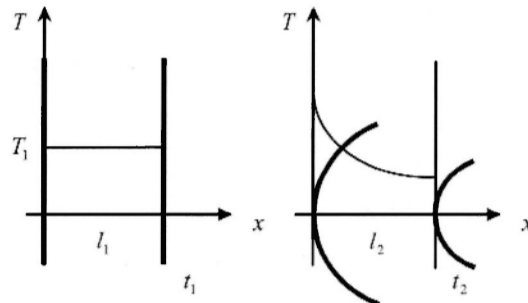
2. KOMPOZYT POLIELEKTROLITU I METALU IPMC (IONIC POLIMER – METAL COMPOSITE)

2.1. Budowa

Kompozycja polimerów przewodzących jonowo i metali występuje w wielu formach. Polimery ze względu na ich złożoną strukturę można zaprojektować wprowadzając w długie łańcuchy odpowiednie grupy funkcyjne, by nadać oczekiwane właściwości. Przewodzenie jonowe można uzyskać stosując bardzo popularny i łatwo dostępny Nafion 117. Jest sprzedawany w cienkich arkuszach i to on stanowi macierz kompozytu, który w swej znaczącej ilości determinuje właściwości materiałowe. Pocięty w wąskie paski i odpowiednio domieszkowany metalem (w pracy przyjęta została platyna) w postaci granulek oraz nasyłony na zewnętrznych powierzchniach - jako elektrody, wygląda jak cienka metalowa płytka. Na skutek dodania dejonizowanej wody polimer istotnie pęcznieje. Przewodzone w polu elektrycznym, w kierunku prostopadłym do elektrod, jony „pociągają” za sobą polarną wodę zwiększając lokalnie objętość nafionu. Dzięki temu następuje zmiana kształtu – zginanie się płytki.

2.2. Zginanie się płytki IPMC

Przepływ jonów aktywowany jest polem elektrycznym poprzez przyłożenie niewielkiego napięcia do dwóch równoległych płaszczyzn elektrod. Solwatowana przez jony woda przemieszcza się wraz z nim zmieniając lokalnie stężenie. Do zamodelowania zginania zazwyczaj używa się prostych modeli pęcznienia i z nich wyprowadza się przez analogię do rozszerzalności cieplnej współczynnik rozszerzalności na skutek zmiany stężenia składnika.



Rys. 1. Zginanie się płytki na skutek zmiany stężenia wody

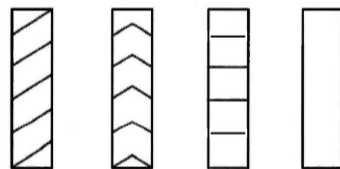
Do wykonywania symulacji jest to jednak spora przeszkoda, ponieważ narzucone w ten sposób więzy wymuszają przemieszczenia i odkształcenia ciała.

Samo zamodelowanie zginania [4] nie wymaga dodatkowych działań. Jednak gdy dość miękka płytka ($E = 50$ MPa) wchodzi w bezpośrednie działanie ze sztywnym uźebrowaniem z platyny ($E = 160$ GPa) odgórne wprowadzenie rozkładu stężenia składników oraz współczynnika rozszerzalności da identyczne rozwiązania, bez względu na sposób uźebrowania. Dlatego w tej pracy płytkę obciążono analogicznym stanem odkształceń lecz w wyniku działania momentów sił zadanych jako pary sił w węzłach na krawędziach elektrod.

3. OBLICZENIA MES

3.1. Geometria, elementy i właściwości materiałowe

W modelu uwzględniono dwa materiały: płytkę IPMC (wymiary 2mm x 10mm x 51mm) o module Younga $E = 50$ MPa i współczynniku Poissona $\nu = 0.45$ (materiał bardzo mało ściśliwy ze względu na duże nasycenie wodą) oraz platynowe uźebrowanie, dla którego przyjęto odpowiednio $E = 160$ GPa oraz $\nu = 0.4$. Utworzono podział heksagonalny elementami typu solid45. Uźebrowania bardzo gęsto i regularnie pokrywały się węzłami z polimerem.



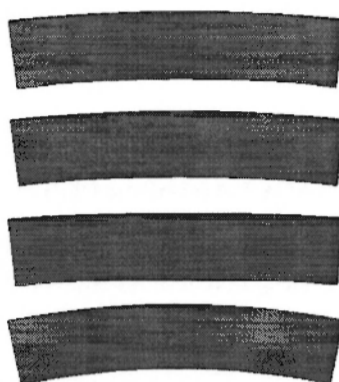
Rys. 2. Obliczenia wykonano dla uźebrowania a) ukośnego, b) w jodełkę, c) poprzecznego oraz d) bez uźebrowania

3.2. Zamocowanie, obciążenie i obliczenia

3.3.

Płytkę zamocowano na jednym końcu odbierając wszystkie stopnie swobody. Obciążono momentami sił za pomocą par sił 1N na każdym węźle na wolnych krawędziach elektrod. Do obliczeń użyto programu ANSYS 5.7. Ponieważ IPMC wykazuje możliwości bardzo dużych zmian kształtu włączono ustawienia dużych deformacji.

By porównać wyniki wyselekcjonowane zostały elementy, które znajdowały się na 29 milimetrze od zamurowania.



Rys. 3. Kształty wybranego przekroju (licząc od góry) dla uźebrowania a) ukośnego, b) w jodełkę, c) poprzecznego oraz d) bez uźebrowania

Wyraźnie widać na rys. 3, że uźebrowanie zmniejszyło wyginanie w kierunku poprzecznym. Dodatkowym elementem, który był brany pod uwagę w celu wybrania najlepszego modelu to wychylenie końcówki. Dla uźebrowania ukośnego maksymalne wychylenie było najmniejsze – około 16mm. Należy również dodać, że nastąpiło duże skręcenie. Dla uźebrowania „w jodełkę” wychylenie wyniosło 20mm zaś dla poprzecznego 24mm. Płytka nieuźebrowana wychyliła się o 23mm.

4. PODSUMOWANIE

Uźebrowanie można wprowadzić zatem w trzech celach. Po pierwsze, poprzez wprowadzenie braku symetrii (uźebrowanie ukośne), można uzyskać skręcenie płytki, choć zwykle jest to niepożądany efekt i dodatkowe utrudnienie w modelowaniu ruchu. Drugim celem może być wzmocnienie ugięcia (uźebrowanie poprzeczne), które spowodowane jest najprawdopodobniej mniejszą pracą momentu gnącego w wyniku mniejszej deformacji przekrojów poprzecznych belki. Trzeci, i najważniejszy z punktu widzenia tej pracy, to ograniczenie zginania na kierunku poprzecznym do głównej płaszczyzny zginania.

Ostatecznie najlepszym okazał się wariant najprostszy, czyli uźebrowanie poprzeczne. Dodatkowy efekt wzmocnienia ugięcia przy jednoczesnym ograniczeniu wyginania jest ciekawym tematem do analizy sztywności oraz liczby potrzebnych żeber by efekt był możliwie największy.

Wartą dalszej analizy jest również sytuacja z uźebrowaniem skośnym i „w jodełkę”. Przy większych szerokościach może się okazać, że momenty gnące na kierunkach poprzecznych dzięki sztywnym żebróm spełniają rolę dodatkowego wzmocnienia.

LITERATURA

- [1] Kim K. J., Shahinpoor M.: Applications of polyelectrolytes in ionic polymeric sensors, actuators, and artificial muscles, Handbook of Polyelectrolytes. vol 3, eds. S. Tripathy, J. Kumar, H. S. Nalwa (Stevenson Ranch, CA: American Scientific Press), 1-22, 2002.
- [2] Shahinpoor M., Kim K. J.: Ionic polymer-metal composites: IV. Industrial and medical applications. Smart Materials and Structures, 14, 197-214, 2005.
- [3] Dokumentacja programu ANSYS 5.7.
- [4] Oracz M., Pietrucha J.A.: Simulation of cardiac contraction assistance made of ionic polymer-metal composite, Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej Politechniki Śląskiej, 26:271-274, 2006.

**REDUCTION IPMC PLATE BENDING ACROSS
MAIN BENDING PLANE**

Summary. One of problems IPMC plate modeling is bending across main bending plane. To manage the problem some simulations with different finning were calculated.