

## POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Klasycznym zagadnieniem, z którym zmagają się inżynierowie-konstruktorzy, jest przekrycie rozległej powierzchni sztywną, a zarazem lekką konstrukcją, nie wymagającą podtrzymujących słupów czy innego rodzaju usztywnień poza podparciem na brzegu. Mając na uwadze fakt, że występowanie zginania wpływa na duży ciężar konstrukcji, właściwym podejściem wydaje się propozycja cienkościennej konstrukcji powłokowej o odpowiedniej wyniosłości oraz kształcie, w której zginanie ograniczone jest do minimum i jednocześnie pozwalającej na przeniesienie obciążeń stałych oraz innych obciążeń bocznych do podpartego brzegu. Zagadnienie to przypomina zadanie transportu lub zadanie przepływu. Rolą inżyniera jest zaprojektowanie materialnej drogi takiego przepływu obciążenia w kierunku podpór. Tymczasem konstrukcje inżynierskiej zwykle są wykonane z materiału jednorodnego oraz izotropowego, co wyklucza wyróżnienie przejrzystych linii transportu obciążenia. W tradycyjnych książkach na temat projektowania konstrukcji można znaleźć wskazówki dotyczące konstruowania żeber lub zbrojenia wzdłuż linii trajektorii naprężeń wyznaczonych uprzednio w izotropowej i jednorodnej konstrukcji, co ma pozwolić na gładki przepływ obciążenia w stronę podpór. Taka metoda nie jest jednak optymalna. Ostatnie wyniki dotyczące *Projektowania Anizotropii z Wolnego Wyboru* (ang. *Free Material Design – FMD*), a także wyniki *Optymalizacji Topologii* w ogólności, uczą jak ująć te koncepcje naukowo oraz w jaki sposób rozszerzyć je na bardziej skomplikowane zagadnienia.

Zastosujemy metody, w których wymaganie maksymalnej sztywności konstrukcji jest zapewnione poprzez zadanie minimalizacji całkowitej jej podatności. Metoda FMD, w której zadanie minimalizacji podatności uzupełnione jest o ograniczenia kosztu projektu związanego z ilością zużytego materiału, ulega formalnemu przeformułowaniu do zupełnie innego zadania, którego matematyczna struktura jest tej samej postaci, co w zadaniu transportu masy Monge'a i Kantorovicha. Taka zamiana dowodzi, że próby mistrzów starej sztuki budowlanej, aby traktować konstrukcję jako system kanałów, przez które płyną naprężenia, znalazły swoje racjonalne uzasadnienie. Podejście FMD, którego użyjemy w projekcie, demonstruje, jak stworzyć takie kanały przepływu naprężeń – pierwszym krokiem jest rozwiązanie pomocniczego zadania w celu uformowania siatek idealnych linii najlepszego przepływu naprężeń. Należy podkreślić, że taka siatka różni się od tych używanych w przeszłości – nie odnosi się ona do trajektorii naprężeń w ciele izotropowym, ale jest projektowana niezależnie od jakichkolwiek założeń dotyczących materiału. Taka idealna siatka jest konstruowana wyłącznie na podstawie danych o obciążeniu, przestrzeni projektowej oraz warunkach podparcia. Wynik jest więc, tak jak powinien, niezależny od materiału. Dysponując gotową siatką otrzymujemy dalsze informacje o rozkładzie materiału oraz rodzaju anizotropii, które powinny być zastosowane w celu osiągnięcia największej sztywności. Algorytm FMD nie został dotychczas zastosowany w przypadku projektowania płyt oraz cienkich powłok. Celem niniejszego projektu jest opracowanie teorii tych zagadnień oraz implementacja tych koncepcji w postaci kodów numerycznych. Zaproponowana metoda pozwoli na wycinanie obszaru materiału z podanej przestrzeni projektowej, bez uprzednich założeń dotyczących cech topologicznych takich, jak liczba otworów czy kształt zafałdowania konturów projektowanej powłoki cienkiej.