

## **POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU (W JĘZYKU POLSKIM)**

Rozwój nowoczesnych niejednorodnych materiałów prowadzi do uzyskiwania unikatowych własności materiałowych, czasami odmiennych od charakterystycznych dla poszczególnych faz materiału. Bardzo ważnym zagadnieniem jest zatem przewidywanie zastępczych własności materiałowych poprzez stosowanie metod komputerowych. W ten sposób można badać wpływ morfologii oraz własności poszczególnych faz materiału na jego efektywne własności. Analiza z wykorzystaniem metod komputerowych może prowadzić do lepszego zrozumienia w jaki sposób zachowuje się materiał oraz może być narzędziem wykorzystywanym do projektowania nowych materiałów. Z drugiej strony bardzo ważnym zagadnieniem jest analiza zachowania się materiału na poziomie mikrostruktury. Przykładowo, wiedza na temat rozkładu pól naprężeń i odkształceń w mikrostrukturze jest istotna w kontekście analizy zniszczenia materiału. Nowoczesne materiały niejednorodne są często złożone z faz o zróżnicowanej, niejednorodnej orientacji przestrzennej, które są opisane nieliniowymi równaniami konstytutywnymi. Rozpatrywanie nieliniowych związków konstytutywnych i złożonej orientacji przestrzennej faz jest trudnym zagadnieniem z punktu widzenia wykorzystania metod komputerowych. Podczas realizacji projektu rozwijana będzie hybrydowa metoda homogenizacji Mori-Tanaki/Elementów skończonych (M-T/MES), która łączy zalety klasycznego podejścia mikromechanicznego z uniwersalnością zastosowań metody elementów skończonych. Procedura homogenizacji polega na zastąpieniu materiału niejednorodnego ekwiwalentnym materiałem jednorodnym poprzez analizę reprezentatywnego elementu objętościowego, obrazującego statystyczną reprezentację własności materiałowych. Zaproponowana hybrydowa metoda homogenizacji wymaga mniejszych nakładów obliczeniowych w odniesieniu do klasycznej, numerycznej homogenizacji opartej o zastosowanie metody elementów skończonych. Metoda będzie miała uniwersalny charakter pozwalający na uwzględnienie szerokiej gamy związków konstytutywnych. Szczegółowej analizie zostanie poddany dwufazowy materiał o osnowie wykazującej własności sprężysto-plastyczne i inkluzji wykazującej własności sprężyste. Zastosowanie zaproponowanej metody M-T/MES zostanie rozszerzone o analizę różnych, innych od elipsoidalnych, kształtów inkluzji oraz o uwzględnienie niejednorodnej orientacji inkluzji opisanej funkcją rozkładu orientacji poprzez zastosowanie koncepcji dwukrokowej homogenizacji. Podsumowując, wykorzystanie i rozszerzenie zaproponowanej hybrydowej metody M-T/MES przyczyni się do opracowania nowego narzędzia o mniejszych wymaganych zasobach obliczeniowych niż w przypadku homogenizacji opartej na metodzie elementów skończonych i większej uniwersalności w stosunku do klasycznej metody Mori-Tanaki. Kolejnym kierunkiem badań będzie wieloskalowa identyfikacja parametrów materiałowych. Podczas analizy tego problemu będą brane pod uwagę dane dotyczące dwóch odrębnych skali. Wykorzystanie wcześniej zaproponowanych metod było możliwe przy założeniu, że własności materiałowe poszczególnych faz są znane. Problem, który będzie rozpatrywany w tym zadaniu jest problemem odwrotnym i będzie związany z wyznaczaniem własności poszczególnych faz materiału. Wykorzystana będzie znajomość danych dotyczących mikrostruktury i własności zastępczych lub pól mikro odkształceń. Do rozwiązania tego problemu zostanie zastosowane sprzężenie utworzonych w pierwszym etapie projektu procedur numerycznych z algorytmami ewolucyjnymi. To podejście umożliwi analizę materiałów niejednorodnych w przypadku kiedy dane dotyczące własności faz materiału nie są kompletne. Kolejnym etapem realizacji projektu będzie eksperymentalna analiza pól odkształceń na poziomie mikrostruktury przy użyciu metody cyfrowej korelacji obrazu. Cyfrowa korelacja obrazu jest metoda optyczną, wykorzystującą algorytm korelacji obrazu bazujący na transformacji współrzędnych z poszczególnych obrazów służący do wyznaczenia pól przemieszczeń i odkształceń. To zadanie będzie związane z koniecznością zaprojektowania specjalnego stanowiska laboratoryjnego, w którego skład wchodzi mikroskop, kamera, oprzyrządowanie mocujące oraz komputer osobisty. W ramach projektu zostanie zmodyfikowane istniejące stanowisko przeznaczone do obserwacji mikroskopowych. Po implementacji stanowiska zostaną przeprowadzone, na wybranych materiałach, badania doświadczalne na poziomie mikrostruktury. Planowane badania eksperymentalne w tym zakresie mają oryginalny charakter i pogłębią wiedzę dotyczącą zachowania się materiału na poziomie mikroskopowym. Wyniki otrzymane poprzez wykorzystanie utworzonych metod komputerowych zostaną zweryfikowane eksperymentalnie przeprowadzając m.in. klasyczne badania wytrzymałościowe wybranych materiałów (próby jednoosiowego rozciągania i ściskania). Wykonane zostaną również badania mikrotomograficzne, których efektem będzie uzyskanie dokładnej geometrii mikrostruktury materiału, co pozwoli na jej poprawne uwzględnienie w symulacjach numerycznych. Podsumowując procedury numeryczne rozwijane w pierwszych dwóch zadaniach badawczych zostaną walidowane eksperymentalnie zarówno w skali makro (własności zastępcze) jak i w skali mikro (pola odkształceń) oraz dodatkowo w kontekście rozwiązywania problemów odwrotnych.