

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Probabilistyczna analiza materiałów kompozytowych o składnikach hipersprężystych

mgr inż. Damian Sokołowski

Głównym celem dysertacji jest określenie efektywnych parametrów materiałowych kompozytów ze stochastycznymi defektami międzyfazowymi w hipersprężystym zakresie odkształceń. W tym celu przeprowadzono specjalnie zaprojektowane eksperymenty laboratoryjne użyte w algorytmach homogenizacji probabilistycznej. Powyższe zagadnienie zostało sformułowane teoretycznie, a algorytmy zastosowano i zweryfikowano dla przedmiotowego kompozytu poddanego osiowemu odkształceniu wzdłużnemu. Kompozyt składa się z matrycy z poliuretanu wysokiej gęstości Laripur LPR 5020 zbrojonej cząsteczkami węgla (fullerenami F60) o objętości 5%. Proponowane rozwiązanie zagadnienia zaprojektowano dla dowolnego izotropowego potencjału hipersprężystego i użyto z sukcesem dla modeli konstytutywnych Mooney-Rivlina, Arruda-Boycea oraz Neo-Hooka. Wprowadza ono koncept rozszerzonego modelu materiałowego, który uwzględnia zależność parametrów materiałowych na objętość stochastycznych defektów międzyfazowych. Są one przedstawione jednoparametrowo jako frakcja objętościowa defektów w interfazie; stanowi ona jedyny wejściowy parametr losowy rozważany w niniejszej dysertacji oraz posiada rozkład typu Gaussa. Następnie zaproponowano sposób modelowania właściwości materiałowych hipersprężystej interfazy znajdującej się w bezpośrednim sąsiedztwie zbrojenia. Został on użyty do weryfikacji wpływu wejściowej zmiennej losowej na efektywne parametry materiałowe, efektywną energię odkształcenia oraz efektywne naprężenie kompozytu poddanego rozciąganiu wzdłużnemu; przyjęto podejście deterministyczne oraz stochastyczne. Kolejno, zaproponowano algorytm numeryczny do określenia estymatorów statystycznych wejściowej zmiennej losowej; został on zastosowany z sukcesem dla przedmiotowego kompozytu. Badania numeryczne przeprowadzone zostały w sposób hybrydowy, z użyciem stochastycznej metody elementów skończonych. Część deterministyczną obliczono za pomocą metody elementów skończonych na podstawie sześciennego reprezentatywnego elementu objętościowego. Część probabilistyczną obliczono symbolicznie w systemie algebry komputerowej MAPLE 2018. Probabilistyka wykonana została przy użyciu trzech niezależnych metod, iteracyjnej techniki perturbacji stochastycznej, symulacji Monte-Carlo oraz probabilistycznej metody pół-analitycznej. W analizie ujęte zostały pierwsze cztery

charakterystyki losowe efektywnych własności kompozytu, tj. wartość oczekiwana, współczynnik wariancji, skośność oraz kurtoza.

Słowa kluczowe: wielo-skalowa technika homogenizacji; hipersprężystość; technika perturbacji stochastycznej; symulacja Monte-Carlo; metoda pół-analityczna; interfaza; defekty międzyfazowe; homogenizacja probabilistyczna.

Gołotowski Damian