

## **ABSTRACT**

The dissertation deals with the problem of failure initiation in thin laminated composites. Known techniques of laminate structures modelling are briefly characterised. Eventually, shell based approach is chosen for the purpose of the description of the composite structures behaviour, as they predict their deformation and states of stress effectively in a global sense in the considered case. The nonlinear six parameter shell theory (6p theory) with asymmetric strain and stress measures is mainly used within the work and thus its main properties are described. Selected and commonly known methods of the damage onset description for laminated shells, based on the assumption of stress tensor symmetry, named as standard criteria, are studied and analyzed. These are: Tsai-Hill, Tsai-Wu, Hashin and Puck. Modifications of the aforementioned criteria meeting the requirements of the 6p theory are discussed and proposed, since no precise descriptions of the damage initiation in laminates are found in the literature when asymmetric strain and stress components are utilised. The modified criteria, allowing first ply failure (FPF) analysis of laminates, are implemented into non-commercial finite element method (FEM) code CAM. Finally, six numerical examples are solved using FEM to check if the FPF estimations resulting from the application of the standard and the modified criteria differ.

## **STRESZCZENIE**

Niniejsza rozprawa dotyczy problemu inicjacji zniszczenia w laminatach kompozytowych o małej grubości całkowitej. W pracy przedstawiono znane techniki modelowania konstrukcji wykonanych z laminatów kompozytowych. Jednak do opisu zachowania analizowanych konstrukcji wybrano teorie powłokowe, gdyż są one wystarczająco dokładne na potrzeby odwzorowania globalnej pracy układu dla konstrukcji cienkich. W rozprawie wykorzystywana jest głównie nieliniowa 6 parametrowa teoria powłok, w której występują niesymetryczne miary odkształceń i naprężeń. W związku z tym jej główne cechy zostały zawarte w tekście. Omówiono wybrane i powszechnie znane standardowe metody szacowania inicjacji zniszczenia w laminatach: Tsai-Hill, Tsai-Wu, Hashin i Puck, w których zakłada się symetrię tensora naprężeń i odkształceń. Jako, że dokładne opisy sposobów przewidywania pierwszego uszkodzenia laminatów dla teorii z niesymetrycznymi składowymi odkształceń i naprężeń nie zostały znalezione w literaturze, zaproponowano modyfikacje rozważanych kryteriów standardowych. Kryteria zmodyfikowane, które pozwalają na analizę zniszczenia pierwszego włókna (FPF) zostały zaimplementowane do niekomercyjnego kodu metody elementów skończonych (MES) CAM. Na koniec rozwiązano, przy pomocy MES, sześć przykładów, w celu sprawdzenia czy występują różnice w oszacowaniach FPF kryteriów standardowych i zmodyfikowanych.