

## Streszczenie rozprawy doktorskiej

mgr inż. Rafał Szymański

temat: ***Opracowanie metodyki badań nieniszczących właściwej do wykrycia i oceny porowatości w kompozycie węglowym***

dziedzina: nauki techniczne /nauki inżynieryjno-techniczne

dyscyplina: budowa i eksploatacja maszyn / inżynieria mechaniczna

promotor pracy: dr hab. inż. Witold Wiśniowski – Instytut Lotnictwa

Coraz częstsze zastosowanie materiałów kompozytowych w pierwszorzędowych strukturach lotniczych wymaga wdrożenia do kontroli jakości metody nieniszczącej umożliwiającej wykrycie i ocenę defektów produkcyjnych oraz eksploatacyjnych. Materiał kompozytowy jest trudny do badań i oceny ze względu na niejednorodną i wielowarstwową strukturę. Spośród wszystkich defektów występujących w strukturach kompozytowych wyzwaniem stanowi wykrycie i ocena porowatości tj. mikropęcherzyków powietrza zalegających w osnowie polimerowej oraz między warstwami zbrojenia.

Do wykrycia i oceny porowatości skuteczna jest metoda tomografii komputerowej. Ze względu na koszty, szkodliwość dla organizmu ludzkiego oraz trudności technologiczne metodą tą stosuje się jedynie do badań próbek lub co najwyżej bardzo małych elementów. Alternatywą dla tomografii są badania metodą ultradźwiękową.

Do wykonania wiarygodnych badań ultradźwiękowych potrzebne jest opracowanie skutecznego algorytmu kalibracji, dla różnych parametrów geometrycznych i strukturalnych kompozytu. Opracowany, autorski algorytm dotyczy wzorcowania aparatury na panelach wykonanych w autoklawie, przeprowadzeniu badań ultradźwiękowych docelowego obiektu zgodnie z ustalonymi parametrami aparatury oraz ocenie porowatości na podstawie wcześniej ustalonych kryteriów akceptacji. Dobór parametrów aparatury oraz kryteriów akceptacji został ustalony na drodze serii badań (metodą ultradźwiękową oraz tomografii komputerowej) próbek kompozytowych odpowiadających konkretnym fragmentom struktury wykonanej w technologii bezautoklawowej.

W celu udowodnienia tezy rozprawy doktorskiej wykonano serię próbnych elementów

i przeprowadzono na nich badania ultradźwiękowe przy zmianach konfiguracji aparatury pomiarowej. Badania wykonano dla dwóch różnych materiałów kompozytowych: preimpregnatu węglowego w którym zbrojenie stanowiła taśma jednokierunkowa, oraz preimpregnatu węglowego o zbrojeniu w postaci tkaniny dwukierunkowej. Materiały charakteryzowały się dwoma różnymi współczynnikami tłumienia. Wyznaczono zawartość porowatości w reprezentatywnych próbkach kompozytowych metodą tomografii komputerowej. Następnie badano korelację otrzymanej zawartości porowatości w próbkach kompozytowych do wielkości amplitudy odebranego sygnału fali ultradźwiękowej. Na podstawie tych badań wyznaczono parametry aparatury dla których wykonanie badań ultradźwiękowych jest najbardziej wiarygodne.

Opracowaną metodą badań ultradźwiękowych wdrożono i zastosowano do badań dwóch struktur lotniczych (pokryć kompozytowych, dźwigarów kompozytowych) demonstratora skrzydła ILX 34 stanowiący wiodący i innowacyjny projekt w Instytucie Lotnictwa.

Poprawność wyników pomiarów według opracowanej metody zweryfikowano metodą mikroskopii cyfrowej, fiber volume (FV) oraz tomografią komputerową.

W sposób pośredni poprawność opracowanej metody potwierdziły badania wytrzymałościowe demonstratora skrzydła. Na podstawie autorskich badań ultradźwiękowych, demonstrator skrzydła dopuszczono do badań wytrzymałościowych. Demonstrator przeszedł pełne badania zarówno statyczne jak i zmęczeniowe.