

Polimerowe materiały kompozytowe znajdują coraz szersze zastosowanie dzięki ich niskiej masie przy jednocześnie dużej wytrzymałości i sztywności, oraz odporności na korozję. Zalety te pozwalają na zastosowanie kompozytów jako elementy strukturalne poszyc samolotów, kadłubów statków, czy karoserii nowoczesnych samochodów. Jednakże, z uwagi na ich skomplikowaną budowę, na którą składa się wiele warstw różnych materiałów – np. żywicy i włókna węglowego, posiadają one również wady, do których zalicza się niską odporność na uderzenia. Szczególnie poważnym problemem są tzw. niskoenergetyczne uszkodzenia udarowe (w przypadku samolotów powodowane np. przez gradobicia bądź uderzenia kamyczkami podczas startu samolotu), gdyż na powierzchni uderzonego elementu są bardzo słabo widoczne, jednocześnie powodując obszerne uszkodzenia wewnętrzne. Pomimo to, tak uderzone elementy często są dopuszczane do dalszego użytkowania, pod warunkiem, że mogą one nadal pełnić swoją funkcję mimo istniejącego wewnątrz uszkodzenia. Aby to sprawdzić, elementy takie są okresowo sprawdzane przy użyciu metod badań nieniszczących, takich jak np. badania ultradźwiękowe (UT), za pomocą których możliwe jest zobrazowanie wewnętrznego uszkodzenia oraz obliczenie jego rozmiaru i głębokości, na jakiej się znajduje. Jednakże, jedną z istniejących obecnie potrzeb przy monitorowaniu stanu struktury jest opracowanie sposobu przewidywania, kiedy istniejące uszkodzenie rozwinie się na tyle, że spowoduje całkowite zniszczenie elementu. Informacja taka pomogłaby zapobiec nieoczekiwanym awariom i umożliwiłaby odpowiednie zaplanowanie napraw. Celem badań jest opracowanie sposobu umożliwiającego prognozowanie trwałości resztkowej struktur kompozytowych, którą wyrazić można np. w postaci liczby godzin pracy uszkodzonego elementu do zniszczenia, na podstawie danych (skanów) uzyskanych podczas badań UT oraz oceny stanu struktury za pomocą symulacji komputerowych.

Cel ten planuje się zrealizować w kilku etapach. W pierwszej kolejności, wytworzone zostaną dwa typy próbek kompozytowych – z polimeru wzmocnionego włóknem węglowym i włóknem szklanym, oraz zostaną do nich wprowadzone w sposób sztuczny uszkodzenia wywołane różnymi konfiguracjami uderzeń. Następnie, próbki zostaną przebadane za pomocą metody UT oraz rentgenowskiej tomografii komputerowej (XCT), jako metody wzorcowej, gdyż XCT umożliwia dokładne zobrazowanie wewnętrznej postaci elementów. Wówczas, opracowany zostanie algorytm wykrywania i trójwymiarowej rekonstrukcji uszkodzenia ze skanów UT przy użyciu zaawansowanych metod przetwarzania obrazu. Następnie, zgodność tak zrekonstruowanej postaci 3D uszkodzenia zostanie zweryfikowana za pomocą porównania jej z uszkodzeniem zrekonstruowanym z danych wzorcowych uzyskanych za pomocą XCT, oraz ulepszeniu algorytmu w przypadku uzyskania niewystarczającej zgodności. Kolejnym etapem będzie opracowanie algorytmu umożliwiającego klasyfikację, tj. podział postaci uszkodzenia na obszary będące pęknięciami oraz rozwarstwieniami, gdyż kontury oraz rozmieszczenie względem warstw kompozytu tych dwóch typów uszkodzeń będą potrzebne do przygotowania symulacji. Następnie, opracowany zostanie sposób umożliwiający przeniesienie uzyskanych cech uszkodzeń do modelu CAD, tj. do formatu, za pomocą którego modeluje się postać geometryczną projektowanych przez konstruktorów wytworów. Uzyskany model CAD uszkodzenia zostanie wykorzystany w dalszych etapach jako dane wejściowe do symulacji wytrzymałościowych, które będą przeprowadzone w celu prognozowania rozwoju uszkodzenia. W celu kompleksowego podejścia do problemu badawczego, analiza numeryczna zostanie przeprowadzona zarówno na danych symulacyjnych jak i eksperymentalnych. W pierwszej kolejności, analizy numeryczne ściskania po uderzeniu (CAI) i prognozowanie wytrzymałości resztkowej zostaną przeprowadzone na modelach numerycznych próbek kompozytowych z zasymulowanymi uszkodzeniami udarowymi. Następnie, te same typy analiz zostaną przeprowadzone na danych eksperymentalnych, tj. na podstawie rzeczywistych uszkodzeń wyodrębnionych ze skanów UT. Ponadto, laboratoryjne testy CAI na uszkodzonych próbkach zostaną przeprowadzone w celu zweryfikowania opracowanej metodyki. Wyniki numerycznej oceny degradacji strukturalnej zarówno dla danych symulacyjnych, jak i eksperymentalnych oraz wyniki testów laboratoryjnych CAI zostaną przeanalizowane i porównane. W oparciu o uzyskane wyniki i analizę porównawczą, oraz biorąc pod uwagę podstawy mechaniki pękania struktur kompozytowych, opracowany zostanie model teoretyczny opisujący wytrzymałość resztkową kompozytów z niskoenergetycznymi uszkodzeniami udarowymi.

Efektym projektu będzie nowa, zweryfikowana eksperymentalnie metodyka prognozowania wytrzymałości resztkowej struktur kompozytowych w oparciu o skany UT i symulacje numeryczne. Opracowane zostanie nowe podejście oparte na inżynierii odwrotnej, wykorzystujące dane pochodzące ze skanów UT do stworzenia modelu CAD elementu odzwierciedlającego jego bieżący stan strukturalny, w tym istniejące wewnątrz uszkodzenia. Wyniki uzyskane na podstawie analiz numerycznych będą stanowić informacje dot. szacowanej wytrzymałości resztkowej badanego elementu kompozytowego, co wniesie więcej informacji niż wyniki uzyskane wyłącznie z UT.