

1. Cel prowadzonych badań/hipoteza badawcza.

Polimerowe materiały kompozytowe znalazły bardzo szerokie zastosowanie z uwagi na ich liczne zalety. Jednakże, z uwagi na ich złożoność, posiadają wady, do których zalicza się niską odporność na uderzenia. Szczególnie poważnym problemem są niskoenergetyczne uszkodzenia udarowe, gdyż na powierzchni uderzonego elementu są bardzo słabo widoczne, jednocześnie powodując obszerne uszkodzenia wewnętrzne, co obniża wytrzymałość resztkową kompozytu. Zgodnie z metodyką tolerowania uszkodzeń, uszkodzony element strukturalny jest dopuszczany do dalszej eksploatacji, gdy uszkodzenie to nie redukuje integralności struktury. Dlatego też, należy przeprowadzać inspekcje okresowe przy użyciu badań nieniszczących (NDT) w celu identyfikacji uszkodzenia i monitorowania jego rozwoju. Powszechnie stosowaną metodą NDT elementów kompozytowych jest badanie ultradźwiękowe (UT), które umożliwia identyfikację rozmiaru oraz lokalizacji uszkodzenia wraz jego z głębokością. Jednakże, możliwości takich inspekcji kończą się na etapie diagnostyki w programie monitorowania stanu struktury (CBM) i nie jest możliwy kolejny etap, jakim jest prognostyka (tj. przewidywanie zniszczenia). Jednym z wyzwań przy monitorowaniu stanu struktury jest opracowanie metodyki umożliwiającej przewidywanie rozwoju wykrytego uszkodzenia i dzięki temu – zapobieganie awariom. **Celem badań**, który wnioskodawca planuje osiągnąć, jest opracowanie metodyki umożliwiającej prognozowanie trwałości resztkowej struktur kompozytowych na podstawie danych uzyskanych podczas badań UT oraz numerycznej oceny degradacji strukturalnej. Wnioskodawca wysuwa **hipotezę**, iż możliwe jest uzyskanie wiarygodnej informacji o postaci geometrycznej uszkodzenia wewnątrz elementu poprzez zaawansowane przetwarzanie obrazów ultradźwiękowych, która będzie wykorzystana jako dane wejściowe do modelowania numerycznego w celu prognozowania trwałości resztkowej tego elementu.

2. Zastosowana metoda badawcza/metodyka.

Planowane jest przeprowadzenie kompleksowych badań przy użyciu zestawu próbek wytworzonych z polimeru wzmocnionego włóknem węglowym oraz szklanym. Próbki zostaną uszkodzone za pomocą różnych konfiguracji uderzeń, oraz zbadane przy użyciu UT oraz rentgenowskiej tomografii komputerowej (XCT), jako metody referencyjnej. Następnie, opracowane zostaną algorytmy wykrywania i rekonstrukcji 3D uszkodzenia w oparciu o skany UT oraz XCT, z wykorzystaniem środowiska MATLAB[®]. Kolejnym krokiem będzie weryfikacja rekonstrukcji uszkodzenia ze skanów UT poprzez porównanie go z uszkodzeniem zrekonstruowanym ze skanów XCT. Następnie, opracowany zostanie algorytm klasyfikacji typów uszkodzeń w celu ekstrakcji danych o pęknięciach osnowy oraz rozwarstwieniach, a także ich rozmieszczenia względem warstw uszkodzonego kompozytu. W celu zastosowania uzyskanych danych jako wejścia do modelowania numerycznego, opracowana zostanie metodyka konwersji cech uszkodzeń do modelu CAD. W celu kompleksowego podejścia do problemu badawczego, modelowanie numeryczne zostanie przeprowadzone 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.

3. Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki.

Efektom 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. Nowa metodyka przyniesie lepsze rezultaty w programie CBM struktur kompozytowych przy użyciu UT w porównaniu do wyników osiągalnych dotychczas, gdyż będzie możliwa nie tylko diagnostyka, ale również prognostyka. Ponadto, w oparciu o uzyskane wyniki, planowane jest opracowanie modelu teoretycznego opisującego wytrzymałość resztkową kompozytów z niskoenergetycznymi uszkodzeniami udarowymi. Biorąc pod uwagę rozwój algorytmów identyfikacji uszkodzeń i nowego podejścia prognostyki, proponowane podejście zapewni znaczny naukowy wkład w zakresie diagnostyki strukturalnej, badań nieniszczących oraz mechaniki pękania struktur kompozytowych.