

Ocena wytrzymałości i trwałości zmęczeniowej struktur CFRP w warunkach nieproporcjonalnego wieloosiowego obciążenia

Streszczenie popularnonaukowe

Rosnący popyt na rynku materiałów kompozytowych spowodowany jest stale rozwijany procesami produkcyjnymi. Zapotrzebowanie to wynika z satysfakcjonujących właściwości, jakie te materiały wykazują, takich jak wysoka wytrzymałość właściwa, niska gęstość, wysoka odporność na korozję, zmęczenie i środowisko chemiczne. Ponadto dowolność kształtowania geometrii pozwala na wytwarzanie nowych, bardziej skomplikowanych geometrycznie części i obiektów z wykorzystaniem nowoczesnych materiałów hybrydowych. Warto przytoczyć kilka przykładów takich jak łopaty turbin wiatrowych, wały napędowe, zbiorniki wysokociśnieniowe czy płatowce samolotów. Biorąc pod uwagę przytoczone zastosowania można zauważyć, że są one poddawane różnym obciążeniom cyklicznym. Na przykład wał napędowy jest poddawany obciążeniom skręcającym i zginającym. Warunki te w istotny sposób wpływają na eksploatację elementów. W związku z rozwojem materiałów kompozytowych w inżynierii. Wymagany jest szczegółowy proces projektowania zapewniający bezpieczeństwo i niezawodność w eksploatacji.

Projekt skupia się na opisie proces zmęczeniowego. Badany jest polimerowy materiał warstwowy wzmocniony włóknem węglowym (CFRP) poddany działaniu sił osiowych i skręcania, które są przesunięte w fazie. Znajomość tego procesu pozwala ocenić czas życia zmęczeniowego bazując na podejściu energetycznym. Literatura podaje kilka kryteriów zmęczeniowych, które nie obejmują wszystkich czynników wpływających na degradację zmęczeniową konstrukcji warstwowych. W tym projekcie opracowane zostanie nowe kryterium zmęczeniowe, oparte na podejściu energetycznym, w celu oceny trwałości z uwzględnieniem badanych parametrów. Ten aspekt pracy może w znaczący sposób regulować proces projektowania takich konstrukcji.

Metodologię projektu można podzielić na fazę eksperymentalną i analityczną. Pierwsza faza obejmuje prace eksperymentalne, czyli wstępne badanie do późniejszej oceny trwałości zmęczeniowej. W tej części cylindryczne konstrukcje CFRP wytwarzane metodą nawijania zostaną poddane obciążeniom rozciągającym/skręcającym. Serwo-hydrauliczna maszyna wytrzymałościowa wyposażona w specjalne uchwyty zapewni odpowiednie warunki obciążenia. Druga faza związana jest z oceną procesu zmęczeniowego. Przeprowadzona zostanie walidacja dostępnych w literaturze hipotez zmęczeniowych oraz próba opracowania własnego kryterium zmęczeniowego uwzględniającego badane parametry, która pozwoli ocenić trwałość zmęczeniową konstrukcji.

Część eksperymentalna zostanie wzbogacona o metody nieniszczące (ND) w celu zbadania mechanizmów uszkodzeń. W materiałach kompozytowych może wystąpić kilka mechanizmów niszczenia, na przykład rozwarstwienie, odspojenie, pękanie osnowy lub wrywanie włókien. Metody ND pozwalają na określenie defektów pojawiających się w procesie technologicznym oraz ich rozwój w trakcie eksperymentu. Tomografia komputerowa ex-situ jest niezawodną metodą oceny jakości struktury m.in. defektów i wtrąceń będących następstwem procesu technologicznego. Ponadto analiza in-situ wykazałaby ewolucję pojawiających się defektów i mechanizmów uszkodzeń podczas testu zmęczeniowego. Dodatkowo do pomiaru odkształceń podczas testu użyte zostanie urządzenie do cyfrowej korelacji obrazu (DIC). Dostarczy również informacji o defektach występujących na zewnętrznej powierzchni próbki.

Zaproponowany projekt pozwala na kompleksowe wypełnienie istniejącej luki w literaturze, z analizy wytrzymałościowej prowadzącej do kryteriów zmęczeniowych z wysoce przewidywalną niezawodnością.