

Streszczenie

Pęknięcia zmęczeniowe w konstrukcjach metalowych, w szczególności w zastosowaniach lotniczych, są jedną z głównych przyczyn poważnych uszkodzeń, zwiększającą ryzyko eksploatacyjne. Ocena stanu konstrukcji inżynierskich opiera się na metodach monitoringu strukturalnego oraz badaniach nieniszczących, których celem jest wykrywanie, lokalizacja i ocena uszkodzeń bez wyłączenia badanego obiektu z eksploatacji. W tym kontekście techniki oparte o wizję komputerową stanowią wartościowe podejście, ponieważ są bezkontaktowe, a niektóre z nich można stosować z wykorzystaniem relatywnie niedrogiego, ogólnodostępnego sprzętu pomiarowego. Jednakże praktyczne zastosowania są utrudnione ze względu na, między innymi, znaczną zależność technik wizyjnych od ręcznego doboru ich parametrów oraz zmiennych warunków eksperymentalnych, a także brak możliwości bezpośredniej interpretacji wyników.

W niniejszej pracy przedstawiono metodę automatycznej wizualizacji oraz detekcji położenia wierzchołka pęknięcia zmęczeniowego w strukturach metalicznych, poddanych wymuszeniu periodycznemu. Zaproponowana technika bazuje na analizie ruchu związanego z cyklicznym otwieraniem się i zamykaniem pęknięcia zmęczeniowego. Oparta jest ona na wizji komputerowej, ale nie wymaga zastosowania znaczników wizyjnych. Metoda wykorzystuje przekształcenie przepływu optycznego do dziedziny częstotliwości, co pozwala na przygotowanie wizualizacji wzorców ruchu związanych z cyklicznym otwieraniem się i zamykaniem pęknięcia, co daje możliwość automatycznego określenia położenia wierzchołka pęknięcia. Oryginalnymi aspektami rozprawy są przede wszystkim opracowanie wizualizacji ruchu związanego z pęknięciem oraz automatyczna procedura detekcji położenia wierzchołka pęknięcia. Ponadto zaproponowano metrykę LOI (ang. *Local Orientation Inconsistency*) służącą do oceny spójności kierunku ruchu estymowanego z nagrań wideo. Metryka ta pozwala na maskowanie regionów o niepewnej estymacji ruchu oraz wspomaga wybór obszaru odpowiedniego do dalszej analizy. Sprawdzono również wpływ zastosowania techniki wizyjnego wzmacniania ruchu na nagraniach wideo, wykazując jego użyteczność przy wizualizacji pęknięć zmęczeniowych w niektórych przypadkach relatywnie niskiego poziomu amplitudy wymuszenia.

Działanie zaproponowanych metod zweryfikowano na nagraniach przedstawiających trzy obiekty: kompresor, belkę wspornikową oraz próbkę lotniczą będącą strukturą płytową. Dane eksperymentalne zarejestrowano w zróżnicowanych konfiguracjach pomiarowych, z użyciem różnych kamer, w tym kamery smartfona. Uzyskane wyniki dowodzą poprawnego działania zaproponowanego podejścia dla kolejnych etapów propagacji pęknięcia oraz różnych konfiguracji eksper-

mentalnych. Porównanie względem ręcznych pomiarów, wskazuje, że średni błąd bezwzględny lokalizacji wierzchołka pęknięcia jest w większości przypadków mniejszy lub bardzo zbliżony do rozdzielczości pomiarowej ręcznego pomiaru. Ponadto porównano działanie metody dla różnych wartości jej parametrów, potwierdzając jej poprawne funkcjonowanie bez konieczności ich precyzyjnego dopasowania. Zaproponowana procedura, przy nieznacznym działaniu operatora systemu oraz zastosowaniu sprzętu amatorskiego, zapewnia interpretowalne wyniki, co w przyszłości może pozwolić na jej integrację z procesami monitoringu strukturalnego i badaniami nieniszczącymi.