

W ciągu ostatnich lat zaobserwowano znaczący rozwój technik projektowania konstrukcji przy użyciu nowych materiałów. Niektóre z nich – w szczególności materiały o strukturze kompozytów i wielo-materiały otrzymane przez drukowanie 3D – są już używane przez projektantów oraz inżynierów. Jednak wady materiału wygenerowane podczas produkcji, degradacja materiału czy uszkodzenia wygenerowane podczas użytkowania (n.p. uszkodzenia zmęczeniowe czy uszkodzenia warstw klejonych lub rozwarstwienie) są znaczącym problemem i wyzwaniem dla projektantów oraz inżynierów. Przedstawione zjawiska wymagają rzetelnych technik do sprawdzania i monitorowania stanu materiału ze względu na jakość wykonania oraz spójność konstrukcji. Jednak wykrycie początkowego stadium degradacji materiału i badanie zachowania kontaktu pomiędzy powieszchniami uszkodzenia pozostaje wciąż problem trudnym do rozwiązania.

W ramach przedstawionego projektu zostanie powołana grupa badawcza bazująca na międzynarodowej współpracy pomiędzy dwoma jednostkami: Akademią Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz the Hong Kong Polytechnic University Shenzhen Research Institute w Shenzhen. Celem powołania tej grupy jest rozwiązanie zagadnień związanych z propagacją nieliniowych fal elastycznych, jak również zrozumienie podstaw fizycznych związanych ze zjawiskiem nieklasycznej nieliniowości zaobserwowanej w charakterystyce propagacji fali poprzecznej. Dwa zjawiska wymagają szczególnej uwagi, mianowicie generacja trzeciej harmonicznej oraz zjawisko przeniesienia modulacji fali ultradźwiękowej – zjawisko analogiczne do obserwowanego w przypadku fal elektromagnetycznych (tzw. efekt Luxemburg-Gorky). Mimo że w ciągu ostatnich lat przedstawiono wiele badań związanych z liniowymi i nieliniowymi charakterystykami propagacji fal poprzecznych, wciąż niewiele informacji jest dostępnych na temat tych dwóch wyżej wymienionych zjawisk.

Głównym celem projektu jest więc wyjaśnienie podstaw fizycznych tych zjawisk. Doprowadzi to do przedstawienia nowych teorii, stworzenia narzędzi numerycznych do ich modelowania oraz zaproponowania nowej metody detekcji uszkodzeń. Przewidujemy, że wyniki tego projektu nie tylko pozwolą na rozwinięcia teorii nieliniowych fal poprzecznych, ale również wypełnią lukę pomiędzy badaniami podstawowymi i stosowanymi. W przypadku tych drugich, odnosimy się do najbardziej wymagających problemów istniejących w ciągłym monitorowaniu konstrukcji, tzn. monitorowanie łączy konstrukcji (rozwarstwienie kompozytów czy degradacja łączy klejonych). Zaobserwowano, że ze względu na swoją charakterystykę fale poprzeczne są odpowiednie do monitorowania i diagnostyki materiałów wielowarstwowych. Ponadto, wcześniejsze badania eksperymentalne dowodzą, że nieklasyczne nieliniowe własności fal podłużnych są bardziej czułe na występowanie uszkodzeń niż własności liniowe. Zakładamy, że uzyskane wyniki mogą być przydatne nie tylko w dziedzinie ciągłego monitorowania konstrukcji, ale również w takich dziedzinach jak sejsmologia czy diagnostyka medyczna.

Badania skupią się na wyjaśnieniu wpływu wielu zjawisk klasycznej i nieklasycznej elastycznej i/lub rozproszonej nieliniowości na własności propagacji fal. Główne osiągnięcie projektu będzie związane z charakterystyką wzajemnego oddziaływania fali poprzecznej i uszkodzenia. Uszkodzenie będzie przedstawione przy użyciu modelu beztarciowego i niehisterezowego nieliniowego mechanizmu, który może być połączony ze stratami termo-elastycznymi i skupieniami naprężeń. Zjawiska te były wcześniej zaobserwowane w materiałach polikrystalicznych. Kolejnym osiągnięciem projektu będą rezultaty badań skupiających się na nieliniowych charakterystykach związanych z własnościami materiału oraz toru pomiarowego. Pozwoli to na wyodrębnienie z analiz nieliniowości związanych z uszkodzeniem.

W celu rozwiązania problemów teoretycznych w ramach zagadnień nieliniowej propagacji fal zostanie użyta metoda perturbacji. Ponadto, symulacje numeryczne bazujące na Local Interaction Simulation Approach oraz Metodzie Elementów Skończonych będą wykorzystane do otrzymania przybliżonego rozwiązania problemu propagacji fali ultradźwiękowej. Otrzymane rezultaty będą poddane walidacji eksperymentalnej. Bazując na uzyskanych wynikach, zaproponowane zostaną techniki wykrywania i monitorowanie uszkodzeń w oparciu o charakterystyki tzw. trzeciej harmonicznej oraz zjawiska przeniesienia modulacji dla badanej fali poprzecznej.