

Wytwarzanie przyrostowe (*additive manufacturing* – AM), powszechnie znane jako drukowanie 3D, to nowoczesna metoda wytwarzania lekkich i wytrzymałych konstrukcji. Znajduje wiele skutecznych zastosowań, np. w stomatologii, ortopedii, mechanice i robotyce. Proces wytwarzania elementów drukowanych 3D nie jest pozbawiony trudności, do których można zaliczyć możliwość powstawania wad wewnętrznych czy deformacji próbek na skutek negatywnego wpływu wysokiej temperatury podczas wytwarzania. Uwzględniając szerokie zastosowanie elementów drukowanych 3D oraz możliwość powstania uszkodzeń, istotnym zagadnieniem jest rozwój badań nieniszczących (*non-destructive testing* – NDT). W ostatnich latach obserwuje się szybki rozwój metod diagnostycznych wykorzystujących fale ultradźwiękowe. Wynika to ze przydatności ultradźwięków do określania parametrów mechanicznych materiałów oraz wykrywania i wizualizacji defektów różnego rodzaju. Istnieje wiele prac dotyczących diagnostyki z użyciem fal ultradźwiękowych różnego rodzaju konstrukcji (takich jak belki betonowe, płyty stalowe, połączenia klejone), jednak liczba badań skoncentrowanych na analizie elementów drukowanych jest ograniczona, zwłaszcza w elementach kompozytowych. Niektóre istotne problemy nie zostały podjęte, np. wpływ różnego rodzaju uszkodzeń lub określenie optymalnych parametrów do pomiarów fal ultradźwiękowych i przetwarzania danych.

Celem proponowanych badań jest opracowanie metody diagnostycznej do nieniszczącego wykrywania i obrazowania uszkodzeń w drukowanych elementach kompozytowych z wykorzystaniem propagacji fal ultradźwiękowych. Oddziaływanie fal sprężystych z uszkodzeniami zostanie przeanalizowane za pomocą zaawansowanych technik przetwarzania sygnałów i symulacji metodą elementów skończonych (MES). Motywacją do badań jest aktualny trend polegający na opracowywaniu innowacyjnych, skutecznych i tanich metod diagnostycznych. Założenie jest następujące: pomiar propagujących fal ultradźwiękowych wraz z zastosowaniem zaawansowanych narzędzi obróbki danych umożliwi wykrywanie i wizualizację nieciągłości geometrycznych i materiałowych w drukowanych elementach kompozytowych. Efektem projektu będzie powstanie dwustopniowego algorytmu nieniszczącej diagnostyki drukowanych elementów kompozytowych, bazującego na propagacji fal ultradźwiękowych. Opracowane zostanie autorskie podejście do wyznaczania optymalnych wartości parametrów obliczeniowych przetwarzania danych na podstawie energii fali i ważonej średniej kwadratowej (*weighted root mean square* – WRMS). Przeprowadzone zostaną symulacje MES propagacji fal jako uzupełnienia badań eksperymentalnych, mające na celu zminimalizowanie czasu pomiarów.

Projekt składa się z kilku powiązanych ze sobą zadań. W pierwszym kroku zostaną badania statyczne ściskania, rozciągania i zginania w celu określenia statycznych stałych materiałowych drukowanych elementów kompozytowych bez uszkodzeń. Pomiarów sygnałów fal ultradźwiękowych posłużą do wyznaczenia dynamicznych parametrów mechanicznych na podstawie krzywych dyspersji. Obydwa zestawy parametrów (statyczne i dynamiczne) zostaną porównane. Przeanalizowane zostaną różne typy próbek wykonane z różnych filamentów. Uwzględniony zostanie wpływ stopnia porowatości oraz kierunku drukowania. Główna część badań będzie skoncentrowana na opracowaniu dwuetapowego algorytmu wykrywania defektów w elementach płytowych. Pierwszym krokiem będzie identyfikacja uszkodzenia, która zapewni jedynie informację o występowaniu defektu. Drugim krokiem będzie obrazowanie uszkodzeń, mające na celu szczegółową wizualizację uszkodzeń. Sygnały będą przetwarzane z wykorzystaniem obliczeń WRMS. Określone zostaną optymalne wartości parametrów obliczeniowych. Dodatkowo, modelowanie propagacji fal sprężystych w drukowanych elementach kompozytowych zostanie przeprowadzone za pomocą MES. Sygnały zebrane podczas symulacji numerycznych będą poddane przetwarzaniu, podobnie jak dane eksperymentalne.

Proponowany projekt stwarza możliwość przeprowadzenia serii oryginalnych eksperymentów, które umożliwią poszerzenie wiedzy na temat zastosowania fal ultradźwiękowych do opisu drukowanych materiałów kompozytowych. Wyniki będą istotne dla rozwoju diagnostyki nieniszczącej tego typu materiałów, co jest istotnym zagadnieniem w kwestii wykrywania niezamierzonych, głównie niewidocznych wad wewnętrznych. Patrząc z szerszej perspektywy, wyniki mogą pozytywnie wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa rzeczywistych elementów konstrukcyjnych w stomatologii, ortopedii, robotyce, mechanice i wielu innych gałęziach przemysłu. Zaproponowane algorytmy wykrywania i obrazowania uszkodzeń bazujące na falach prowadzonych pozwolą na kontrolowanie stanu elementów drukowanych zarówno podczas produkcji, jak i na etapie eksploatacji.