

Streszczenie popularno-naukowe

Współczesny rozwój techniki prowadzący do powstawania wielu nowoczesnych urządzeń jest powodem stale rosnącego zapotrzebowania na nowoczesne materiały wykazujące się obniżonym ciężarem przy jednoczesnym wzroście wytrzymałości i odporności na wszelkiego rodzaju czynniki zewnętrzne. W tym obszarze obiecującą alternatywą dla materiałów komercyjnych stają się materiały wytwarzane przyrostowo (AM), gdyż projektuje się je z uwzględnieniem funkcjonalności komponentów, odpowiedniego ich doboru, przewidywanych ograniczeń w eksploatacji oraz optymalizacji wielu ich cech dla spełnienia założonej funkcji celu. Ponadto, technologie wytwarzania przyrostowego oferują wiele zalet w porównaniu z bardziej tradycyjnymi technologiami wytwarzania. Możliwość selektywnego osadzania materiałów tylko tam, gdzie są potrzebne, oznacza, że części mogą być zarówno znacznie bardziej złożone pod względem konstrukcji, jak i lżejsze, co może radykalnie poprawić wydajność procesu ich wytwarzania. Kształtowanie przyrostowe nie wymaga użycia różnego typu narzędzi, dlatego idealnie nadaje się do produktów jednorazowych lub spersonalizowanych, w przeciwieństwie do procesów, takich jak obróbka skrawaniem, odlewanie czy formowanie wtryskowe, które wymagają znacznych początkowych inwestycji związanych z oprzyrządowaniem. Z wyżej wymienionych względów, w proponowanym projekcie zaplanowano przeprowadzenie doświadczalno-numerycznej analizy właściwości mechanicznych i odporności na uszkodzenie wybranych nadstopów niklu (Inconel 718 i Inconel 625) oraz nowej generacji stopu tytanu Ti5553 wytwarzanych przy użyciu technologii Laser Engineered Net Shaping (LENS). Głównym celem projektu jest rozpoznanie fizycznych mechanizmów odpowiedzialnych za proces plastycznej deformacji wywołanej w warunkach złożonego stanu obciążeń. To właśnie złożony stan obciążeń w najefektywniejszy i najwierniejszy sposób odzwierciedla rzeczywiste warunki pracy materiału zastosowanego na konkretne elementy konstrukcyjne. Materiały przewidziane do badań będą testowane w stanie 'as-built' oraz po celowo wprowadzanej historii deformacji wywołanej procesami monotonicznego obciążania lub niskocyklowego zmęczenia. W celu efektywnej wizualizacji zmian stanu naprężenia w badanych materiałach pod wpływem przyłożonego obciążenia wykorzystana zostanie koncepcja powierzchni plastyczności. Definiuje się ją jako miejsce geometryczne punktów w przestrzeni naprężenia odpowiadające tej samej wartości odkształcenia. W projekcie przewiduje się do prowadzenia charakteryzacji właściwości mechanicznych i uszkodzenia zastosowanie dwóch unikalnych zarówno w skali krajowej, jak i międzynarodowej, a jednocześnie komplementarnych systemów: maszyny wytrzymałościowej do jednoczesnego obciążania cienkościennych próbek rurkowych siłą osiową, momentem skręcającym i ciśnieniem wewnętrznym oraz nowoczesnej maszyny do badań materiałów na próbkach w kształcie krzyża, zapewniającą realizację testów w płaskim stanie naprężenia, wynikającym z jednoczesnego działania sił osiowych w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach. Taka kombinacja maszyn gwarantuje uzyskiwanie unikalnych możliwości oceny zmian właściwości materiałów. Dodatkowo wykorzystywana będzie cyfrowa korelacja obrazu (DIC), szczególnie przydatna do prowadzenia identyfikacji początku uszkodzenia próbek i dalszego jego rozwoju, zwłaszcza w zakresie obciążeń o charakterze cyklicznym. Istotnym efektem badań będą wyniki z testów, w których zastosowana zostanie kombinacja obciążenia monotonicznie narastającego z symetrycznymi cyklami. Tego typu badania zostaną zrealizowane na obu typach próbek. Wyniki wstępnych testów na próbkach rurkowych pokazują istotne obniżenia siły przy rozciąganiu, o ile towarzyszą mu cykle skrętne. Potwierdzenie tego typu efektu na próbkach krzyżowych, stanowić może istotny wniosek, który w konsekwencji mógłby zostać wykorzystany przy bardziej efektywnym projektowaniu różnych procesów technologicznych. Ostatnim ważnym elementem projektu będzie modelowanie mechanizmów deformacyjnych i degradacyjnych uwzględniające procesy stowarzyszone z lokalną mikroplastycznością. Metoda elementów skończonych będzie stanowiła punkt wyjścia do przeprowadzenia symulacji zachowania badanych materiałów przy obciążeniach niskocyklowych. Wśród najważniejszych etapów dotyczących modelowania można wskazać: wprowadzenie właściwości materiału na podstawie eksperymentu; wybór odpowiedniego podejścia do modelowania; określenie reprezentacji mikrostrukturalnej; zaproponowanie równań konstytutywnych; określenie warunków brzegowych i obciążeniowych; walidację i kalibrację modelu; ocenę lokalnej ewolucji składowych naprężenia i odkształcenia; kolejne iteracje i udoskonalenia modelu. Realizując wymienione kroki i wprowadzając na bieżąco udoskonalenia modelu, można prawidłowo odzwierciedlić mechanizmy deformacji i procesy degradacji związane z lokalną ewolucją składowych naprężenia i odkształcenia. Tak opracowany model może zapewnić głębsze zrozumienie zachowania materiału, które może być pomocne zarówno w ich opracowywaniu gwarantującym lepsze właściwości, jak i w optymalnym projektowaniu konstrukcji.