

Streszczenie Rozprawy Doktorskiej:

Mikrostruktura i właściwości natryskanych zimnym gazem powłok tytanowych do zastosowania w technologiach przyrostowych

W rozprawie przedstawiono badania powłok z tytanu i jego stopów wytwarzanych z proszków o różnym gatunku i morfologii techniką natryskiwania zimnym gazem z dokładnie określonym i ukierunkowanym celem aplikacyjnym jakim jest produkcja lotnicza. Zastosowana technika Cold Spray z uwagi na swój innowacyjny charakter i efektywny wkład w sukces wielu przedsięwzięć stała się inspiracją do zmiany stereotypowego myślenia na temat wydajnych technik wytwarzania. Nie chodzi tu tylko o osadzanie metalicznych warstw czy też wytrzymałych powłok, ale przede wszystkim o budowanie z proszku przestrzennych funkcjonalnych wyrobów mogących zastąpić nie do końca konkurencyjne, konwencjonalnie wytwarzane komponenty stosowane np. w lotnictwie. To właśnie koncepcja natryskiwania wielowarstwowej powłoki o charakterze samonośnej struktury stała się punktem zwrotnym w dotychczasowym postrzeganiu tej technologii i zarazem kanwą dla niniejszej rozprawy. Fundamentem, na którym zbudowano główne cele badawcze i użyteczne było dążenie do zachowania konkurencyjności i rentowności technologii przyrostowego wytwarzania półwyrobów z tytanu i jego stopów, a przez to zredukowanie wartości współczynnika BTF (z ang. buy to fly) dla gotowych części oraz skrócenie łańcucha ich dostaw (just in time).

Rezultaty przeprowadzonych aktywności zostały uzyskane głównie na podstawie doświadczalnych badań własnych, uzupełnionych o rozeznanie aktualnego stanu wiedzy literaturowej. Pracę umownie można podzielić na dwie fazy.

Faza pierwsza - stanowiła teoretyczne wprowadzenie do zakresu badań i uzasadnienie podjęcia wybranej tematyki badawczej. Wyróżniono w niej 5 rozdziałów. W rozdziale pierwszym, drugim oraz trzecim przedstawiono odpowiednio przegląd stanu wiedzy w zakresie materiałów tytanowych i ich znaczenia w lotnictwie oraz postęp w przetwarzaniu proszków tytanowych za pomocą coraz powszechniej stosowanych technologii przyrostowych z kategorii AM - PBF oraz AM - DED. Rozdział czwarty poświęcono na wprowadzenie i rozpoznanie techniki natryskiwania zimnym gazem jako nowej, niekonwencjonalnej technologii przyrostowej wraz z przykładami z literatury na temat jej aktualnych możliwości i ograniczeń. W kolejnym, piątym rozdziale przedstawiono cele oraz zakres pracy. Sformułowano także tezę stanowiącą w skrócie, że standardowe procesy natryskiwania zimnym gazem powłok tytanowych można przy warunku zoptymalizowania procesu wykorzystać do ukształtowania samonośnej struktury wyrobu o właściwościach mechanicznych zbliżonych do właściwości wyrobów wytwarzanych w sposób konwencjonalny.

Faza druga - obejmowała realizację badań własnych z natryskiwania przyrostowego zimnym gazem, które najogólniej i w sposób najbardziej klarowny można podzielić na trzy części i następująco je scharakteryzować:

Część I. Badania podstawowe powłok Ti natryskiwanych za pomocą systemu Impact 5/8 przy użyciu azotu (N₂), które przeprowadzono w celu optymalizacji wartości parametrów natryskiwania. W tej części zawarto trzy rozdziały: szósty, siódmy i ósmy dotyczące odpowiednio przedstawienia wykorzystanej aparatury i metod badawczych (mikrostruktura,

korozja, indentacja, zarysowanie) oraz optymalizacji parametrów procesu wg podejścia Taguchiego, jak również demonstracji natryskiwania przyrostowego wyrobów z materiału proszkowego CP Ti.

Część II. Badania podstawowe powłok przyrostowych wybranych proszków Ti-6Al-4V natrykiwanych za pomocą systemu Impact 5/8 przy użyciu azotu (N_2), helu (He) oraz ich mieszanki (N_2+He), które przeprowadzono na bazie zoptymalizowanych parametrów w celu selekcji najkorzystniejszych konfiguracji do dalszych badań kwalifikacyjnych. Tej części poświęcono rozdział dziewiąty

Część III. Badania kwalifikacyjne powłok przyrostowych Ti-6Al-4V natrykiwanych za pomocą systemów Impact 5/8 oraz Imapact 5/11. Badania były prowadzone w celu wyboru najkorzystniejszej konfiguracji dla finalnego wytworzenia wybranych demonstratorów technologii. Tej, jak się wydaje najważniejszej części z całej rozprawy dedykowano trzy ostatnie rozdziały, w których przedstawiono metody i środki badawcze zastosowane w ramach testów kwalifikacyjnych, wyniki badań oraz finalne produkty. Wyniki badań kwalifikacyjnych obejmowały zarówno dane jakościowe z zakresu badań korozji i tomografii struktur, jak i dane ilościowe pochodzące z testów twardości, wytrzymałości czy prób zmęczeniowych próbek Ti-6Al-4V. Na koniec przedstawiono przebieg **nowego procesu wytworzenia wyrobów tytanowych** jako potencjalnego kandydata do wdrożenia do produkcji lotniczej.