

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**

**Wydział Mechaniczny Technologiczny**



**mgr inż. Maciej Wiśniowski**

## **PRACA DOKTORSKA**

**Wytwarzanie kompozytowych warstw powierzchniowych na  
podłożu tytanu GRADE 1 metodą laserowego wtapiania proszków  
żelazo-niklu i żelazo-chromu**

**Promotor:**

**dr hab. inż. Tomasz Tański, prof. PŚ.**

**Promotor pomocniczy:**

**dr hab. inż. Damian Janicki, Prof. PŚ.**

**Gliwice, 2021**

Tytan i jego stopy należą do grupy materiałów powszechnie stosowanych w przemyśle chemicznym, energetycznym, motoryzacyjnym, stoczniowym oraz lotniczym. Tak szeroki wachlarz zastosowań wynika z unikalnych właściwości tytanu tj. wysokiej wytrzymałości właściwej, niskiej gęstości oraz wysokiej stabilności termicznej. Tytan charakteryzuje się również wysoką biokompatybilnością i odpornością korozyjną, która wynika ze zdolności tytanu i jego stopów do samopasywacji, czyli tworzenia się samorzutnie warstewki tlenków na jego powierzchni.

Czysty tytan jak i stopy tytanu charakteryzują się relatywnie niską odpornością na zużycie ściernie oraz wysokim współczynnikiem tarcia. Przyczynę tego stanu upatruje się przede wszystkim w budowie struktury krystalicznej tej grupy materiałów oraz niskiej wytrzymałości na rozciąganie/ściananie warstwy tlenków tworzących się na ich powierzchni. Powyższe cechy w dużym stopniu weryfikują możliwości zastosowania tytanu w warunkach intensywnego zużycia ściernego.

Poprawę własności trybologicznych tytanu i jego stopów można uzyskać stosując obróbkę laserową, która na przestrzeni kilkunastu ostatnich lat zyskała znacznie na popularności. Jej zastosowanie może zapewnić rozdrobnienie, ujednorodnienie, utwardzenie mikrostruktury, zmianę składu chemicznego, poprawę własności mechanicznych i/lub fizycznych. Szybkie chłodzenie nadtopionego materiału pozwala uzyskiwać warstwę wierzchnią o własnościach mechanicznych, fizyko-chemicznych odmiennych od materiału rodzimego, często gwarantując również poprawę własności eksploatacyjnych obrabianego elementu. Nowoczesne rozwiązania w ramach obróbki laserowej stopów tytanu skupiają się na zastosowaniu pierwiastków stabilizujących fazę  $\beta$  (np. Fe, Cr, Ni, itp.).

W niniejszej pracy podjęto się określenia wpływu wtapiania laserowego cząstek Fe-Cr, Fe-Ni dodatkowo z wykorzystaniem dwóch różnych źródeł laserowych, tj. lasera diodowego dużej mocy HPDL (z ang. high power diode laser) oraz lasera włóknowego, na strukturę i własności osnowy w postaci tytanu GRADE 1.

Wyniki badań wskazują, że budowa wewnętrzna badanego stopu wraz z uzyskanymi własnościami mechanicznymi i użytkowymi różnicuje się w zależności od zastosowanego zestawu parametrów laserowej obróbki powierzchniowej, w tym: mocy wiązki lasera, szybkości posuwu jego głowicy, ilości gazu osłonowego i ilości proszku stopującego. We wszystkich analizowanych przypadkach zidentyfikowana została dwufazowa struktura tytanu  $\alpha+\beta$  o budowie martenzytycznej. W przypadku próbek stopowanych proszkiem Fe-N zidentyfikowano dodatkowo fazę  $Ti(Fe,Ni)$  oraz eutektykę w postaci mieszaniny wtórnej fazy  $Ti_2(Fe,Ni)$  z fazą  $Ti-\beta$ .

Wykazano, że w czasie krystalizacji ciekłego jeziora dochodzi do niekontrolowanego wydzielania się dyspersyjnych cząstek fazy  $TiO/TiN$ , które odpowiedzialne są za wzrost własności mechanicznych i użytkowych tytanu GRADE 1 (utwardzenie wydzieleniowe). Dodatkowo, wykonane badania korozji elektrochemicznej w wodnym 3,5% roztworze NaCl próbek po stopowaniu potwierdzają wyraźne zmiany w zachowaniu badanych materiałów po stopowaniu – wzrost odporności korozyjnej (w porównaniu do wyniku uzyskanego dla tytanu GRADE 1) nastąpił w 14 z 16 przypadków badanych próbek.