

## **O wpływie obróbki laserowej na wysokotemperaturowe utlenianie stopów tytanu z wykorzystaniem działania azotu w strefie przypowierzchniowej.**

Tytan i jego stopy są obiecującą alternatywą dla obecnie wykorzystywanych materiałów w zastosowaniach wysokotemperaturowych, takich jak silniki lotnicze, silniki samochodowe czy turbiny gazowe. Obecnie części m.in. silników lotniczych powszechnie wykonuje się ze stopów na bazie niklu lub żelaza, jednak ich gęstość jest prawie dwukrotnie większa niż tytanu i jego stopów [1]. **Zidentyfikowanym problemem do rozwiązania jest konieczność poprawy odporności na wysokotemperaturowe utlenianie obecnie stosowanych materiałów na bazie Ti w celu zmniejszenia masy np. elementów samolotów czy turbin gazowych.** Obecnie opracowuje się nowe metody pozwalające na zwiększenie odporności na wysokotemperaturowe utlenianie Ti i jego stopów, ze szczególnym uwzględnieniem **obróbek powierzchniowych.**

W zakresie temperatur 600-900°C utlenianie tytanu odbywa się głównie poprzez rozpuszczanie tlenu w podłożu metalicznym. Kluczową rolę podczas utleniania tytanu i jego stopów w atmosferze powietrza odgrywa azot, który powoduje tworzenie wyróżniającej się warstwy bogatej w N między tlenkiem a osnową, która spowalnia dyfuzję tlenu do metalu. **Zamierzone wprowadzenie azotu do obszaru przypowierzchniowego tytanu i jego stopów może skutecznie poprawić ich odporność na utlenianie w wysokiej temperaturze.** Obiecującymi technikami przyczyniającymi się do wzrostu zawartości azotu w obszarze powierzchniowym są techniki laserowe [2-5]. Stąd też, **głównym celem tego projektu jest poprawa odporności na utlenianie w wysokich temperaturach wieloskładnikowych stopów tytanu (TIMETAL 834 i TIMETAL XT) poprzez laserową obróbkę powierzchni, która indukuje tworzenie warstwy Ti(O,N) na obrabianym laserowo podłożu tytanowym.** Ta warstwa powierzchniowa wzmacnia korzystny wpływ azotu atmosferycznego na spowolnienie wysokotemperaturowego utleniania tytanu. Ostatnie doniesienia wskazują, że obróbką powierzchni, która, jak udowodniono, poprawia odporność tytanu na utlenianie w wysokiej temperaturze, jest *Laser shock peening* – LSP [1,6,7], dlatego w tym projekcie obróbka LSP będzie stosowana jako odniesienie dla konwencjonalnej obróbki laserowej.

W ciągu ostatnich 30 lat wysokotemperaturowe stopy tytanu ograniczały się do kilku znanych składów chemicznych limitowanych przez granice rozpuszczalności i zdolność do tworzenia wydzielen. Rozwój stopów tytanu doprowadził do opracowania zaawansowanych systemów wysokotemperaturowych, takich jak TIMETAL 834 czy TIMETAL XT, które w swoim składzie zawierają pierwiastki silnie poprawiające odporność na utlenianie w wysokich temperaturach, takie jak Si, Al czy Sn. Według literatury krzem [8,9] jest pierwiastkiem niezbędnym w wysokotemperaturowych stopach tytanu, ponieważ tworzy wydzielania Ti-Si. **Jednak podczas obróbki laserowej wszystkie pierwiastki stopowe mogą reagować ze składnikami powietrza i tworzyć oprócz faz tytanu bardziej stabilne termodynamicznie fazy [4], które mogą przyczyniać się do poprawy odporności na utlenianie w wysokiej temperaturze. Jest to ważny aspekt w przypadku wieloskładnikowych stopów tytanu.** Projekt ten zapewni wgląd we właściwości powierzchni nowoczesnych materiałów na bazie Ti po obróbce laserowej (chropowatość, skład chemiczny i fazowy, mikrostruktura i właściwości mechaniczne) oraz analizę ich wpływu na odporność na utlenianie w wysokich temperaturach

Prace zaplanowane do przeprowadzenia w niniejszym projekcie mają fundamentalne znaczenie dla określenia oddziaływania wiązki laserowej z powierzchnią nowoczesnych stopów na bazie Ti oraz jego wpływu na odporność na utlenianie w wysokich temperaturach. Zdobyta wiedza będzie istotna nie tylko z punktu widzenia zastosowań wysokotemperaturowych, ale również przyczyni się do świadomego stosowania laserowej modyfikacji tytanu i jego stopów.

- [1] L. Lavis, P. Berger, A. Kanjer, V. Optasanu, C. Gorny, P. Peyre, M. François, T. Montesin, M.C. Marco de Lucas, *Corros. Sci.* 197 (2022) 110080.
- [2] F. Torrent, L. Lavis, P. Berger, J.M. Jouvard, H. Andrzejewski, G. Pillon, S. Bourgeois, M.C. Marco De Lucas, *Appl. Surf. Sci.* 278 (2013) 245–249.
- [3] F. Torrent, L. Lavis, P. Berger, G. Pillon, C. Lopes, F. Vaz, M.C. Marco de Lucas, *Surf. Coatings Technol.* 255 (2014) 146–152.
- [4] D. Kuczyńska-Zemła, P. Kwaśniak, A. Sotniczuk, T. Boll, D. Chassaing, P. Bazarnik, P. Wiciński, M. Pisarek, R. Ostrowski, H. Garbacz, *Appl. Surf. Sci.* 614 (2023) 156211.
- [5] D. Kuczyńska-Zemła, G. Sundell, M. Zemła, M. Andersson, H. Garbacz, *Appl. Surf. Sci.* 562 (2021) 150193.
- [6] A. Kanjer, L. Lavis, V. Optasanu, P. Berger, C. Gorny, P. Peyre, F. Herbst, O. Heintz, N. Geoffroy, T. Montesin, M.C. Marco de Lucas, *Surf. Coatings Technol.* 326 (2017) 146–155.
- [7] L. Lavis, A. Kanjer, P. Berger, V. Optasanu, C. Gorny, P. Peyre, T. Montesin, M.C. Marco de Lucas, *Surf. Coatings Technol.* 403 (2020) 126368.
- [8] E. Zhao, S. Sun, Y. Zhang, *J. Mater. Res. Technol.* 14 (2021) 3029–3042.
- [9] D. Vojtěch, B. Bártová, T. Kubatík, *Mater. Sci. Eng. A* 361 (2003) 50–57.