

## STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**Tytuł: Degradacja powłokowych barier cieplnych na monokrystalicznym żarowytrzymałym stopie niklu w warunkach wysokotemperaturowego utleniania**

mgr inż. Radosław Swadźba

Powłokowe bariery cieplne (Thermal Barrier Coatings - TBC) są systemami powłok stosowanymi na komponentach w najgorętszych częściach nowoczesnych silników turbinowych, dzięki czemu mogą one pracować w znacznie wyższej temperaturze niż pozwalają na to stopy, z których są wykonane. Wydajność oraz moc silników turbinowych stosowanych do napędzania samolotów są bezpośrednio związane z temperaturą gazów w turbinie. Równocześnie ze wzrostem temperatury gazów w turbinie przemysł lotniczy nieustannie dąży do zwiększenia trwałości komponentów, z której jest ona zbudowana, tj. łopatek stacjonarnych oraz wirujących jak również komór spalania, co stanowi siłę napędową rozwoju nowych rodzajów powłok ochronnych, w tym powłokowych barier cieplnych.

Na podstawie analizy literatury dotyczącej mechanizmów degradacji powłokowych barier cieplnych w warunkach wysokotemperaturowego utleniania, a także wyników wstępnych badań własnych sformułowano tezę pracy:

Trwałość oraz mechanizmy degradacji w warunkach cyklicznych zmian temperatury powłokowych barier cieplnych wytwarzanych na monokrystalicznym stopie niklu metodą EB-PVD determinowane są mikrostrukturą oraz składem chemicznym i fazowym międzywarstw. Celem rozprawy było wyjaśnienie mechanizmów degradacji powłokowych barier cieplnych wytwarzanych metodą EB-PVD na monokrystalicznym stopie René N5 w warunkach wysokotemperaturowego utleniania. Do realizacji założonego celu wytworzono powłokowe bariery cieplne z trzema międzywarstwami: aluminidkową modyfikowaną platyną, która stanowi standard w przemyśle lotniczym oraz z nowymi rodzajami międzywarstw stanowiącymi ekonomicznie opłacalną alternatywę: aluminidkowe modyfikowaną platyną i palladem, oraz tzw. Pt- $\gamma/\gamma'$ , w której nie zastosowano procesu aluminowania.

Na podstawie wyników badań przeprowadzono analizę porównawczą mechanizmów degradacji powłokowych barier cieplnych na trzech międzywarstwach podczas testu cyklicznego utleniania. Sporządzono modele, które przedstawiają zachodzące w nich przemiany fazowe podczas utleniania wysokotemperaturowego a również określono drogę dyfuzji poszczególnych pierwiastków oraz ich rolę w procesach degradacji powłokowych

barier cieplnych. Określono wpływ składu chemicznego i fazowego międzywarstw na mechanizm wzrostu, mikrostrukturę i skład fazowy warstwy tlenkowej TGO oraz jej rolę w degradacji powłokowych barier cieplnych. Scharakteryzowano zachowanie pierwiastków reaktywnych, takich jak Hf, Y i Zr dyfundujących ze stopu René N5 w kierunku atmosfery utleniającej. Wykazano, że zaproponowany proces utleniania wstępnego umożliwia wytworzenie stabilnej i przyczepnej do podłoża warstwy tlenkowej TGO o grubości 500 nm i zbudowanej wyłącznie z  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  w przypadku międzywarstw aluminidkowych modyfikowanych Pt i Pd+Pt, oraz porowatej warstwy tlenkowej TGO zbudowanej z  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  i spinelu  $\text{NiAl}_2\text{O}_4$  o grubości około 1  $\mu\text{m}$  w przypadku międzywarstw Pt- $\gamma/\gamma'$ . Na tej podstawie wykazano, że początkowa mikrostruktura i skład fazowy warstwy tlenkowej TGO ma decydujący wpływ na trwałość powłokowych barier cieplnych i mechanizm ich degradacji oraz, że są one bezpośrednio zależne od struktury, składu fazowego i chemicznego międzywarstw, a również parametrów procesu utleniania wstępnego.