



Silesian University of Technology
Faculty of Materials Engineering

DOCTORAL DISSERTATION

**Effect of selected reactive elements on high temperature
oxidation behavior of γ - γ' Co-based superalloys**

**(Efekt wybranych pierwiastków reaktywnych na wysokotemperaturowe
utlenianie nadstopów kobaltu typu γ - γ')**

Damian Migas

Supervisor: dr hab. inż. Grzegorz Moskał, prof. PŚ.

Assistant supervisor: dr inż. Agnieszka Tomaszewska

Katowice, 2023

Streszczenie

Nowe nadstopy typu γ - γ' na bazie kobaltu są próbą odpowiedzi na ograniczenia komercyjnie stosowanych nadstopów niklu, które nie dają już możliwości zwiększania maksymalnej temperatury pracy turbin gazowych w przemyśle lotniczym oraz w energetyce. Nowa grupa nadstopów wykazuje pewne korzyści względem obecnie stosowanych nadstopów niklu, dlatego przyciąga uwagę coraz większej liczby naukowców na całym świecie i jest wciąż w fazie badań. Pomimo licznych zalet, nowe materiały wykazują niską odporność na wysokotemperaturowe utlenianie. Jednym ze sposobów jej poprawy jest dodawanie do stopów pierwiastków reaktywnych, co było przedmiotem prac zawartych w rozprawie.

Prace eksperymentalne objęły wytworzenie stopu Co-9Al-9W (at%) oraz czterech stopów modyfikowanych pierwiastkami reaktywnymi (RE) o składzie Co-9Al-9W-0.1RE (RE=La, Nd, Dy, Y). Przebadano mikrostrukturę wytworzonych stopów, ich właściwości termiczne oraz odporność materiałów na utlenianie wysokotemperaturowe w warunkach izotermicznych oraz cyklicznych. Zbadano mechanizm utleniania wszystkich stopów oraz wyznaczono kinetykę utleniania w 700, 800 oraz 900 °C. Dokonano szczegółowej charakteryzacji warstw utlenionych metodami mikroskopii elektronowej. Szczególną uwagę poświęcono zmianom w mikrostrukturze oraz mechanizmie utleniania związanym z obecnością pierwiastków reaktywnych.

Wykazano, iż wprowadzenie pierwiastków reaktywnych przyczynia się do poprawy odporności na utlenianie izotermiczne stopów Co-Al-W, zwłaszcza w 900 °C. Mimo obniżenia prędkości utleniania, poprawa jest niewystarczająca ze względu na brak tworzenia się ochronnej warstwy Al₂O₃. Pierwiastki takie jak La, Nd, Dy oraz Y praktycznie nie rozpuszczają się w roztworze γ -Co ani w fazie γ' -Co₃(Al, W). Tworzą natomiast fazy międzymetaliczne, głównie na granicach ziarn. Fazy te ulegają selektywnemu, wewnętrznemu utlenianiu. W trakcie utleniania, stopy domieszkowane pierwiastkami reaktywnymi charakteryzują się dużo szerszą strefą utleniania wewnętrznego w stosunku do materiału referencyjnego, a w pobliżu granicy metal-zgorzelina obserwuje się zwiększoną koncentrację tlenków bogatych w glin. Może to przekładać się na niższą prędkość utleniania i grubość warstw tlenkowych w modyfikowanych stopach. Liczne tlenki zawierające pierwiastki reaktywne, lokujące się przy granicy podłoże-zgorzelina, mogą mieć wpływ na wzrost przyczepności zgorzeliny, objawiający się wzrostem odporności na utlenianie cykliczne.