



Caractérisation et modélisation de l'évolution de microstructure d'un revêtement (Ni,Pt)Al déposé sur un superalliage monocristallin

Lieu du stage : Centre des Matériaux (CDM) et SAFRAN Tech

Encadrants : Vladimir Esin, Vincent Maurel (CDM) ; Charles-André Gandin (CEMEF) ; Amar Saboundji, Jérémy Rame et Ngadia Taha Niane (SAFRAN Tech)

Mots-clés : diffusion, superalliage base Ni, transformations de phases, barrière thermique, DICTRA

Contexte de l'étude

Dans un réacteur d'avion, les aubes de turbine haute pression sont des pièces soumises à un environnement extrêmement sévère : elles sont en contact avec des gaz chauds, dont la température dépasse la température de fusion du matériau base nickel utilisé et subissent des efforts centrifuges liés à des vitesses de rotation dépassant 20000 tr/min. Pour résister à de telles sollicitations, on utilise des superalliages à base de Ni solidifiés sous forme monocristalline et protégés par des barrières thermiques. Cette barrière thermique est constituée, depuis la surface du revêtement vers le substrat en matériau base nickel,

- d'une couche céramique qui permet de limiter les températures atteintes dans le substrat au cours des transitoires thermiques,
- d'un film d'oxyde a priori imperméable au flux d'oxygène provenant des gaz brûlés, et qui se construit au cours de la vie de l'aube,
- d'une sous-couche métallique servant de réservoir d'aluminium et de couche dite d'accrochage de la barrière thermique.

L'adhérence de la céramique est tributaire de l'état microstructural de la sous-couche dont la rugosité et la microstructure évoluent en fonction du chargement thermomécanique subi par la pièce, limitant la durée de vie du revêtement.

Objectifs/déroulement du projet

Cette étude vise à comprendre l'évolution de microstructure en cours de vieillissement à haute température ($T \geq 1100$ °C) du système substrat - sous-couche métallique dépourvu de couche céramique. Cette analyse suivra celles développées par Sallot [1] et Lecardonnel [2], selon les deux axes suivants :

- caractérisation expérimentale des transformations de phases dans le revêtement et dans le substrat. Des vieillissements isothermes et anisothermes seront effectués à différents temps et températures. Une caractérisation de l'évolution de microstructure sera réalisée par microscopie électronique à balayage (MEB), des analyses semi-quantitative (EDS) et quantitative (microsonde de Castaing) des compositions en espèces chimiques de la sous-couche et du substrat ;
- simulations de changement de phases en utilisant le logiciel DICTRA. L'objectif de cette partie sera de déterminer le potentiel et les limites de cet outil pour la prédiction de l'évolution de la microstructure de la sous-couche.

Le stage se déroulera essentiellement au Centre des Matériaux pour la partie caractérisation expérimentale et sur le site de Safran/Snecma Gennevilliers pour la partie simulation numérique.

Compétences requises : solides connaissances en diffusion et métallurgie, goût prononcé pour l'analyse expérimentale et la simulation numérique.

[1] P. Sallot, *Modélisation de la durée de vie d'un revêtement aluminoferré en conditions de sollicitations thermo-mécaniques*, thèse de doctorat MINES ParisTech (CDM), 2012.

[2] R. Lecardonnel, *Modélisation de la diffusion dans les alliages métalliques multicomposés*, stage MINES ParisTech (CEMEF), 2015.