

Croissance de la céramique eutectique $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-YAG-ZrO}_2\text{:Y}$ et étude de la microstructure Chinese Script

Maya CHERIF

Sous la direction de Thierry Duffar

Jeudi 15 septembre à 10h15

Amphithéâtre Jean Besson (Phelma Campus)

Résumé : Les céramiques eutectiques $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-YAG-ZrO}_2\text{:Y}$ obtenues par solidification dirigée constituent une alternative aux superalliages base nickel monocristallins pour le développement d'aubes de turbine à haute température. En effet, leur microstructure complexe 3D-imbriquée, appelée Chinese Script, et la qualité des interphases confèrent au matériau une stabilité thermique et des propriétés mécaniques, fluage et contrainte à la rupture, constantes jusqu'à des températures proches de 1700°C .

Nos travaux se basent sur deux approches, expérimentale et numérique, afin de comprendre deux aspects inhérents à la morphologie de cet alliage :

- La microstructure Chinese Script constituée de lamelles irrégulières enchevêtrées des phases majoritaires corindon et YAG et d'une troisième phase $\text{ZrO}_2\text{:Y}$.
- L'apparition des colonies dans la microstructure, qui résultent d'une déstabilisation de l'interface de solidification en présence d'une impureté.

Trois procédés d'élaboration ont été utilisés dans le cadre du projet : EFG, Bridgman et Micro-Pulling Down, afin d'explorer une large gamme de conditions de croissance (gradient de température et vitesse de solidification). Une modélisation des trois procédés par éléments finis avec le logiciel commercial COMSOL a permis une connaissance précise des paramètres de solidification, nécessaire à l'étude des mécanismes de croissance. En parallèle, la composition des échantillons est confrontée aux calculs CALPHAD du diagramme d'équilibre des phases.

Une procédure de caractérisation des microstructures obtenues pour différentes conditions de solidification a été mise en place pour décrire cet eutectique irrégulier. Ainsi l'effet de la vitesse et du gradient de température sur cet alliage a été étudié. Des similarités avec la croissance des eutectiques métalliques ont été établies. Il apparaît que la structure eutectique est constituée de deux phases Al_2O_3 et YAG monocristallines et d'une dispersion de $\text{ZrO}_2\text{:Y}$.

Enfin un modèle physico-chimique, inspiré des modèles existants sur la croissance eutectique des métaux, est proposé pour expliquer la formation de cette microstructure et la déstabilisation du front de solidification. Ce modèle est comparé aux observations expérimentales et montre que la compréhension de la croissance eutectique élaborée dans le cas des métaux s'applique bien à la description des eutectiques céramiques.

Par ailleurs, une perspective de contrôle de la microstructure par champ électrique est présentée. En effet, en utilisant le caractère ionique du matériau fondu, l'application d'un champ électrique permet de modifier le mouvement des ions et donc d'influencer les phénomènes de diffusion à l'origine de la microstructure.