

## RÉSUMÉ

---

Le dimensionnement des disques de superalliage base nickel dans les moteurs d'avion est un processus complexe et critique pour le bon fonctionnement du transport aérien. L'amélioration continue des performances de ces composants doit assurer la bonne tenue du moteur dans des conditions mécaniques et thermiques extrêmes. Un des aspects les plus importants dans la genèse de ces produits est l'état microstructural de la matière. Les ingénieurs qui développent ces turbines ont donc un besoin spécifique pour des modèles capables de prédire les évolutions microstructurales pendant le forgeage. Ce travail a pour but d'améliorer les approches numériques de type Élément Finis - Level Set appliquées à l'évolution des microstructures métalliques en enrichissant la description des joints de grains. L'enrichissement de la représentation des joints de grains est nécessaire afin de prendre en compte des joints particuliers - comme les joints de macles - qui sont observés en très grand nombre dans les superalliages forgés. Cette activité vise particulièrement à incorporer l'effet des énergies arbitraires des interfaces cristallines dans les modèles de migration de joints de grains. Les modifications apportées à la méthode sont à la fois numériques et mathématiques. En incluant des termes supplémentaires dans l'expression de la vitesse de migration de l'interface, cette étude montre, par la simulation de cas analytiques et non-analytiques, que l'approche est capable de simuler un éventail de phénomènes. À la fois l'effet de l'ancrage dû à l'orientation et le moment sur les joints multiples sont mis en évidence. La méthode donne aussi des résultats plus fiables sur la simulation des joints avec des propriétés particulières comme les joints de macles.

## MOTS CLÉS

---

Croissance de Grains, Éléments Finis, Modélisation, Joints de Macles, Anisotropie

## ABSTRACT

---

The design of nickel based superalloy disks in an industrial setting is a stringent process which must produce critical components of the aircraft engine. Improving these components is no small feat given the extreme mechanical and thermal constraints endured by these types of parts. One of the most important aspects of the design is the microstructure of the underlying material. As such, the engineers who design these machines have a specific need for models capable of predicting microstructural evolution in metallic materials during the forging process. This work aims to improve on the existing Level Set Finite Element framework for microstructural evolution by including enriched descriptions of grain boundaries. These enriched characterizations are needed in order to take into account special boundaries - such as the twin boundary - which can be observed in great number in forged superalloys. This effort is concentrated on integrating arbitrary values for the grain boundary energy density into the numerical models. This enhancement of the model lies not only in the numerical aspects but also in the underlying mathematical formulation. By including supplemental terms in the expression of the velocity of a migrating grain boundary, this investigation has found, using analytical and non-analytical benchmarks, that the new approach is able to take into account a host of phenomena. Evidence of both orientation pinning and torque applied to triple junctions has been found in virtually annealed polycrystals. Also, the model has proven to be more capable of taking into account the singular behavior of the twin boundary than previous iterations of the method.

## KEYWORDS

---

Grain Growth, Finite Elements, Modeling, Twin Boundaries, Anisotropy