

Sujet de Thèse

Chaire Opale

CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

FORGEAGE DES SUPERALLIAGES BASE NICKEL : IMPACT DE L'ÉCROUISSAGE RÉSIDUEL SUR LA RÉPONSE AU TRAITEMENT THERMIQUE

La chaire industrielle OPALE, co-financée par l'ANR et le groupe Safran, porte sur l'optimisation des propriétés de superalliages à base nickel polycristallins par le contrôle de la microstructure issue de la mise en forme. Améliorer les performances de ces alliages permettra d'élever la température de fonctionnement des moteurs et d'en améliorer le rendement et contribuera ainsi à la réduction du coût énergétique et de l'impact écologique du transport aérien. La chaire OPALE réunit les compétences du CEMEF (MINES ParisTech, UMR CNRS 7635) concernant l'impact du procédé de mise en forme sur la microstructure et celles de l'Institut P' (ISAE-ENSMA, UPR CNRS 3346) pour l'impact de la microstructure sur les propriétés mécaniques en service. Neuf doctorants et cinq post-doctorants seront recrutés sur la période 2015-2018 pour aborder des aspects complémentaires. La chaire OPALE offre ainsi un cadre de travail collaboratif particulièrement riche.

TRAVAUX DE THÈSE

Au cours des opérations de forgeage qui sont nécessairement réalisés à haute température, la microstructure des superalliages s'écroute puis recristallise partiellement ou totalement selon les conditions de température et vitesse de déformation et selon l'amplitude de la déformation imposée. Même dans le cas où la microstructure recristallise totalement, le matériau conserve un certain niveau d'écroissage à l'issue du forgeage car les grains recristallisés se développent pendant la déformation. L'écroissage résiduel se traduit physiquement par une densité de dislocations plus ou moins uniformément répartie dans le polycristal. La thèse vise à étudier comment le niveau moyen et la distribution des densités de dislocations varient en fonction des conditions thermomécaniques appliquées. C'est une étape essentielle dans la maîtrise des microstructures finales car la réponse aux traitements thermiques ultérieurs peut dépendre fortement de la densité de dislocations. Les traitements thermiques peuvent avoir pour objectif une mise en solution totale ou partielle, de faire précipiter les phases durcissantes. L'influence de l'écroissage résiduel sur ces différents types de traitement thermique, et notamment sur les cinétiques de précipitation durcissante, sera également étudiée dans cette thèse. Le travail consistera donc à :

- réaliser des essais thermomécaniques de laboratoire reproduisant des conditions de mise en forme industrielle et des traitements thermiques sur des états présentant des niveaux et distributions de densités de dislocations différents,
- évaluer l'écroissage résiduel et l'homogénéité de répartition des dislocations à l'échelle des grains du polycristal par recours à différentes techniques expérimentales (notamment la microscopie électronique à balayage et la cartographie d'orientations par EBSD) et par recours à des outils de simulation de la plasticité cristalline; proposer un modèle permettant de décrire la dépendance aux conditions thermomécaniques,
- décrire les évolutions observées après traitement thermique (précipitation, dissolution, croissance de grains selon les cas) au moyen de lois cinétiques formulées pour prendre en compte l'influence de la densité de dislocations.

Mines ParisTech
 CEMEF rue Claude Daunesse CS 10207 06904
 Sophia Antipolis, France
 nathalie.bozzolo@mines-paristech.fr (Titulaire de la Chaire)
 marc.bernacki@mines-paristech.fr
 +33 (0)4 93 67 89 45 - +33 (0)4 93 67 89 63
 site web pour candidater

MOTS-CLÉS

Métallurgie – Mise en Forme – Microstructure – Superalliages – Aéronautique

PROFIL – COMPÉTENCES RECHERCHÉES

Formation d'ingénieur ou master en métallurgie / science des matériaux – Goût pour la recherche, le travail expérimental et la modélisation des phénomènes observés – Rigueur et capacité à s'investir pleinement dans un sujet – Aptitude au travail en équipe – La maîtrise de la langue anglaise est indispensable.

LIEU

La thèse sera effectuée au laboratoire Cemef de l'Ecole des Mines de Paris à Sophia-Antipolis.

EQUIPE

La thèse se déroulera dans l'équipe Métallurgie Structure Rhéologie – MSR sous la direction de Nathalie Bozzolo (Professeur en métallurgie physique et titulaire de la chaire ANR-Safran OPALE) et Marc Bernacki (Professeur en métallurgie numérique).

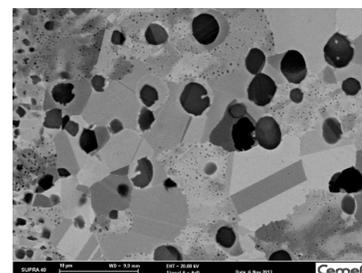


Image d'électrons rétrodiffusés. Précipitation hétérogène résultant d'un écroissage résiduel hétérogène dans un superalliage base nickel.