

Etude de la variabilité des contraintes locales dans un alliage DS en présence de désorientation primaire

Lieu du stage : Centre des Matériaux et Safrantech

Encadrants : Georges Cailletaud (MINES ParisTech) et Arjen ROOS (SAFRANTECH)

Mots-clés : Plasticité cristalline, règles de changement d'échelles, approche statistique, viscoplasticité, aube de turbine.

Contexte de l'étude

Entre les polycristaux à grains équiaxiaux pas assez performants et les monocristaux difficiles à fabriquer et mettre en œuvre, les alliages à solidification dirigée constituent un compromis performance/coût qui peut être intéressant dans certains étages des turbines aéronautiques. Leur utilisation optimale nécessite le développement de modèles de comportement et d'amorçage de fissure prenant en compte leur structure très particulière. Dans une configuration idéale, pour le cas des superalliages base nickel faisant l'objet de cette étude, qui ont une structure cubique à faces centrées, tous les grains partagent le même axe cristallographique (soit par exemple 001). Le matériau peut alors être généré en considérant des grains définis chacun par une seule rotation autour de cet axe. Le comportement macroscopique est donc orthotrope, avec une symétrie de révolution autour de l'axe 001. Résultant d'une étude précédente, un modèle de viscoplasticité cyclique développé dans le cadre de la plasticité cristalline est disponible au Centre des Matériaux et chez Safran, dans le code de calcul Zset. Il permet de prendre en compte le changement d'échelles entre le niveau macroscopique et celui des grains, et exprime la plasticité à partir des systèmes de glissement.

Objectifs du projet

Le modèle disponible constitue une première approche permettant d'estimer le comportement local dans chaque grain des pièces réelles, mais il souffre de plusieurs limitations, que la présente étude devra lever.

1/ La variabilité des réponses qu'il fournit à l'échelle des grains est définie dans le cadre d'une approche à champs moyens. Elle sous-estime donc la variabilité réelle observée dans le cadre de calculs en champs complets. Le premier but de l'étude est d'analyser cet écart et de proposer une règle empirique reliant les deux populations.

2/ Les alliages réels ne sont pas parfaits : les grains présentent une désorientation primaire qui peut aller jusqu'à une dizaine de degrés entre les axes cristallographiques 001 des différents grains. Il faut donc évaluer le rôle que joue cette désorientation sur le comportement résultant, qui peut éventuellement conserver son caractère axisymétrique, mais qui va perdre l'uniformité de déformation en traction selon l'axe de solidification.

3/ La taille des grains n'est pas négligeable devant celle des pièces. Chacune d'entre elles devrait donc en toute rigueur être traitée comme un nouveau cas de calcul, dans lequel le matériau aurait une disposition spatiale particulière. Dans la mesure où cette approche est impossible, car elle nécessiterait non seulement un calcul mais surtout une caractérisation individuelle des pièces, il faut disposer d'un modèle qui soit capable de déterminer les états de contrainte et de déformation extrêmes pour une géométrie et un chargement extérieur donnés. Ce modèle devra prendre en compte toutes les orientations et tous les voisinages possibles en un point donné, et également les accidents géométriques, tels que les grains débouchant en surface dans les zones sensibles.

Programme de travail

Premier semestre : Etude bibliographique, prise en main du logiciel, étude systématique de la variabilité pour un matériau parfait (point 1 de la description ci-dessus).

Second semestre : Etude du modèle à champs moyens pour matériau avec désorientation primaire (2 mois), puis calculs sur pièces réelles et construction d'une approche permettant de proposer en chaque point d'un composant une valeur critique des champs de contrainte et de déformation.

Profil demandé

Le sujet convient à un candidat ayant un profil mécanique des matériaux, et qui souhaite mettre en œuvre ces connaissances dans des calculs de structures de moyenne et grande tailles (calcul hautes performances).