

Contrôle non destructif d'aubes de turbines monocristallines : détection volumique de défauts par diffraction des rayons X

Lieu du stage : Centre des Matériaux

Encadrement :

SAFRAN TECH : Clément Remacha

Centre des Matériaux : Henry Proudhon.

Résumé :

Ce stage a pour objectif d'étudier la faisabilité d'une nouvelle technique de détection de défauts dans les aubes de turbines monocristallines basée sur la diffraction des rayons X.

Sujet :

Les aubes de turboréacteur qui subissent les plus importantes sollicitations mécaniques endurent des températures de l'ordre de 1700 °C et des vitesses de plus de 20 000 tours par minutes. Pour que ces aubes en superalliages base nickel puissent fonctionner dans ces conditions extrêmes, elles sont fabriquées avec un procédé de solidification particulier leur permettant d'être constituées d'un unique cristal. Ce type de procédé permet d'une part d'avoir une orientation cristalline idéale par rapport aux sollicitations mécaniques que les aubes subiront en vol, et d'autre part, l'absence de joints augmente considérablement la résistance au fluage. La perfection du monocristal est donc cruciale pour la tenue mécanique de ces pièces. Or, lors de la croissance des monocristaux, des défauts peuvent apparaître conduisant à la présence de grains parasites plus ou moins gros. Une méthode de contrôle optique après une attaque électrochimique existe mais celle-ci reste manuelle et limitée à la surface de la pièce.

La diffraction des rayons X est utilisée depuis de nombreuses années pour qualifier l'orientation de monocristaux. Lorsqu'un faisceau polychromatique de rayons X est projeté sur un cristal, chaque longueur d'onde présente dans la radiation va diffracter sur une famille de plans $\{hkl\}$ dans une direction donnée par la loi de Bragg. L'ensemble des tâches ainsi formées sur un détecteur placé après la pièce constitue ce que l'on appelle un cliché de Laue. Avec les progrès des sources de laboratoire et des détecteurs de rayons X on peut aujourd'hui envisager d'étendre cette technique au mode micro-faisceau pour établir une cartographie d'orientation de la pièce et ainsi détecter des imperfections cristallines.

Le but du stage sera de réaliser les premières expériences pour valider ce concept. Les expériences seront réalisées au tomographe de la fédération francilienne de mécanique. On travaillera dans un premier temps sur un bicristal pour évaluer les possibilités de la technique puis avec des pièces réelles d'aubes de turbines. L'objectif final est de proposer un critère d'analyse des clichés de Laue pour détecter un défaut cristallin en volume dans ce type de pièce.

Programme du stage :

- Etude bibliographique sur la diffraction Laue
- Caractérisation cristallographique par EBSR d'échantillons de superalliage base Nickel
- Premiers essais de diffraction Laue
- Traitement des clichés de diffraction pour établir un critère de détection d'un défaut cristallin en volume
- Application de la méthodologie sur une pièce réelle

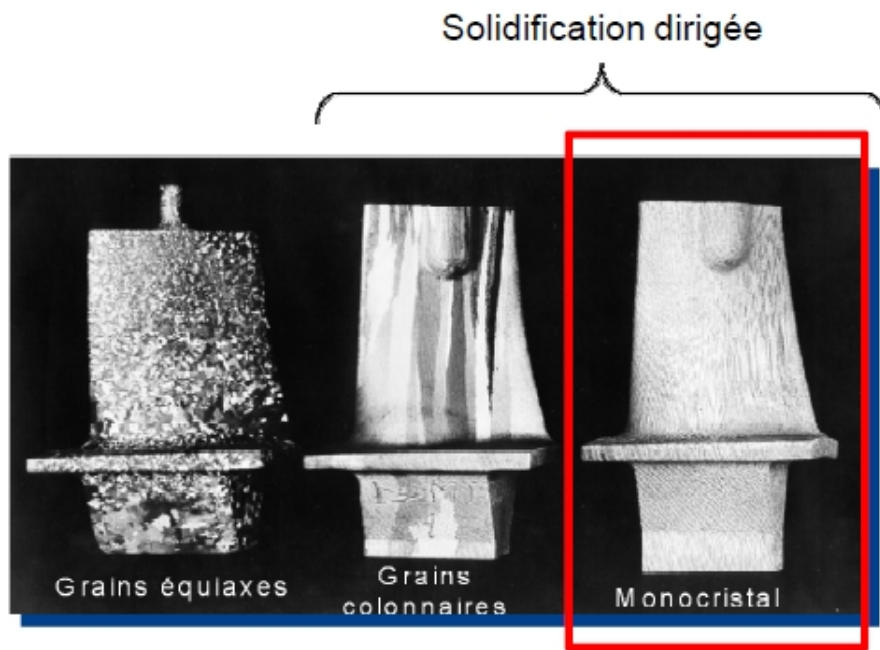


Fig. 1 : Types de macrostructure cristalline selon la méthode de solidification.

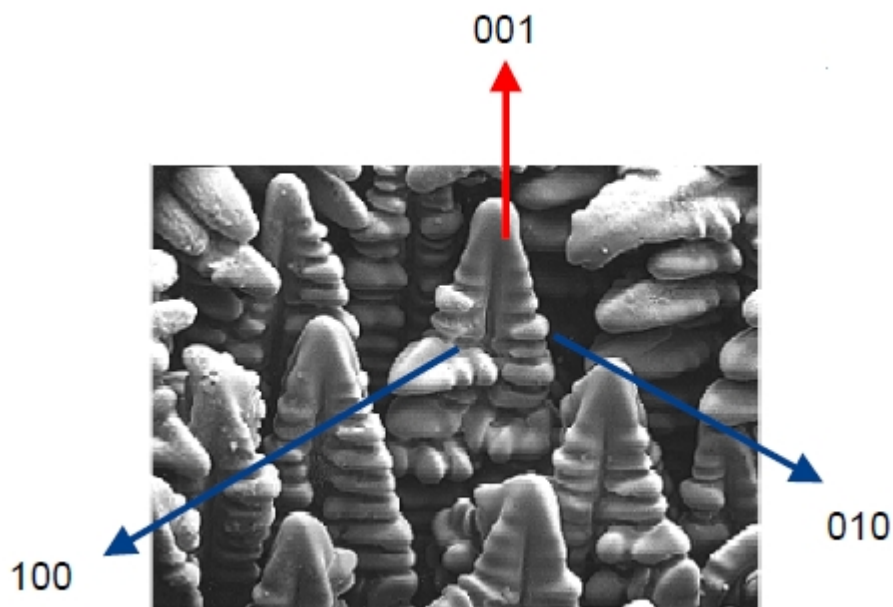


Fig. 2 : dendrites dans une aube monocristalline montrant une croissance dans la même direction.