



CENTRE DES MATERIAUX
P.M.FOURT



S *ÉMINAIRE du 23 Octobre 2015*

Les alliages d'aluminium de fonderie: vers une prise en compte de la microstructure dans le dimensionnement à la fatigue TMF



CARACTERISATION IN SITU DE L'ENDOMMAGEMENT EN FATIGUE D'UN ALLIAGE D'ALUMINIUM DE FONDERIE A HAUTE TEMPERATURE

Dezecot S.^{a,b,c}, Buffiere J.-Y.^a, Koster A.^b, Maurel V.^b et Szmytka F.^c

^a Laboratoire MATEIS, INSA de Lyon

^b Mines ParisTech, Centre des Matériaux, UMR CNRS 7633, BP 87, 91003, Evry Cedex, France.

^c PSA Peugeot Citroën Automobiles, 18 rue des Fauvelles, 92256 La Garenne Colombes, France.

On s'intéresse ici à déterminer les mécanismes d'endommagement à l'œuvre dans un alliage d'aluminium de fonderie AlSi7Cu3Mg en fatigue à haute température. Or l'analyse de l'endommagement lié aux pores et retassures de fonderie pour des sollicitations de fatigue est compliquée par la morphologie de ces microstructures et met en défaut les techniques d'observations classiques de surface [1]. La tomographie aux rayons X est une technique éprouvée pour analyser in situ le développement tridimensionnel de l'endommagement en fatigue [2]; cette technique est donc indiquée pour cette étude mais nécessite de mettre au point un dispositif expérimental et d'établir un protocole de mesure efficace en condition de fatigue à haute température. Pour cela, un four à lampes et une machine de fatigue ont été développés et adaptés pour satisfaire aux contraintes liées aux températures envisagées tout en rendant possible la mesure en tomographie RX en s'appuyant sur le savoir faire du Centre des Matériaux [3] et du laboratoire MATEIS de l'INSA de Lyon.

Des essais de fatigue isothermes, uni-axiaux à amplitude de contrainte constante et à $R\sigma=0,1$ ont été réalisés à l'ESRF à 250°C. La caractérisation de l'endommagement à partir des volumes 3D ainsi obtenus a montré que la fissure responsable de la rupture s'amorce généralement à proximité d'un pore de grande dimension par la rupture d'une phase intermétallique et se propage ensuite à travers le réseau de particules dures présent en pointe de fissure.

Des maillages tridimensionnels et réalistes de microstructures sont générés à partir des images de tomographie sur éprouvettes dans le but de réaliser des simulations par éléments finis de ces essais. On a ainsi mis en évidence que la localisation de la déformation plastique au voisinage des pores de grande dimension était directement liée à l'initiation de micro-fissures de fatigue. Afin de caractériser la vitesse et d'identifier un modèle de propagation de fissure de fatigue [4], des essais de propagation de fissure en plasticité généralisée ont été réalisés sur des éprouvettes à entaille latérale standardisées (SENT). Des mécanismes d'endommagement similaires ont été observés pour ces éprouvettes et pour les éprouvettes utilisées pour les essais in situ, ces dernières étant dépourvues d'entaille et de section bien plus faible que les éprouvettes SENT. L'analyse post mortem des éprouvettes SENT par tomographie RX a montré que le chemin tridimensionnel de propagation de fissure est corrélé aux pores de grandes dimensions et aux zones interdendritiques où l'on retrouve notamment le réseau de particules de silicium.

Ces premiers résultats permettent de conclure que la propagation de fissures se déroule dans les zones fortement déformées induites par la présence des pores, mais que localement, leurs croissances est le résultat de la décohésion/rupture des particules de l'eutectique.

-
- [1] S. Tabibian, E. Charkaluk, A. Constantinescu, A. Oudin, and F. Szmytka, "Behavior, damage and fatigue life assessment of lost foam casting aluminum alloys under thermo-mechanical fatigue conditions," *Procedia Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1145–1154, 2010.
- [2] J.-Y. Buffiere, E. Maire, J. Adrien, J.-P. Masse, and E. Boller, "In situ experiments with X ray tomography: an attractive tool for experimental mechanics," *Exp. Mech.*, vol. 50, no. 3, pp. 289–305, 2010.
- [3] A. Koster, E. Fleury, E. Vasseur, and L. Rémy, "Thermal-mechanical fatigue testing," *ASTM Spec. Tech. Publ.*, no. 1231, pp. 563–580, 1994.
- [4] V. Maurel, L. Rémy, F. Dahmen, and N. Haddar, "An engineering model for low cycle fatigue life based on a partition of energy and micro-crack growth," *Int. J. Fatigue*, vol. 31, no. 5, pp. 952–961, 2009.
-



EFFET DE LA PLASTICITE SUR LA MICROSTRUCTURE D'ALLIAGES D'ALUMINIUM DURCIS PAR PRECIPITATION AU COURS D'ESSAIS DE FATIGUE THERMOMECHANIQUE

Francois-Xavier Hoche^{1,2}, Luc Rémy¹, Alain Köster¹, Loeïz Nazé¹ et Pierre Osmond²

¹Mines ParisTech, Centre des Matériaux, UMR CNRS 7633, BP 87, 91003, Evry Cedex, France.

²PSA Peugeot Citroën Automobiles, 18 rue des Fauvelles, 92256 La Garenne Colombes, France.

Les zones des pontets inter-soupapes des culasses de moteurs réalisées en alliage d'aluminium de fonderie, subissent des sollicitations thermo-mécaniques qui s'accroissent avec le développement de moteurs de plus en plus performants.

Les alliages de culasse étudiés sont des alliages d'aluminium durcis par précipitation. À la température de service de la zone inter-soupapes, la microstructure de précipitation évolue au cours du temps depuis son état après traitement thermique de remise en solution et vieillissement jusqu'à une microstructure totalement vieillie. Actuellement, les culasses sont dimensionnées sur la base des caractéristiques mécaniques du matériau dans l'état de vieillissement maximal. Afin d'améliorer ce dimensionnement, il faut prendre en compte l'évolution de la microstructure tout au long du vieillissement en service. En outre, la cinétique de précipitation est également susceptible d'être fonction de la déformation plastique du matériau dans les zones inter-soupapes soumises à une déformation cyclique.

Des essais de fatigue thermo-mécanique ont été réalisés selon un cycle simulant les conditions en service. Les paramètres géométriques de la précipitation ont été déterminés par microscopie électronique en transmission pour différents nombres de cycles thermomécaniques. Ces paramètres sont comparés à ceux de la précipitation résultant de l'exposition de l'alliage au seul cyclage thermique pendant le même nombre de cycles. Cette comparaison permet de déterminer l'effet de la plasticité sur la cinétique de précipitation.

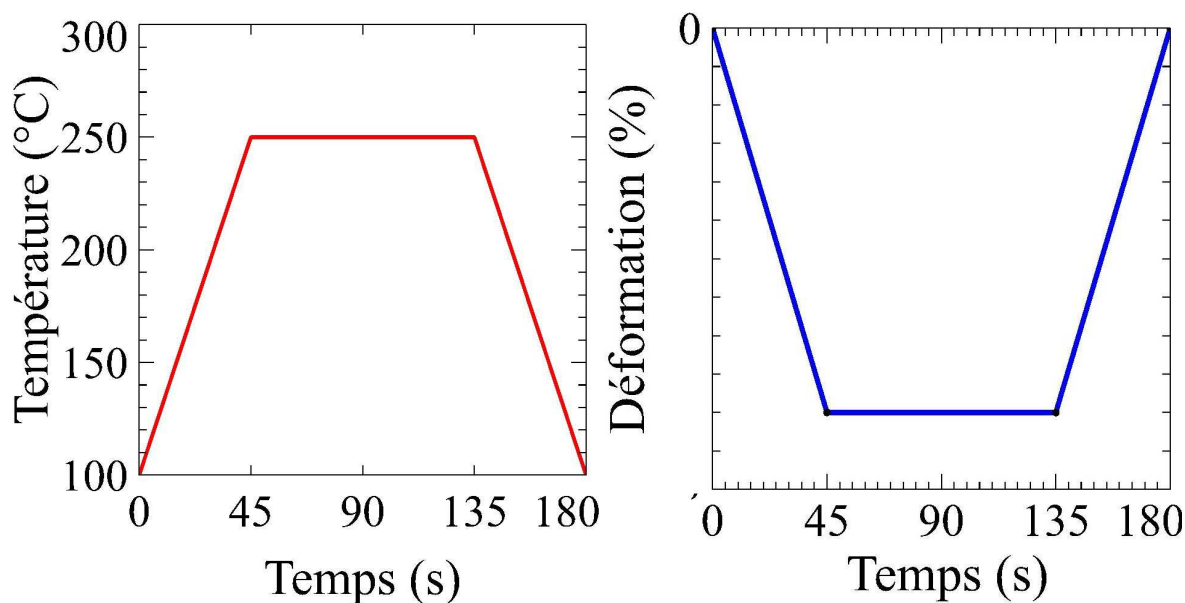


Figure 1 : Chargement thermomécanique (essai en compression)



Vous pouvez nous contacter:

par courrier postal:

Centre des Matériaux
Mines ParisTech
CNRS UMR 7633
10 Rue Henry Desbrières, BP 87
F-91003 Evry cedex, FRANCE

par téléphone :

+33 1 60 76 30 00

par fax :

+33 1 60 76 31 50

par courrier électronique

semteam@mat.ensmp.fr

Site web :

<http://www.mat.ensmp.fr>

Equipe séminaire :

Manon ABECASSIS (B102)
Clément DEFAISSE (C120)
Clémentine FELLAH (C120)
Pierre-Emmanuel LEGER (C121)
Lucie MATEUS-FREIRE (B107)

