

DÉPARTEMENT DE MÉTALLURGIE
DE GRENOBLE
SERVICE D'ÉTUDES RADIOMÉTALLURGIQUES

le 21 Juillet 1982

COMPTE RENDU DMG N° 53/82

*INFLUENCE DE LA MICROSTRUCTURE SUR LE COMPORTEMENT EN
FATIGUE OLIGOCYCLIQUE DE L'ALLIAGE 800 à 500°C*

Atum
Autumn metallurgy meeting
Paris, France 19 - 21 Oct 1982
CEA-CONF--6556

G. ROBERT

G.ROBERT (1) - F.LENE (2) - J.M.TERRIEZ (3)

(1) DMG/CEN/GRENOBLE

(2) Laboratoire de Mécanique Théorique
de Paris VI

(3) Institut de Mécanique de GRENOBLE
INFLUENCE DE LA MICROSTRUCTURE SUR LE
COMPORTEMENT EN FATIGUE OLIGOCYCLIQUE DE
L'ALLIAGE 800 à 550°C.

. L'alliage 800, utilisé pour la fabrication des générateurs de vapeur du surgénérateur Super-Phénix, durcit par précipitation de la phase γ' [$\text{Ni}_3(\text{Ti Al})$] et les caractéristiques de cette dispersion évoluent au cours du maintien en température.

Afin de mieux cerner le comportement cyclique à long terme de ce matériau, une action, regroupant au sein du G.I.S. "rupture à chaud" un laboratoire de métallurgie (1) et deux équipes de mécaniciens (2) et (3), se propose de prendre en compte les données microstructurales (γ') dans la formulation de la loi de comportement de ce matériau.

Approche métallurgique : GEP3M (1) (A. MATHIOT - G. ROBERT)

- Les essais de fatigue oligocyclique ont été réalisés à 550°C selon des déformations totales imposées de 1% et 2% sur les états hypereffortés, vieillies 1160 h à 550°C et 1460 h à 600°C, d'une nuance d'alliage 800 contenant 0,62 % de titane et aluminium.

- Les diamètres moyens des précipités relatifs aux 2 états vieillies à 550°C et 600°C ont été déterminés par diffusion des neutrons aux petits angles et par microscopie électronique en transmission. Leurs valeurs respectives sont de 30 Å et 100 Å.

- Comme le montre la figure (1), la précipitation γ' provoque une augmentation de la contrainte maximale et le durcissement cyclique le plus important est obtenu pour le matériau contenant les plus gros précipités.

L'état à fine précipitation qui s'avère le plus endurant se distingue des deux autres matériaux par l'existence d'un stade de déconsolidation.

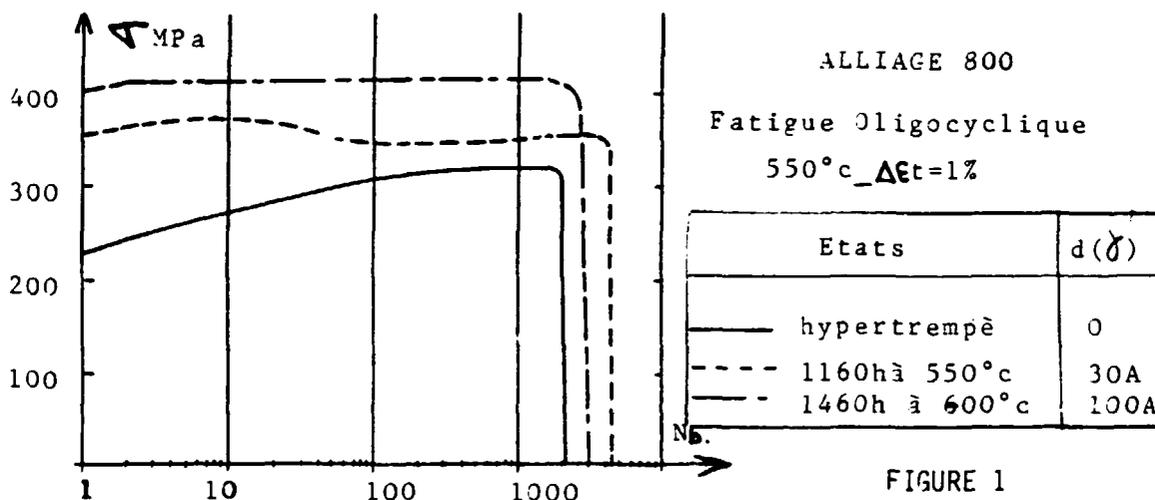


FIGURE 1

EVOLUTION DE LA CONTRAINTE MAXIMALE EN FONCTION:
 - du nombre de cycles
 - du diamètre des précipités

- Les examens de microstructure montrent que la précipitation γ' , facteur de diminution des possibilités du glissement dévié, entraîne une nette localisation de la déformation dans des bandes de glissement (111). Dans l'état vieilli à 550°C, le cisaillement des fins précipités γ' accentue cette localisation et induit le stade de déconsolidation observé. Pour le matériau recuit à 600°C où la taille des précipités est importante, les possibilités de cisaillement diminuent et le niveau de contrainte nécessaire aux dislocations pour contourner ces obstacles par glissement dévié, devient important.

- Dans la mesure où par les fortes amplitudes de déformation cyclique, la durée de vie dépend principalement de la vitesse de propagation des fissures, l'évolution du nombre de cycles à rupture des différentes structures étudiées peut se décrire à l'aide d'un modèle de propagation, proposé par Horno-bogen, liant par une loi de proportionnalité la vitesse de fissuration aux possibilités de glissement déviés du matériau. Selon cette approche, l'effet de la précipitation γ' apparaît bien bénéfique et la taille des précipités, qui, en fonction du type de franchissement des obstacles (cisaillement ou contournement), conditionne le degré de localisation de la déformation, se présente comme un paramètre essentiel à l'identification précise du comportement cyclique de l'alliage 800.

Approche mécanique

1 - Laboratoire de Mécanique Théorique Equipe

(DUVAUT, LENE, LEGUILLON, KRASUCKI)

La méthode d'homogénéisation (Duvaut, Lions, Sanchez, Tartar...) permet de prendre en compte dans une description macroscopique du comportement la structure microscopique du matériau.

Deux caractéristiques ont été retenues dans la description microscopique; la présence des précipités γ' et l'existence de bandes de glissement. Ces deux caractéristiques sont liées lorsqu'on considère les modes d'endommagement par cisaillement et par contournement des précipités par les dislocations.

Les travaux actuels n'abordent pas l'aspect "propagation" mais recherchent davantage la modélisation du comportement sur les "faces" des plans de glissement. Dans ce cadre, différents modèles ont été envisagés :

a/ loi de glissement de nature élastique. Les calculs numériques font apparaître une dégradation de la rigidité du matériau quand le coefficient scalaire caractérisant le glissement décroît.

b/ loi de glissement visqueux. La prise en compte de cet aspect du glissement permet de montrer que le matériau (élastique quand il est sain) a un comportement macroscopique visco élastique. On peut déterminer par le calcul les coefficients de relaxation ainsi que la réponse à un chargement cyclique.

c/ loi de glissement non linéaire avec paramètres internes. Actuellement des méthodes de calcul faisant intervenir une loi non linéaire de glissement sont mises au point. Cette approche doit étendre le nombre de paramètres du modèle, et permettre ainsi de rendre celui-ci plus cohérent avec les observations expérimentales.

2 - Institut de mécanique de Grenoble (GUÉLIN, TERRIEZ, WACK)

La modélisation du comportement de l'alliage 800 et la prise en compte du phénomène de vieillissement sont tentées à l'I.M.G. à partir des travaux de mise au point d'un schéma constitutif des solides anélastiques. La loi de comportement proposée s'inscrit dans un cadre général fondé sur l'hypothèse de

superposition de deux contributions dissipatives, l'une stationnaire, l'autre instationnaire et sur l'hypothèse d'interaction entre ces deux contributions. Le formalisme est héréditaire. La contribution stationnaire est à mémoire discrète : elle dépend de deux variables qui sont des fonctionnelles du chargement, fonctions d'un nombre fini d'états antérieurs connus par le matériau au cours de son évolution. La contribution instationnaire est à mémoire continue, parfaite ou évanescente. Le modèle est phénoménologique. Il dépend de sept coefficients scalaires, caractéristiques du comportement du matériau. Leur sens physique immédiat permet une détermination rapide sur la base d'essais expérimentaux de traction-compression. Pour prendre en compte la présence de précipités et l'influence de leur diamètre sur les propriétés mécaniques du matériau, nous supposons que ces sept coefficients sont fonctions de ce paramètre microstructural. La détermination de ces fonctions se poursuit. Nous présentons sur la figure (2) une comparaison entre le comportement expérimental en traction - compression d'un matériau recuit 1460 h à 600°C et le résultat théorique fourni par le modèle présenté ci-dessus.

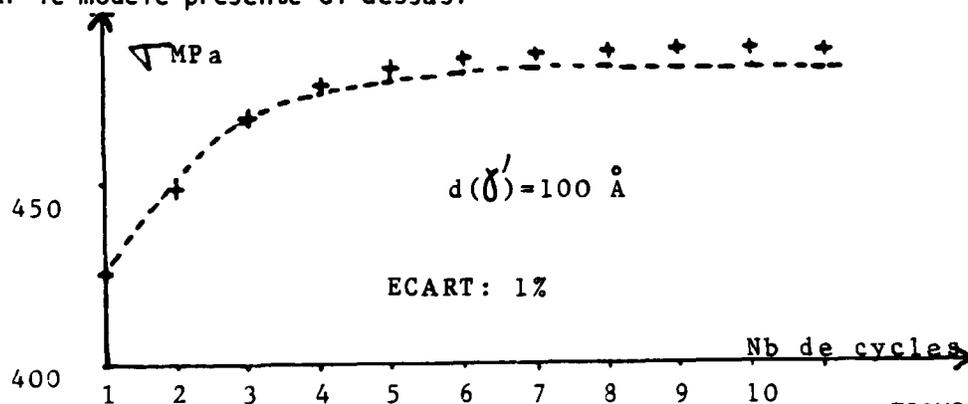


FIGURE 2.

ALLIAGE 800- Fatigue Oligocyclique: 550°C - $\Delta \epsilon_t = 2\%$

Comparaison entre les résultats expérimentaux (GEP3M) et théoriques (IMG)

Conclusions : La première étape de cette action a permis, à l'aide d'exams de microstructures, d'analyser l'influence de la précipitation γ' sur le comportement cyclique de l'alliage 800.

En se basant sur ces données microstructurales, la formulation de la loi de comportement, abordée à partir de 2 approches théoriques différentes, a déjà abouti à des descriptions de l'étape de consolidation.