INFLUENCE DES CONDITIONS DE RECRISTALLISATION SUR LE FROTTEMENT INTÉRIEUR DU MAGNÉSIUM

Gilbert Fantozzi, C. Esnouf

► To cite this version:

Gilbert Fantozzi, C. Esnouf. INFLUENCE DES CONDITIONS DE RECRISTALLISATION SUR LE FROTTEMENT INTÉRIEUR DU MAGNÉSIUM. Journal de Physique Colloques, 1983, 44 (C9), pp.C9-679-C9-684. 10.1051/jphyscol:19839102 . jpa-00223335

HAL Id: jpa-00223335

<https://hal.science/jpa-00223335>

Submitted on 1 Jan 1983

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INFLUENCE DES CONDITIONS DE RECRISTALLISATION SUR LE FROTTEMENT
INTÉRIEUR DU MAGNÉSIUM

G. Fantozzi et C. Esnouf

Groupe d'Etudes de Métallurgie Physique et de Physique des Matériaux,
I.N.S.A., Bât. 502, 69621 Villeurbanne Cedex, France*

Résumé - Nous avons étudié l'effet des conditions de recristallisation avant déformation plastique sur les manifestations anélastiques d'un magnésium de haute pureté. Nous nous sommes particulièrement intéressés à la relaxation de Bordoni et au frottement intérieur basse température.

Abstract - The effect of recrystallization before plastic deformation on the anelastic behaviour of a high purity magnesium has been studied. In particular, we have considered the Bordoni relaxation and the low temperature internal friction.

INTRODUCTION

Nous avons montré récemment que le spectre de frottement intérieur d'un magnésium de haute pureté déformé plastiquement est tout-à-fait similaire à celui des métaux c.f.c. (1,2). Il est constitué :

d'une part de la relaxation de Bordoni qui comprend les deux pics B_1 (situé vers 40 K à 1 Hz) et B_2 (situé vers 80 K).

d'autre part de deux pics d'interaction dislocations-défauts ponctuels P_1 (105 K) et P_2 (220 K)

enfin d'un pic π_1 (15 K) et d'un pic P_A (420 K). Le pic π_1 a été attribué à un mécanisme d'interaction entre les décrochements géométriques et des défauts de type lacunaire (3)

Les caractéristiques de la relaxation de Bordoni dépendent des conditions de recristallisation avant déformation plastique. Il nous a donc paru intéressant d'étudier cet effet dans le cas du magnésium et d'une manière plus générale sur l'ensemble du spectre de frottement intérieur.

RESULTATS EXPERIMENTAUX

Nous avons utilisé un magnésium de haute pureté obtenu par zone fondue par le Centre d'Etudes de Chimie Métallurgique de Vitry. Ce magnésium contient de l'ordre d'une p.p.m. d'impuretés.

Après filage, deux traitements de recuit ont été pratiqués : - recuit à 300°C pendant 2 heures sous atmosphère d'argon. La taille des grains obtenue est de l'ordre du mm.

- recuit à 500°C pendant 2 heures sous atmosphère d'argon ou d'hydrogène. La taille du grain obtenue est de l'ordre de 2 mm.

*Laboratoire associé au C.N.R.S. n° 341

Figure 1

Frottement intérieur et période après déformation plastique de 2 % à 10 K d'un échantillon de magnésium ; courbes 1 et 1' : après recristallisation à 500°C ; courbe 2 : après recristallisation à 300°C ($\epsilon_m = 2,2 \times 10^{-5}$).

Après recristallisation à 300°C, les résultats obtenus ont déjà été publiés par ailleurs [1,2,4] et nous renvoyons le lecteur aux publications citées. Après recristallisation à 500°C sous atmosphère d'argon, les résultats obtenus à l'aide d'un pendule de torsion inversé travaillant à une fréquence de l'ordre de 1 Hz sont montrés par les figures 1 à 6. La figure 1 présente le spectre de frottement intérieur directement après déformation plastique par torsion de 2 % à 10 K. Il apparaît que le frottement intérieur et la période des oscillations (courbes 1 et 1') diminuent rapidement entre 10 et 50 K pour δ et entre 10 et 100 K pour la période. Nous pouvons observer que cette diminution n'a pas lieu après recristallisation à 300°C (courbe 2). De plus, lors de cette première montée en température, les pics P_1 et B_2 apparaissent.

Après recuit à 150 K, le spectre de frottement intérieur obtenu est indiqué par la figure 2 pour deux amplitudes de mesure. Pour les faibles amplitudes de vibration, le spectre de frottement intérieur est le même qu'après recristallisation à 300°C : il est essentiellement constitué du pic de Bordoni B_1 et d'une légère composante B_2 . Pour une amplitude de mesure $\epsilon_m = 2,2 \cdot 10^{-5}$, le fond continu beaucoup plus important augmente notablement au-dessus de 100 K environ alors qu'après recristallisation à 300°C, on n'observe pas de fond continu important pour de telles amplitudes.

Les mêmes observations peuvent être faites après recuit à 250 K (fig. 3), 340 K (fig. 4), 400 K (fig. 5) et 500 K (fig. 6). Après recuit à 250 K, on observe à faible amplitude les trois pics π_1 , B_1 et B_2 mais pour l'amplitude de mesure plus élevée le fond continu est nettement plus important, le pic π_1 disparaît et le pic

Figure 2

Frottement intérieur après déformation plastique de 2% à 10 K et recuit à 150 K
 courbe 1 : $\epsilon_m = 4,5 \times 10^{-6}$; courbe 2 : $\epsilon_m = 2,2 \times 10^{-5}$.

Figure 3

Frottement intérieur après déformation plastique de 2% à 10 K et recuit à 250 K ; courbe 1 : $\epsilon_m = 4,5 \times 10^{-6}$; courbe 2 : $\epsilon_m = 2,2 \times 10^{-5}$.

Figure 4

Frottement intérieur après déformation plastique de 2% à 10 K et recuit à 340 K ; courbe 1 : $\epsilon_m = 4,5 \times 10^{-6}$; courbe 2 : $\epsilon_m = 2,2 \times 10^{-5}$.

Figure 5

Frottement intérieur après déformation plastique de 2 % à 10 K et recuit à 400 K ; courbe 1 : $\epsilon_m = 4,5 \times 10^{-6}$; courbe 2 : $\epsilon_m = 2,2 \times 10^{-5}$.

Figure 6

Frottement intérieur après déformation plastique de 2 % à 10 K et recuit à 500 K ; courbe 1 : $\epsilon_m = 4,5 \times 10^{-6}$; courbe 2 : $\epsilon_m = 2,2 \times 10^{-5}$.

B_2 est beaucoup moins net. Après recuit à 340 K et 400 K, nous observons les deux pics π_1 et B_1 , le pic B_2 ayant disparu. Nous pouvons remarquer que le pic de Bordoni B_1 croît avec ε_m tandis que le pic π_1 diminue ou disparaît quand l'amplitude de vibration de mesure augmente. Ceci est particulièrement net après recuit à 500 K. Le pic B_1 est presque absent à faible amplitude alors qu'il est nettement développé à forte amplitude de vibration.

De plus, nous pouvons remarquer que le frottement intérieur devient très élevé à 10 K à forte amplitude de vibration pour des températures de recuit supérieures à 350 K. Après recristallisation à 500°C sous atmosphère d'hydrogène, le spectre de frottement intérieur observé après déformation plastique est tout-à-fait similaire à celui obtenu après recristallisation à 500°C sous atmosphère d'argon. Seul le pic π_1 disparaît même à faible amplitude de vibration.

DISCUSSION

Les résultats précédents montrent que les conditions de recristallisation modifient le spectre de frottement intérieur après déformation plastique.

Immédiatement après déformation plastique à basse température, le frottement intérieur mesuré à 10 K est très important (de l'ordre de 10^{-1}) après recristallisation à 500°C.

Ce frottement intérieur élevé à basse température est l'indication de l'existence d'un pic de frottement intérieur important situé entre 0 et 10 K. Il serait intéressant d'effectuer des mesures de frottement intérieur à très basse température pour préciser ce point. Ce frottement intérieur à basse température évolue avec la température de recuit. Il commence par disparaître puis réapparaît après recuit vers 400 K. Le frottement intérieur basse température ne peut être attribué qu'au mouvement des décrochements géométriques. Plusieurs mécanismes de dissipation d'énergie peuvent être envisagés. Par exemple, un phénomène de frottement intérieur dû à l'existence de contraintes de Peierls de deuxième espèce (pic de Bordoni de deuxième espèce) peut être envisagé. On peut également penser à des phénomènes d'interaction entre les décrochements géométriques et des défauts ponctuels créés par déformation plastique. Ainsi, après irradiation aux électrons, MINIER et al /5/ ont observé l'existence de pics situés à basse température (pic π'_0 et π_0 situés respectivement vers 10 et 15 K pour des fréquences de vibration de l'ordre de 800 Hz). Ces pics apparaissent et disparaissent dans un domaine restreint de température et ont été attribués par les auteurs à une interaction des décrochements géométriques avec des défauts ponctuels de type interstitiel. On pourrait ainsi envisager un phénomène similaire dans le cas d'une déformation plastique. Une étude plus complète permettrait de répondre de manière plus précise à cette question.

D'une façon générale, les résultats présentés précédemment montrent qu'il n'y a pas de modifications notables du spectre de frottement intérieur en particulier sur la relaxation de Bordoni quand les conditions de recristallisation diffèrent. De la même manière, une recristallisation à 500°C sous atmosphère d'hydrogène ne perturbe pas l'existence des pics B_1 et B_2 . Or une quantité de l'ordre de 100 ppm d'hydrogène est introduite dans l'échantillon par un tel traitement /6/. Par conséquent, cette expérience montre clairement que l'hydrogène ne peut être responsable de la relaxation de Bordoni. Par contre, la disparition du pic π_1 après traitement sous hydrogène peut être liée à un piégeage des défauts de type lacunaire par l'hydrogène.

Dans tous les cas, la recristallisation à 500°C fait apparaître un fond continu très important dès 100 K environ pour des amplitudes de mesure élevées (de l'ordre de 10^{-5}). L'importance de ce fond continu et sa grande sensibilité à l'amplitude de vibration sont probablement liés à une augmentation des longueurs de boucles de dislocation. En effet, le fond continu au-dessus de la température des pics de Bordoni est probablement dû à une interaction athermique dislocation-défaut ponctuel. Cette interaction décrite par les auteurs lors de la troisième conférence européenne

/7/, est très sensible d'une part à la densité de défauts ponctuels situés au voisinage du plan de glissement de la dislocation et d'autre part à la longueur des dislocations et l'amplitude de vibration de mesure. Ainsi le fond continu est proportionnel au cube de la longueur des dislocations, les autres paramètres (densité de dislocations et de défauts ponctuels) étant maintenus constants. La température de recristallisation joue un rôle important sur le comportement du fond continu.

Enfin, nous observons qu'après déformation plastique à 10 K et recuit au-dessus de 300 K, le pic B_1 apparaît d'autant plus nettement que l'amplitude de vibration est grande. Ceci est très net après recuit à 500 K (fig. 6) et met clairement en évidence que la condition de PARE /8/ indispensable à l'apparition de la relaxation de Bordoni peut être remplie par la contrainte de mesure appliquée.

De plus, le pic π_1 qui apparaît après recuit au-dessus de 250 K est d'autant plus visible que l'amplitude de mesure est plus faible (cf. figures 4 à 6). Une étude plus précise du comportement du pic π_1 serait souhaitable pour essayer de préciser les mécanismes responsables du pic π_1 ainsi que les phénomènes de relaxation à très basse température.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Monsieur REVEL pour la préparation du magnésium au C.E.C.M. de Vitry.

REFERENCES

- /1/ SEYED REIHANI S.M., Thèse, Université de Lyon, 1981.
- /2/ FANTOZZI G., SEYED REIHANI S.M., ESNOUF C. et REVEL G., 3-ECIFUAS, Manchester, Ed. C.C. Smith, Pergamon Press, (1980) p. 85.
- /3/ FANTOZZI G., ESNOUF C., LAUZIER J., MINIER C., REVEL G., à paraître.
- /4/ FANTOZZI G., ESNOUF C., SYED REIHANI S.M., REVEL G., à paraître.
- /5/ MINIER C., DUCLOS D., LAUZIER J., J Phys. F : Met. Phys., 13 (1983) 13.
- /6/ TZANETAKIS, Thèse, Université de Grenoble, 1978.
- /7/ ESNOUF C., FANTOZZI G., 3-ECIFUAS, Manchester, Ed. C.C. Smith, Pergamon Press (1980) p. 103.
- /8/ FANTOZZI G., ESNOUF C., BENOIT W., RITCHIE I., Prog. Mat. Sci., 27 (1982) 311.