

Influence de Cd sur la Précipitation des Solutions Solides Al-21%(m)Zn et Al-77%(m)Zn

F. Debab, M. Kadi-Hanifi

Laboratoire 'Solutions solides', Faculté de Physique, USTHB, BP 32 El-Alia, Bab ezzouar,
 Alger, Algérie

Résumé

On montre l'influence de Cd sur la formation des zones Guinier-Preston (GP) dans Al-21%(m)Zn-0,2%(m)Cd, et sur la précipitation de la phase d'équilibre β dans Al-77%(m)Zn-0,2%(m)Cd, par une méthode basée sur des mesures de microdureté. On observe un retard dans la formation des zones GP et une accélération de la précipitation de β

Abstract

We show the influence of Cd on the Guinier-Preston (GP) zone precipitation in Al-21%(w)Zn-0.2%(w)Cd, and on the β equilibrium phase formation in Al-77%(w)Zn-0.2%(w)Cd. For this a method based on the microhardness measurements is used. Cd causes a delay in the GP zone formation and the β formation is accelerated.

Keywords :

Alliage Al-Zn, précipitation, durcissement structural

1 INTRODUCTION

On sait que les solutions solides sursaturées Al-Zn sont stables à haute température (domaine de la solution solide homogène) (figure 1) et se décomposent à une température plus basse (généralement la température ambiante).

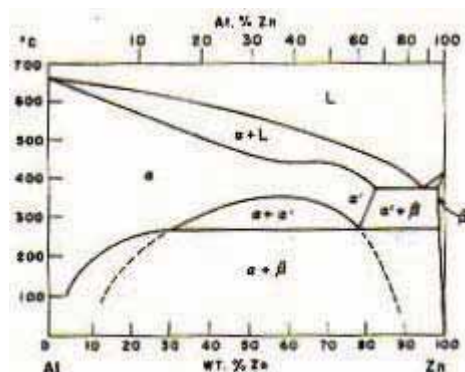


Figure 1. Diagramme de phases de Al-Zn [2]

Cette décomposition, qui conduit à un état d'équilibre caractérisé par la formation d'une phase α (matrice appauvrie en soluté) et d'une phase β constituée de Zn pur, se produit selon la séquence générale [1] :



où $(sss)_{Al-Zn}$ est la solution solide sursaturée Al-Zn, α , la matrice appauvrie en soluté, zones GP, les zones Guinier-Preston cohérentes avec la matrice constituant la phase de pré-précipitation, β' , la phase métastable de transition semi-cohérente et β , le précipité d'équilibre constitué de zinc, incohérent avec la matrice. Au cours de la précipitation, la dureté de la solution solide augmente lors de la formation des zones GP et de la phase métastable β' , et diminue lorsque se forme le précipité d'équilibre β . Différents auteurs [3, 4, 5] ont étudié la précipitation des solutions solides Al-(10 à 60)(m)Zn par analyse calorimétrique isotherme et DSC, mais peu d'études utilisant la microdureté, ont été effectuées dans les solutions solides à concentrations de Zn élevées.

On se propose, dans ce travail, d'étudier l'influence du cadmium (0,2% en masse) sur la précipitation de Al-21%(m)Zn et Al-77%(m)Zn, par une méthode basée sur des mesures de microdureté.

2 METHODE EXPERIMENTALE

Les échantillons préparés par fusion des éléments Al, Zn et Cd purs (taux de pureté : 99,99%) sous vide moyen (10^{-4} Torr), sont homogénéisés à 400°C durant 8 heures, puis vieillis à $T=30^\circ\text{C}$ pour différents temps de maintien. Les isothermes de dureté $H_V(t)$ ont été établies à 30°C pour les échantillons Al-Zn et Al-Zn-Cd pour deux concentrations pondérales différentes de Zn : 21% et 77%.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Analyse chimique

L'analyse chimique des solutions solides effectuée par spectroscopie d'émission donne les pourcentages en poids suivants (Tableau I)

Solutions solides	Zn	Cd	Al
(Al-Zn) ₁ *	20,9	---	79
(Al-Zn) ₂ *	77,1	---	22,8
(Al-Zn-Cd) ₁	20,9	0,2	78,8
(Al-Zn-Cd) ₂	77,1	0,2	22,6

* 1=échantillon à 21%Zn, 2=échantillon à 77%Zn

Tableau I

3.2 Précipitation des zones GP dans Al-21%Zn et Al-21%Zn-0,2%Cd

A partir des isothermes de dureté $H_V(t)$ (figure 2), on détermine la fraction transformée des zones GP

$$f(t) = V_{GP}(t) / V_{GPmax}$$

où $V_{GP}(t)$ est le volume occupé par les zones après un traitement thermique durant t , et V_{GPmax} , le volume maximal occupé par ces zones.

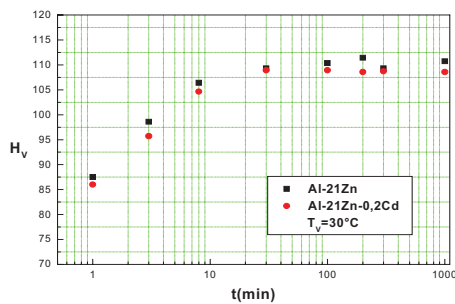


Figure 2. Isothermes de dureté de Al-Zn et Al-Zn-Cd

La figure 3 représente la variation de $f(t)$ avec le temps de maintien à la température de vieillissement $T_V=30^\circ\text{C}$, où $f(t)$ est déterminée par la formule de H.Gleiter et E.Hornbogen [3]

$$f(t) \approx [(H_V(t) - H_{V0}) / (H_{V\max} - H_{V0})]^3$$

où $H_{V\max}$ est le maximum de dureté atteint au cours du vieillissement, et H_{V0} , la dureté, immédiatement après trempe, de la solution solide non vieillie, valeur qui ne peut être obtenue que par extrapolation, car le durcissement est très rapide ($H_{V0}=42$).

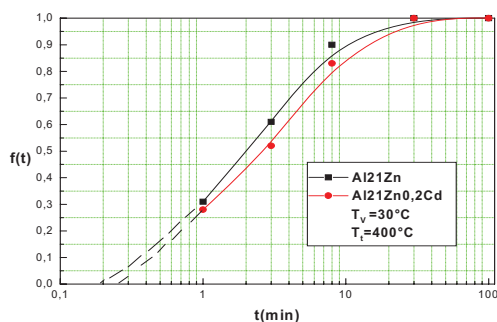


Figure 3. Cinétique de précipitation des zones GP dans Al-Zn et Al-Zn-Cd

Par extrapolation de $f(t)$ [$f(t_i)=0$], on obtient les temps d'incubation t_i , temps au-delà desquels débute l'accroissement de $f(t)$, dû aux zones:

$t_i=0,19$ min. pour Al-Zn et $t_i=0,26$ min. pour Al-Zn-Cd. Ce retard $\Delta t=0,07$ min., observé dans la formation des zones est probablement dû à une diminution des lacunes en sursaturation obtenues lors de la trempe. En effet, pour Al-Zn ces lacunes permettaient la diffusion des atomes Zn qui, en se groupant formaient les zones, alors que pour Al-Zn-Cd les atomes Cd dont l'énergie de liaison avec les lacunes est supérieure à celle de Zn ($E_{\text{Cd-lacune}}=0,18$ eV, $E_{\text{Zn-lacune}}=0,10$ eV [4]) attirent fortement les lacunes au détriment des atomes Zn dont la diffusion se trouve ralentie.

3.3 Précipitation de la phase β dans Al-77%Zn et Al-77%Zn-0,2%Cd

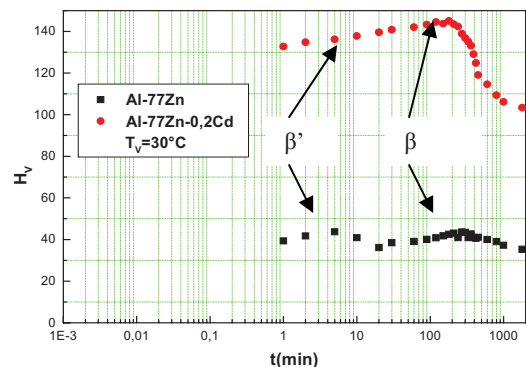


Figure 4. Isothermes de dureté de Al-Zn et Al-Zn-Cd

Les isothermes de dureté à 30°C (figure 4) montrent, comme pour les solutions solides à concentration élevée de Zn, Al-50%(m)Zn et Al-60%(m)Zn [5], qu'il n'y a pas formation de zones GP. L'accroissement de dureté qui apparaît avant la formation de la phase d'équilibre β est donc dû à la phase métastable β' .

La précipitation de β dans Al-Zn commence après 60 min. de traitement thermique alors que dans Al-Zn-Cd, elle débute après 20 min.

Cette accélération de la précipitation de β suggère l'existence de nouveaux sites de germination, constitués par les atomes de Cd, qui accroissent ainsi le nombre de noyaux de précipités. Un autre effet de Cd est observé : un durcissement en solution important de la solution solide Al-77%(m)Zn-0,2%(m)Cd comme le montrent les valeurs de H_{V0} obtenues par extrapolation :

$$(H_{V0})_{\text{AlZn}}=15,8 \text{ et } (H_{V0})_{\text{AlZnCd}}=113,6$$

4 CONCLUSION

A partir des isothermes de dureté de Al-Zn et Al-Zn-Cd, on a déterminé

*l'augmentation du temps d'incubation des zones GP, due à l'ajout de 0,2%Cd dans la solution solide Al-21%Zn, qui se traduit par un retard $\Delta t=0,07$ min., dans la formation des zones.

*l'accélération de la précipitation de la phase d'équilibre β dans Al-77%Zn-0,2%Cd. Cette phase commence à se former après 60 min. de traitement à 30°C en l'absence de Cd, et l'ajout de 0,2%Cd accélère sa formation qui débute après 20 min. de traitement à cette même température.

5 REFERENCES

- [1] M.Vijayalakshmi, V.Seetharaman and V.S.Raghunathan, Phys.Status Solidi (a) 59 (1980) K121
- [2] A.S.Nowick, J.Appl.Phys. 22,7 (1951) 925
- [3] H.Gleiter, E.Hornbogen, Mater.Sci.Eng., 2 (1967-68)
- [4] S.Özbilen, H.Flower, Acta Met. 3, 11 (1989) 2993
- [5] A.M.Zahra, C.Y.Zahra, J.Dutkiewicz, R.Ciach, J.Mater.Sci. 25 (1990) 391-398