

EFFET DU TRAITEMENT THERMIQUE SUR LA TEXTURE CRISTALLOGRAPHIQUE DE L'ALUMINIUM 1050

NEDJEMA CHÉRIFI-BENNADJI⁽¹⁾, ZAKARIA BOUMERZOUG⁽²⁾, THIERY BAUDIN⁽³⁾

⁽¹⁾Industrial Chemistry Department, University of Biskra, B.P. 145, Biskra-07000- Algeria

⁽²⁾LMSM, University of Biskra, B.P. 145, Biskra-07000- Algeria

⁽³⁾L. P. C. E. S, ICMO, University Paris-Sud VI.

nedjema_chrifi@yahoo.fr

RESUME

Cette recherche a comme objectif d'étudier l'évolution de la microstructure cristallographique de l'aluminium pur commercial 1050A selon le plan de laminage (DL) sous l'effet du traitement thermique d'homogénéisation. Le matériau 1050A utilisé dans l'industrie électroménagère, a été soumis à des traitements de recristallisation pour les températures de 200°C et 400°C, pendant 4 heures. Cette microstructure a été analysée par electron back scatter diffraction (EBSD) en termes de forme et de taille de grains, de désorientations intergranulaires, de distributions des joints de grain et d'orientations des cristallites.

Les résultats de cette expérimentation ont révélé que la comparaison des propriétés microstructurales du métal à l'état initial et après traitement thermique montre l'effet de ce dernier sur le grossissement et l'orientation des grains afin d'optimiser les propriétés mécaniques.

MOTS CLES: Aluminium 1050A, Traitement thermique, Texture, EBSD

1 INTRODUCTION

Les alliages de la série 1000 sont constitués d'aluminium pur à 99% ou plus. Cette série présente une excellente résistance à la corrosion, une excellente maniabilité, ainsi qu'une haute conductivité thermique et électrique [1][2]. L'alliage 1050 ou l'aluminium pur commercial est utilisé pour les échanges de chaleur et l'industrie électroménagère. Par l'effet de la solidification rapide durant le laminage industriel du métal, la structure se trouve dans un déséquilibre. Suite à l'usinage la structure aux bords de l'éprouvette se trouve également modifiée. Ceci conduit à un écrouissage initial du matériau. Pour éliminer cet effet indésirable, un traitement thermique d'homogénéisation est effectué [3]. Ce traitement d'homogénéisation permet d'atteindre l'état d'équilibre du matériau par diffusion des atomes dans la structure.

Le traitement thermique des métaux ou la déformation plastique est un objet d'étude pour beaucoup de savants ces dernières années [4-6]. Le traitement thermique est une opération de chauffage et de refroidissement fait pour améliorer les propriétés mécaniques. L'effet du traitement thermique sur la microstructure et les propriétés mécaniques sur divers alliages d'aluminium a été étudié [7-11]. Le matériau subit des changements microstructuraux qui peuvent affecter les propriétés mécaniques et microstructurales par l'effet de recuit. Pour l'étude de ces

changements et la caractérisation de la microstructure cristallographique, nous avons utilisé electron back scatter diffraction (EBSD), qui sert à un balayage d'une taille de l'ordre de 0,2 μm et à rechercher des indices, car on sait que la granulométrie cristallographique peut être différente de celle mesurée à l'aide de la microscopie optique [12][13].

2 PRÉSENTATION DES MATÉRIAUX ÉTUDIÉS

Le métal utilisé dans notre travail est sous forme de tôles de dimensions 120×250 mm et d'une épaisseur de 1,6 mm. Il nous a été fourni par la société Algérienne ENIEM (ENTREPRISE NATIONALE DES INDUSTRIES DE L'ELECTROMENAGER) à Tizi Ouzou, atelier d'assemblage, unité froid, sous forme de tôles d'aluminium où elles sont utilisées pour les parois d'évaporateur des réfrigérateurs électriques, dont l'état initial conforme à la nuance Al 99,5.

3 IDENTIFICATION DU MÉTAL DE BASE

La nuance de métal est de type alliage 1050A. C'est un aluminium pur commercial d'une pureté de 99,50%, alors il est constitué d'élément de base aluminium, d'un réseau cristallin cubique à faces centrées FCC. Des impuretés (fer,

silicone...) sont également présentes en faible quantité massive comme le montre sa composition chimique, tableau 1.

4 COMPOSITION CHIMIQUE

La composition chimique fournie par le service technique de la société ENIEM [14] est indiquée dans le tableau 1.

Tableau 01: Composition chimique du métal (1050A) fournie par ENIEM [14]

Elt	Si	Fe	Cu	Zn	Ti	Autres
% mass.	0,30	0,40	0,05	0,07	0,05	0,03

5 PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Trois échantillons d'aluminium A1050 sont coupés dans la direction du laminage (DL), avec les dimensions 20 x 6 mm et une épaisseur d'environ 0.6 mm. Le premier échantillon est à l'état initial (non traité) et les deux autres matériaux sont à l'état traités pendant 4 heures à 200°C et 400°C, puis on laisse ces deux derniers refroidir à l'air libre.

Puis les échantillons sont préparés par un polissage mécanique puis un polissage électrolytique à une solution A2 de Struers d'un flux : 12 pendant 12 s sous une tension de 12V.

Puis la microstructure et la texture des échantillons sont analysés par la technique EBSD (MEB Zeiss DSM 940 OIM™) 1000 x 1000 x 5 pas.

6 RÉSULTATS ET DISCUSSION

6.1 Comparaison de la texture cristallographique entre le matériau initial et les matériaux traités

6.1.1 Cartographie d'orientation

La microstructure est caractérisée généralement par une cartographie d'orientation et distribution des grains. Comme le montre la figure -1-a, les couleurs utilisées permettent de distinguer les familles de différentes orientations présentes.

On observe une orientation privilégiée des grains dans l'état initial, car la couleur rouge –orange est la dominante, ce qui explique une orientation vers les plans (001), comme le montre le pôle inverse. Aussi on remarque une forme polygonale des joints de grain et peu de différence de taille des grains, la figure -2- nous donne la taille moyenne des grains qui est de 44,23 µm.

Les cartographies d'orientation de distribution des plans {hkl} montrent qu'il y a une évolution de la microstructure du métal 1050A entre l'état initial et les états traités à 200°C_4h et à 400°C_4h. Selon le pôle inverse standard, la

couleur vert – bleu ciel est la dominante, ce qui explique une nouvelle orientation favorisée des grains vers les plans (101) dans les deux cas traités.

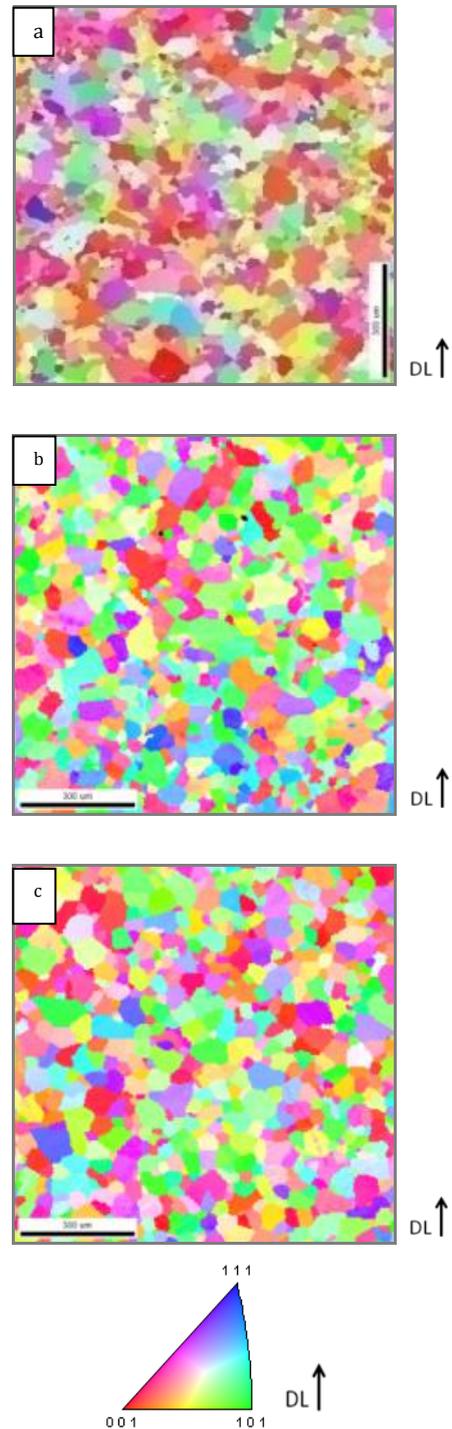


Figure 01 : Cartographies d'orientations, distribution des plans {hkl} de l'Al :

a) non traité, b) traité 4h à 200°C et c) traité 4h à 400°C.

Le tracé présenté dans la figure -2-, montre l'évolution de la taille des grains au niveau du métal de l'état initial et d'Al traité. On remarque un grossissement dans la taille des

grains ($\phi \sim 53.8 \mu\text{m}$) dans les deux cas traités par rapport à l'état initial ($\phi \sim 44.23 \mu\text{m}$). Ce changement est dû au traitement thermique.

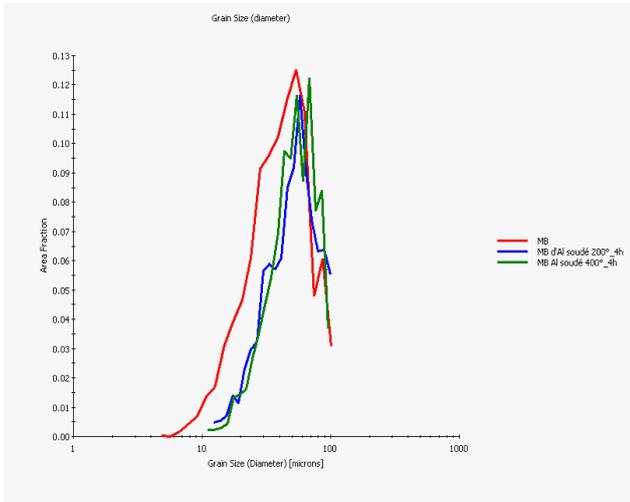


Figure 02: Taille de grain (microns) : Al non traité (44.2322), Al traité 200°_4h (53.8237) et Al traité 400°_4h (53.8511).

6.1.2 Distribution des désorientations

La figure -3-, présente un histogramme de la distribution des désorientations des joints de grain dans le métal de l'état initial, où la désorientation 3°, 57 est considérée comme la plus dominante. On observe que le pourcentage de joints de grain faiblement désorientés (<15°) est de 20 % et le pourcentage de joints fortement désorientés (> 15°) est de 80%, ce que explique que le métal non traité est formé de 80% de joints de grain à grand angle. On doit noter que ce type de joint de grains a une grande mobilité lors d'un traitement thermique.

Cette dernière caractéristique a été observée par microscopie optique pendant les traitements thermiques isothermes.

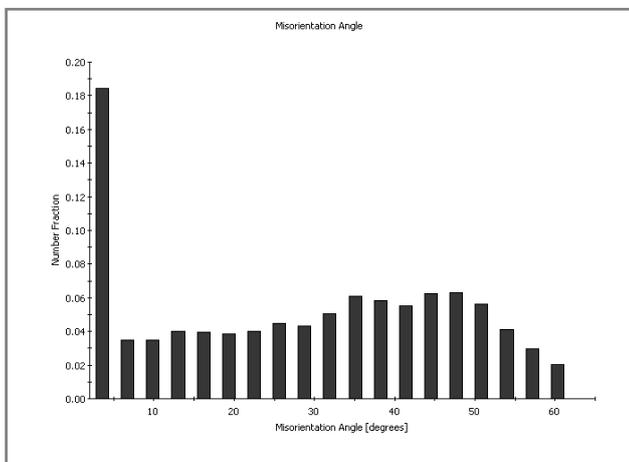


Figure 03: Distribution des désorientations des joints de grain dans le métal à l'état initial

La figure -4-, montre une désorientation du joint de grains dans le cas du métal non traité et le métal traité à 200°C pendant 4h. Par contre, le métal traité à 400°C pendant 4h présente une augmentation dans la désorientation des joints des grains.

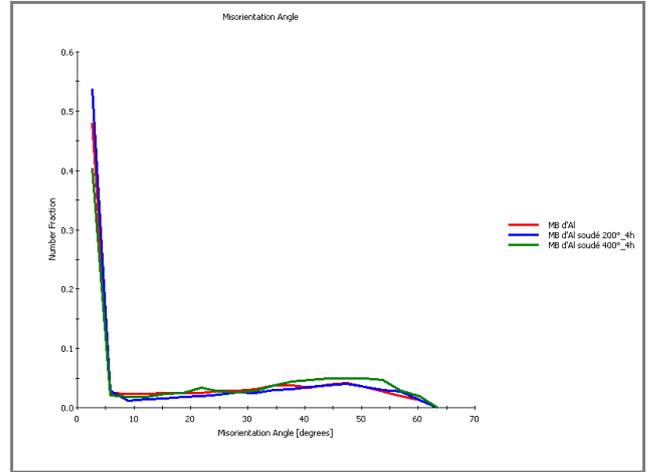
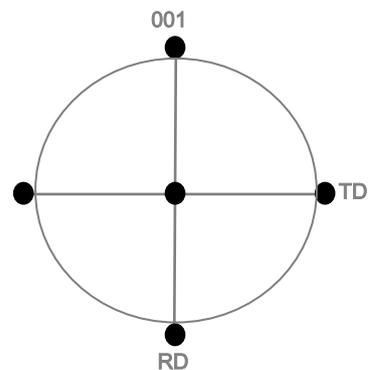


Figure 04 : Désorientation du joint de grain dans le métal d'Al : non traité (18.2653), traité 4h à 200°C (17.4386) et traité 4h à 400°C (22.3932)

6.1.3 Figure de pôle

Dans cette étude, trois figures de pôles ({001}, {011} et {111}) ont été mesurées sur l'échantillon des états étudiés, mais seule la figure {001} sera présentée car elle illustre clairement les renforcements liés à la composante principale de la texture, comme le montre la figure -5-. De même, la présentation de la FDOC sera limitée à la coupe à $\Phi_2 = 0^\circ$, comme le montre la figure -5-.

On remarque que la texture est constituée essentiellement de l'orientation Cube {001}<001>, avec une intensité de pôle différente, en comparant entre le métal non traité et le traité pendant 4h à 200°C et 400°C.



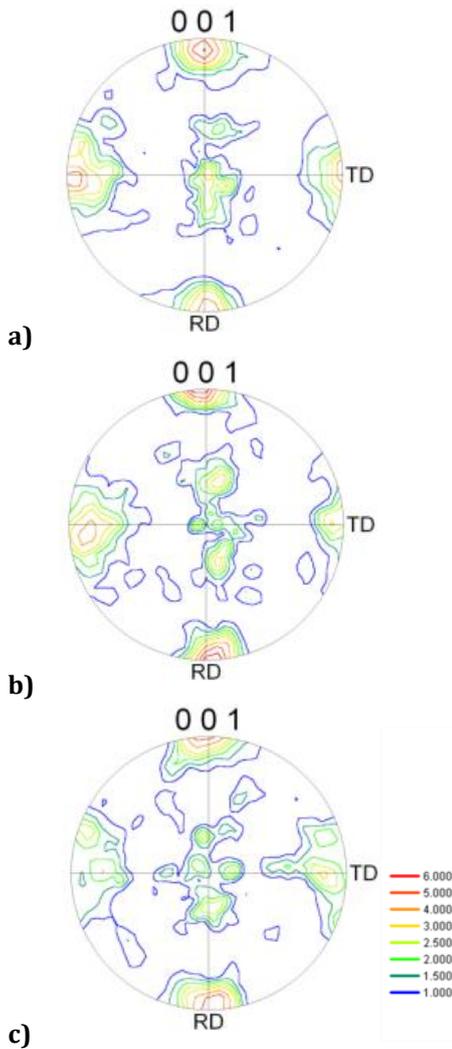


Figure 05 : Figure de pôles : a) Al non traité (max=6.099), b) Al traité à 200°C_4h (max=6.803), c) Al traité à 400°C_4h (max=5.802)

On observe que la figure de pôle du métal à l'état initial présente un maximum de densité de pôle (Max = 5,16), ce qui explique que le laminage provoque un effet de texture dans la microstructure. La texture est constituée essentiellement de l'orientation Cube {001}<001>.

6.1.4 FDOC

La figure -6-montre des coupes à $\Phi_2 = 0^\circ$ de la fonction des distributions des orientations cristallines (FDOC) du métal à l'état initial et les états traités, à partir de l'espace d'EULER.

On observe que c'est l'orientation Cube {001}<100> qui apparaît en partie majoritaire dans le métal avant et après le traitement thermique. Une nouvelle composante, la Brass, apparaît dans les deux cas traités à 200°C et 400°C pendant 4 heures. Le changement de la texture, à cause du traitement thermique, s'explique par l'augmentation de la taille des grains.

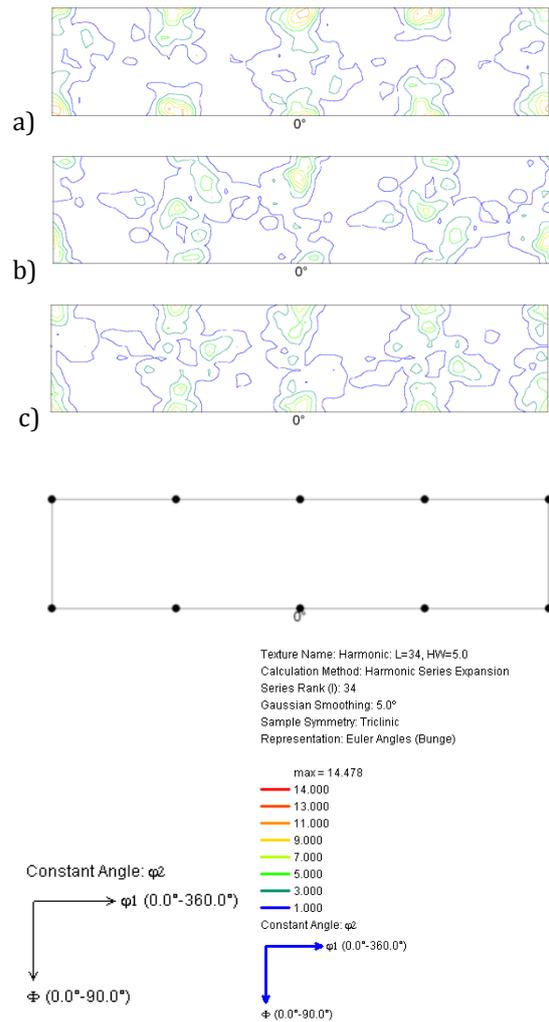


Figure 06 : FDOC : a) Al état initial, b) Al traité à 200°C_4h, c) Al traité à 400°C_4h

7 CONCLUSION

Cette étude nous a permis de mieux interpréter et comprendre l'influence des traitements thermiques d'homogénéisation sur l'évolution de la microstructure du point de vue forme des grains, tailles des grains et texture cristallographique des métaux d'aluminium 1050A.

D'après les observations et les résultats obtenus nous concluons que :

Le traitement thermique pendant 4 heures pour les maintiens à 200°C et 400°C a montré un grossissement des grains.

La texture cristallographique montre que l'orientation privilégiée des grains est l'orientation Cube <001>{001}, même après une recristallisation. Alors l'orientation cristallographique "la Cube" est restée inchangée.

REFERENCES

- [1] The Aluminum Association. Aluminum Alloys 101, 2017. Enlignee.
- [2] D.Beaulieu, Les caractéristiques de l'aluminium structural (2e éd.) Montréal, Québec: Les presses de l'aluminium. pp. 23-26, 2013.
- [3] N.Chérifi, Thèse doctorat des sciences, 2015.
- [4] G. Khalaj, M.J. Khalaj etA. Nazari, Microstructure and hot deformation of AlMg6 alloy produced by equal-channel angular pressing, Materials Science and Engineering A, Vol. 542, pp. 15-20, 2012.
- [5] W. Pakieła, T. Tański, Z. Brytan etK . Labisz, The influence of laser alloying on the structure and mechanical properties of AlMg5Si2Mn surface layers, Applied Physics A, Vol. 122(4), pp. 1-9, 2016.
- [6] T. Tański, W. Pakieła, D. Janicki, B. Tomiczek etM. Król, Properties of the aluminum alloy EN AC 51100 after the laser surface treatment, Archives of Metallurgy and Materials, Arch. Met. Mater., Vol. 61/1, pp. 199–204, 2016.
- [7] L. Li, E. Flores-Johnson etL. Shen, G.Proust, Effects ofheat treatment and strain rate on the microstructure and mechanical properties of 6061 Al alloy, Vol. 25, issue 1, pp. 26-41,2016.
- [8] D. Maisonnette, M. Suery etD. Nelias, Effects of heat treatments on the microstructure and mechanical properties of a 6061 aluminium alloy, Mater Sci Eng A Struct Mater Prop Microstruct Process,Vol.528, pp.2718–2724,2011.
- [9] T. Marlaud, A. Deschamps et F. Bley,Influence of alloy composition and heat treatment on precipitate composition in Al-Zn-Mg-Cu alloys. Acta Mater, Vol. 58, pp.248–260, 2010.
- [10] G. Mrowka-Nowotnik etJ. Sieniawski, Influence of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of 6005 and 6082 aluminium alloys. J Mater Process Technol, Vol. 162, pp.367–372, 2005.
- [11] O. Senkov, M. Shagiev, S. Senkova, Precipitation of Al-3(Sc,Zr) particles in an Al-Zn-Mg-Cu-Sc-Zr alloy during conventional solution heat treatment and its effect on tensile properties. Acta Mater Vol.56, pp. 3723–3738,2008.
- [12] A. Lambert-Perlade, A. F. Gourgueset A. Pineau, Acta Materialia, Vol. 52,pp. 2337, 2004.
- [13] Y. M. Kim, S. Y. Shu, H. Lee, B. Hwang, S. Lee et N. J. Kim, Metallurgical &Materials Transactions A, Vol. 38, pp. 1731, 2007.
- [14] Fiche technique de la société ENIEM, Algérie, selon DIN 1712.