

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique Université Ferhat Abbas- Sétif 1**

**Institut : Optique et Mécanique de
Précision Département : Optique et
Mécanique de Précision**

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Mécanique des matériaux

Mémoire de Master

Effet de l'affinement de grains par déformation plastique sévère (SPD) sur les propriétés des métaux.

Etudié par : Douma Taib

Dirigé Par : Dr. Demouche Mourad

Dr. Tebbane Samir

Devant le jury :

Pr : SOUALEM Azzeddine (Président)

Dr : FIZI Yazid (Examineur)

Soutenue le : 22/06/2024

Résumé : le présent travail consiste en l'étude de l'effet de la SPD par ECAP sur les propriétés mécaniques microstructurales d'un alliage AlMg5. Pour ce faire des essais expérimentales en utilisant un dispositif destiné à la réalisation des déformation plastique par ECAP selon deux types de routes (route A et route Bc) ont été réalisés. Des observations microstructurales à l'aide d'un microscope optique révèlent une structure a graines plus fins. Des mesures de dureté pour chaque échantillon ont été effectuées, on a trouvé que la dureté augmente avec l'augmentation du nombre de passes.

Abstract : The current work consists of the study of the effect of SPD by ECAP on the microstructural mechanical properties of an AlMg5 alloy. To do this, experimental tests using a device intended for carrying out plastic deformation by ECAP according to two types of roads (road A and road Bc) were carried out. Microstructural observations using an optical microscope reveal a finer seed structure. Hardness measurements for each sample were carried out, it was found that the hardness increases with increasing number of passes.

ملخص يتكون العمل الحالي من دراسة تأثير SPD بواسطة ECAP على الخواص الميكانيكية المجهرية لسبيكة AlMg5. وللقيام بذلك تم إجراء اختبارات تجريبية باستخدام جهاز مخصص لإجراء التشوه البلاستيكي بواسطة ECAP وفق نوعين من الطرق (الطريق A والطريق Bc). تكشف ملاحظات البنية المجهرية باستخدام المجهر الضوئي عن بنية بذور أكثر دقة. تم إجراء قياسات الصلادة لكل عينة، وقد وجد أن الصلادة تزداد مع زيادة عدد التمريرات.

Liste des figures

Chapitre I : Affinement des grains par déformation plastique sévère (SPD).

Figure I. 1 Différentes catégories de métaux en fonction de la taille de grains.[2].....	3
Figure I. 2 procédé du wire drawing.[3]	4
Figure I. 3 Technique du collage de rouleaux accumulés.[4].....	5
Figure I. 4 Représentation schématique du procédé de torsion sous pression intense (High Pressure Torsion –HPT).[5].....	6
Figure I. 5 Diagramme schématique du RCS.[6]	6
Figure I. 6 Représentation schématique du procédé ECAP.[8]	7
Figure I. 7 Implants médicaux nanostructurés par ECAP.[9].....	8

Chapitre II : La déformation plastique sévère par ECAP.

Figure II. 1 Dessin schématique du processus ECAP.[11].....	11
Figure II. 2 Section d'une matrice ECAP montrant les deux angles Φ et Ψ . [12]	12
Figure II. 3 Illustration schématique des matrices utilisées pour évaluer l'influence de l'angle Φ . [13]	12
Figure II. 4 Les quatre routes fondamentales du procédé ECAP.[16].....	14
Figure II. 5 Installation à passages multiples.[17].....	15
Figure II. 6 Illustration schématique du processus d'extrusion latérale ECAP.[18].....	16
Figure II. 7 Illustration schématique de l'ECAP Conform process.[19].....	16
Figure II. 8 Microstructures de l'alliage de magnésium Al 1100 à l'état initial.[22].....	18
Figure II. 9 Microscope optique de l'ECAP après : 1 passe, 2 passes, 4 passes.[22].....	19

Chapitre III : Matériau et techniques expérimentale.

Figure III. 1 Schéma de la matrice ECAP.	20
Figure III. 2 Schéma du poinçon ECAP.....	21
Figure III. 3 Assemblage poinçon- matrice.....	21
Figure III. 4 Le four utilise pour la trempe	22
Figure III. 5 dispositif avant la trempe..	23

Figure III. 6 dispositif avant la trempe.	23
Figure III. 7 Cycle du traitement thermique de l'acier Z200.	23
Figure III. 8 Micrographie optique de la microstructure du l'alliage (AlMg5).	25
Figure III. 9 la presse hydraulique.	25
Figure III. 10 L'éprouvette étudiée.	26
Figure III. 11 tournage les échantillons.	26
Figure III. 12 échantillons placés dans le dispositif avant déformation.	27
Figure III. 13 échantillons dans dispositif au cours de déformation.	28
Figure III. 14 échantillons après déformation.	28
Figure III. 15 le dispositif ECAP dans la presse hydraulique.	29
Figure III. 16 Schéma montrant les routes utilisées dans l'essai.	29
Figure III. 17 Les échantillons après enrobage.	30
Figure III. 18 La machine utilisée pour le polissage des échantillons.	31
Figure III. 19 Microscope optique.	31
Figure III. 20 Le duromètre.	32

Chapitre IV : Résultats et Discussions.

Figure IV. 1 micrographie optique réalisée sur le métal de base (P0).	33
Figure IV. 2 micrographie optique d'un échantillon en cours de déformation	34
Figure IV. 3 Micrographie optique – route A- 2 passes	35
Figure IV. 4 Micrographie optique – route A- 1 passe.	35
Figure IV. 5 Micrographie optique – route A- 4 passes.	36
Figure IV. 6 Micrographie optique – route B- 2 passes.	37
Figure IV. 7 Micrographie optique – route B- 1 passe.	37
Figure IV. 8 Micrographie optique – route B- 4 passes.	38
Figure IV. 9 évolution de la dureté Hv en fonction de nombre de passe Route A.	39
Figure IV. 10 évolution de la dureté Hv en fonction de nombre de passe Route Bc.	40

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Affinement des grains par déformation plastique sévère (SPD).	
I.1 Introduction	2
I.2 Déformation plastique sévère	2
I.3 Affinement des grains par déformation plastique sévère	2
I.4 Méthodes de production de microstructure à grains ultrafins	3
I.4.1 Tréfilage du fil	4
I.4.2 Laminage accumulatif (Accumulative Roll Bonding, ARB)	5
I.4.3 Torsion à haute pression (High pressure torsion HPT)	5
I.4.5 Ondulation et redressement répétitifs (Répétitive corrugation and straightening)	6
I.4.6 Extrusion Égalée de Canal Angulaire ECAE (Equal channel angular pressing ECAP)	7
I.5 Domaines d'utilisation des matériaux obtenue par ECAP	7
I.6 Les avantages de les techniques SPD	8
Chapitre II : La déformation plastique sévère par ECAP.	
II.1 Introduction	10
II.2 Extrusion Égalée de Canal Angulaire (ECAE)	10
II.3 Propriétés des matériaux à grains ultrafins produits par ECAP	11
II.4 Paramètres fondamentaux du procédé ECAP	11
II.5 Les angles Φ et Ψ et le mode de déformation imposé par l'ECAP	11
II.5.1 Influence de l'angle Φ	12
II.5.2 Influence de l'angle de courbure Ψ	13
II.6 Les différentes routes en ECAP	14
II.7 Température et vitesse d'extrusion	14
II.8 Exemples de canal ECAP	15
II.8.1 Matrice ECAP à passages multiples	15
II.8.2 Procédé ECAP par extrusion latérale	15
II.8.3 ECAP–Conform process	16

II.9 Applications des matériaux issus de l'ECAP	17
II.10 Microstructure évolution de l'Al 1100 alliage pendant le processus ECAP	17
II.11 Conclusion	19

Chapitre III : Matériau et techniques expérimentale.

III.1 Introduction	20
III.2 Dispositif d'essai (ECAP)	20
III.2.1 Matrice	20
III.2.2 Piston	21
III.3 Assemblage poinçon- matrice.....	21
III.4 Composition chimique du matériau de la matrice et le piston.....	22
III.3.1 Propriétés du matériau du dispositif	22
III.3.2 Applications	22
III.4 Traitement thermique du dispositif.....	22
III.5 Procédure expérimentale.....	24
III.5.1 Identification du métal de base destiné à la déformation	24
III.5.2 Propriétés Mécaniques d'AlMg5	24
III.6 Déroulement des essais	25
III.6.1 Conditions d'essai.....	25
III.7 Préparation des échantillons	26
III.7.1 Dimensions des échantillons	26
III.7.2 Tournage des éprouvettes	26
III.8 Réalisation des essais.....	27
III.8.1 Les routes utilisées dans l'essai	29
III.9 Préparation des échantillons pour l'observation microscopique.....	30
III.9.1 Découpage des échantillons	30
III.9.2 Enrobage des échantillons	30
III.9.3 Polissage des échantillons et attaque chimique	30
III.10 Observation au microscope optique	31
III.11 L'essai de dureté.....	32

Chapitre IV : Résultats et Discussions.

IV.1 Caractérisation microstructurale	33
IV.1.1 Echantillon P0 (sans déformation).....	33
IV.1.2 Echantillon en cours de déformation.....	34
IV.1.3 microstructure des échantillons déformés Route A	35
IV.1.4 microstructure des échantillons déformés Route Bc.....	36
IV.2 Test de dureté.....	39
Conclusion générale	42
Reference	43

Introduction générale

Introduction générale

La déformation plastique sévère (SPD) est une technique avancée de mise en forme qui améliore les propriétés mécaniques des matériaux en affinant considérablement leur structure granulaire. En appliquant des déformations plastiques intenses, la SPD permet d'obtenir des grains ultrafins, parfois à l'échelle nanométrique, ce qui entraîne des améliorations significatives en termes de résistance et de dureté.

Les matériaux à grains ultrafins représentent une nouvelle génération de matériaux avancés très prisés sur le plan technologique. Plusieurs procédés de fabrication sont aujourd'hui dédiés aux matériaux nanostructurés, parmi lesquels ceux basés sur la déformation plastique sévère (SPD). L'ECAE (Extrusion Égalée de Canal Angulaire) est l'un de ces procédés prééminents, largement utilisé et prometteur pour la fabrication des métaux à grains ultrafins.

Dans ce travail, nous avons étudié, l'effet de la déformation plastique sévère par la technique ECAE sur les propriétés mécaniques et microstructurales des alliages d'aluminium AlMg5.

Pour ce faire, le présent travail est organisé comme suit :

Chapitre 01 : intitulé « Affinement des grains par déformation plastique sévère (SPD). Ce chapitre présente des généralités sur les différentes techniques permettant de produire des grains par (SPD).

Chapitre 02 : intitulé « La déformation plastique sévère par ECAP. Réserve à la présentation de la technique ECAP en mettant en évidence les différents paramètres influençant le processus de déformation.

Chapitre 03 : Concerne la procédure expérimentale suivie pour mener à bien l'objectif visé.

Chapitre 04 : résultats et discussions.

Dans cette partie on s'intéresse à l'évolution de la microstructure et la dureté obtenue sur un alliage d'aluminium AlMg5 soumis à une déformation plastique sévère par ECAP.

En fin, on termine par une conclusion générale.