

ENSMP 1ère année, Mécanique des matériaux solides, mars-mai 2011

Écrouissage et recristallisation

Nous allons étudier deux mécanismes élémentaires qui permettent de contrôler les propriétés mécaniques des matériaux : l'écrouissage et le phénomène de recristallisation.

1 Écrouissage

Vous disposez de 10 éprouvette d'aluminium pur à l'état recuit de dimensions $100 \times 10 \times 1$ millimètres. Vous réaliserez des essais de traction avec la machine INSTRON® 3300 avec ces éprouvettes à différents taux de déformation : 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 15% et enfin jusqu'à la rupture. Vous réaliserez également des essais de dureté sur chaque éprouvette après déformation.

1.1 Essais de traction



La manipulation d'une machine de traction implique des risques pour vous et pour ceux qui vous entourent, respectez les consignes de sécurité et ne manipulez jamais en l'absence du personnel encadrant.

La réalisation des essais comportera les étapes suivantes :

- créer le programme qui servira à réaliser les essais de traction à l'aide du logiciel BlueHill®
- mettre en place l'éprouvette de façon à bien respecter l'alignement
- positionner les limites du canal déplacement de la traverse
- lancer l'essai jusqu'à repérer la déformation souhaitée
- démonter l'éprouvette en faisant attention à ne pas les mélanger.

Tracer les résultats sous la forme des courbes contrainte-déformation et donner dans un tableau la contrainte d'écrouissage obtenue dans chaque cas.

1.2 Essais de dureté

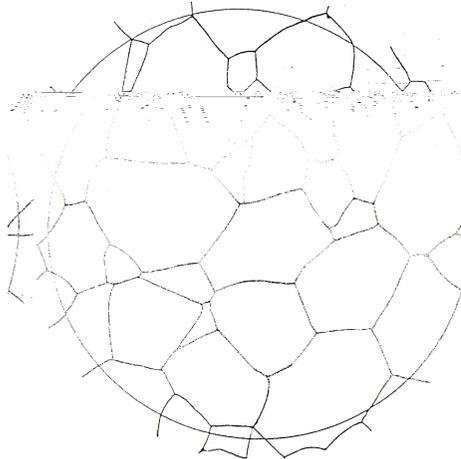
Mesurer la dureté sur chaque éprouvette après déformation. Comparer avec la courbe de traction et les contraintes d'écrouissage relevées précédemment.

2 Recristallisation

Procéder à un traitement thermique des éprouvettes déformées à 530 degrés pendant 45 minutes. Pour mettre en évidence la microstructure et ensuite mesurer la taille des grains il est nécessaire de réaliser une attaque métallographique.



Le réactif d'attaque est dangereux et nécessite l'utilisation de gants et d'une hotte aspirante. Cette partie sera donc réalisée au Centre des Matériaux d'Evry. Organisez vous avec votre encadrant pour optimiser les séances de travail en conséquence. L'attaque métallographique relève les joints de grains à la surface des échantillons. Vous observerez à la loupe binoculaire les différentes microstructures obtenues.



Enregistrer une image de chaque microstructure grâce au PC d'acquisition relié à la caméra montée sur la binoculaire. Penser à ajouter l'échelle. Utiliser ces images pour mesurer la taille moyenne des grains d obtenue pour chaque valeur de déformation ϵ . Tracer ces résultats sous forme d'une courbe $d = f(\epsilon)$. Rechercher par vos propres moyens différentes manières de mesurer d à partir d'image en surface des éprouvettes (on pourra consulter les méthodes ASTM par exemple [ASTM E112 - 10]), présenter succinctement ces différentes méthodes (au moins deux) et préciser la méthode que vous aurez choisie.

Vous venez de caractériser le phénomène de recristallisation qui consiste à la création de nouveaux grains en lieu et place de l'ancienne microstructure déformée. C'est un phénomène thermiquement activé.

Quelles observations majeures peut-on faire à partir de la courbe $d = f(\epsilon)$. Proposez un mécanisme métallurgique expliquant vos résultats.

3 Loi de Hall-Petch

Vous avez désormais produit 10 nouveaux matériaux avec des tailles de grains différentes.

Réaliser des essais de traction jusqu'à rupture pour chaque éprouvette traitée

thermiquement. Tracer les résultats sur un même graphique et mesurer pour chaque essai la limite élastique à 0.2% de déformation plastique $R_{p0,2}$.

La loi de Hall et Petch stipule que la limite élastique est inversement proportionnelle à la racine carrée de la taille de grains d .

Cette loi est-elle vérifiée ici ?

4 Programme détaillé

Cette section détaille un programme approximatif du déroulement du mini-projet. Elle vous permettra de vous assurer que vous progressez correctement au long des différentes séances.

Séance 1 : Essais de traction à différents taux de déformation.

Séance 2 : Exploitation des courbes de traction / Cours écrouissage.

Séance 3 : Essais de dureté sur les éprouvettes tractionnées, traitement thermique des éprouvettes.

Séance 4 : Attaque chimique après traitement thermique et acquisition d'images de microscopie optique de chaque éprouvette. Cette partie est réalisée au Centre des Matériaux et peut l'être en dehors des créneaux horaires spécifiquement dédiés aux mini-projets.

Séance 5 : Recherche des méthodes pour mesurer la taille moyenne des grains pour chaque éprouvette ; tracé de la courbe $d = f(\epsilon)$.

Séance 6 : Essais de traction sur les éprouvettes traitées thermiquement.

Séance 7 : Analyse des résultats obtenus et vérification de la loi de Hall-Petch.

Séance 8 : Rédaction du rapport et préparation de la restitution. Lors de votre présentation, en dehors de l'exploitation des courbes obtenues, il est conseillé de bien faire apparaître les méthodes expérimentales utilisées et d'interpréter les résultats en terme de propriétés mécaniques sur la base des mécanismes physiques mis en jeu.

Références

[ASTM E112 - 10] ASTM E112 - 10 Standard Test Methods for Determining Average Grain Size