

EVOLUTION MICROSTRUCTURALE ET MECANIQUE D'UN ACIER FAIBLEMENT ALLIE A FAIBLE POURCENTAGE EN CARBONE AVANT ET APRES EMBOUTISSAGE

C. DERFOUF & A. BRIMA

Département de Mécanique, Université de Biskra, 07000 Biskra.
cderfouf@lgm-ubiskra.net

RESUME

Cette étude est réalisée sur le métal de base, ensuite après emboutissage à froid sous une pression de 200 bars. Le but de cette investigation est l'étude de l'évolution microstructurale et mécanique d'un acier industriel faiblement allié à faible pourcentage en carbone utilisé pour la fabrication des réservoirs à gaz par la SNS BAG Batna. Le vif de ce travail est de montrer que le procédé d'emboutissage à froid a un effet important, notre attention sera ciblée sur l'évolution du paramètre mécanique de dureté le long des emboutis par une analyse de l'acier de son état de livraison et après emboutissage. Des observations de microscopie électronique à balayage (MEB) montrent les différences de structures qui se manifestent par un grossissement des grains et avec l'usage de la diffraction des Rayons X (DRX), nous confirmons les changements structurels qui s'opèrent, les résultats obtenus nous ramène à déduire que l'emboutissage à froid affecte la taille de grain de la structure de cet acier et cela se répercute sur les propriétés mécaniques.

MOTS-CLÉS: acier – emboutissage – structure – dureté - grain.

ABSTRACT

This study is realized into base metal, then after cold stamping process under 200 Bars pressure. The goal of this investigation is to follow the microstructural evolution and mechanical properties of industrial low carbon steel used in the gas store manufacture by SNS BAG Batna factory. In this work we saw the important effect of cold stamping process and more importance is given to the hardness parameter in order to show the structural change between base metal and cold stamping metal, scanning electronic microscopy observations shows more structural differences obvious by a grain magnification and by using Xray diffraction we confirm this structural changes.

The obtain results let us concluded that cold stamping process affect the grain size of low carbon steel structural form and affect also their mechanical properties.

KEYWORDS: Steel – cold stamping – structure hardness – grain.

1 INTRODUCTION

La technique de formage la plus répandue dans l'industrie est l'emboutissage, dont l'étude de celui-ci d'après son aspect métallurgique tend à mettre en évidence une relation générale entre l'influence des caractéristiques du métal et les performances obtenues sur presse [1], ainsi on parle de critères d'emboutissabilité (lié à la presse et le métal considéré), de la taille des grains, de la structure cristallographique ainsi que des éléments constitutifs de

l'acier. Pour aborder la caractérisation de l'emboutissage à froid, la détermination des méthodes de mesures des déformations induites dans le flanc permet de donner les limites que connaît ce procédé. Selon la littérature [2-7], Cette technique consiste à former une pièce à température ambiante, principalement utilisée sur un outillage double effet mais peut aussi l'être sur un outillage simple effet dans le cas où les emboutis sont peu profonds ou s'ils nécessitent peu d'effort de serrage. Ce type de formage permet d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle et évite la

formation d'oxyde Figure.1, néanmoins, l'épaisseur des tôles à emboutir ainsi que les caractéristiques mécaniques sont à l'origine des limitations de cette technique [8] et [9]. A ceci, il faut ajouter d'une part l'effet de l'érouissage apparaissant lors de la mise en forme et se traduisant par un durcissement structural et une baisse de la ductilité, d'autre part, la création de contraintes résiduelles au sein de la pièce finie aux limites de ses applications (risque de rupture fatigue) [9]. Au cours de sa déformation, le métal est soumis simultanément à deux modes de sollicitations [10] :

Des déformations en expansion sur le nez du poinçon qui s'effectuent au détriment de l'épaisseur.

Des déformations en retrait qui résultent d'un écoulement de matière sous serre-flan convergeant vers l'intérieur de la matrice et auxquelles s'associe un champ de contraintes compressif dans le plan de la tôle.

a



b

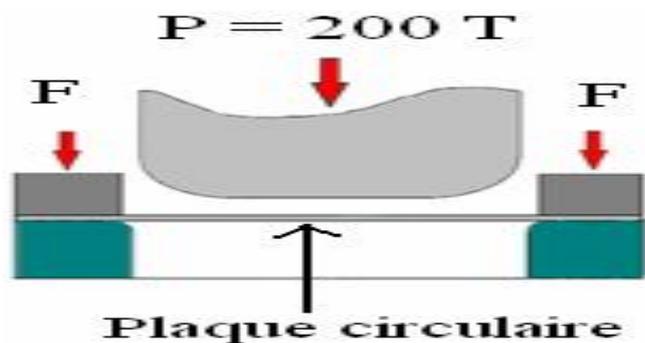


Figure 1 : a) Presse d'emboutissage de la bouteille à gaz.

b) Schéma de la forme d'emboutie

2 PROCEDURE EXPERIMENTALE

2.1 Identification de l'acier

L'acier dont la composition chimique est identifiée dans (TABLE I) à son état de livraison est sous forme de tôle d'épaisseur = 2.6 mm découpé sur une presse cisaille en forme circulaire Figure.2 prédisposé à l'opération de l'emboutissage à froid dans une presse automatique Figure.1a travaillant avec une pression de service de 200 Tonnes Figure.3.

Table 1: Composition chimique de l'acier

Elt	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ti
%	0.19	0.25	0.4	0.025	0.015	0.09	0.05	0.03



Figure 2 : Tôle circulaire prédisposée à l'emboutissage



Figure 3: Forme de l'emboutie realize

Notre étude portera sur les zones mentionnées de la Figure.4 et la partie de soudage



Figure 4: partie de l'emboutie (soudage)

2.2 Equipement utilisé

Les caractérisations mises en cause ont été réalisées aux laboratoires de l'université de Biskra

1. **MEB** : le MEB utilisé de type (**Jeol JSM-6390 LV**) lié à un micro-ordinateur pour enregistrer les images obtenues est équipé de détecteurs d'électrons secondaires permettant d'atteindre une résolution de l'ordre de 20 nm et un grossissement qui peut aller jusqu'à 300000 fois

2. **DRX** : On a utilisé un diffractomètre automatisé (**D8 ADVANCE**), lié à un micro-ordinateur pour enregistrer les diffractogrammes avec les conditions de travail suivantes :

- La haute tension du générateur de rayon X à 35 kV.
 - L'intensité du courant à 15mA.
 - L'anticathode de cuivre en filtre de Nickel.
3. Pour les tests de micro-dureté le Micro-duromètre de marque (ZHV 1010) avec une charge maximale 1000gr et une charge minimale 10 gr.

3 RÉSULTATS OBTENUS

3.1 Les résultats obtenus par Microscopie Electronique à Balayage (MEB).

3.1.1 Pour l'acier à l'état livré

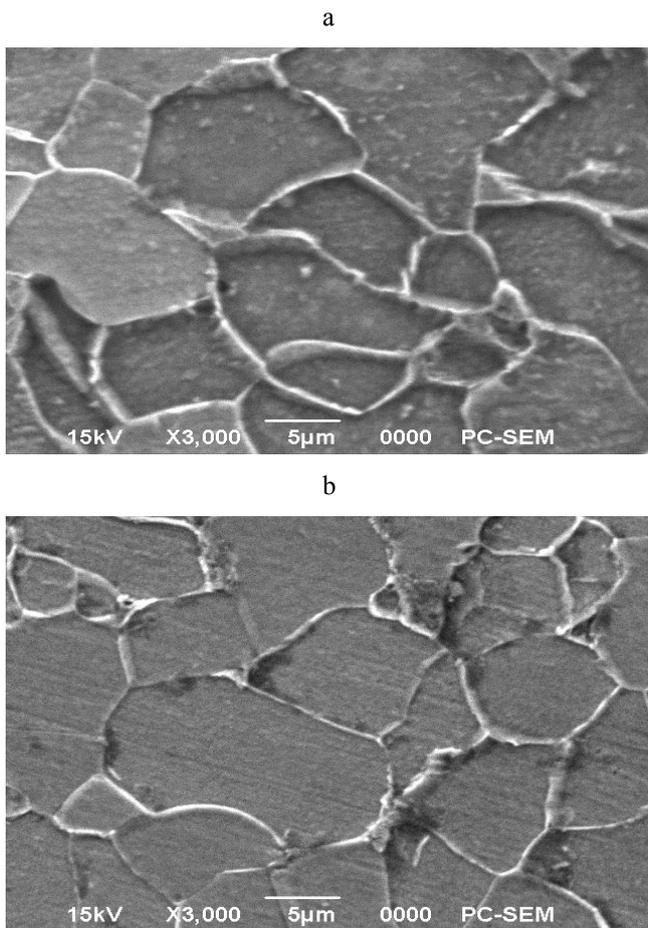


Figure 6: (a-b) (MEB) de l'acier à l'état livré

3.1.2 Après emboutissage à froid

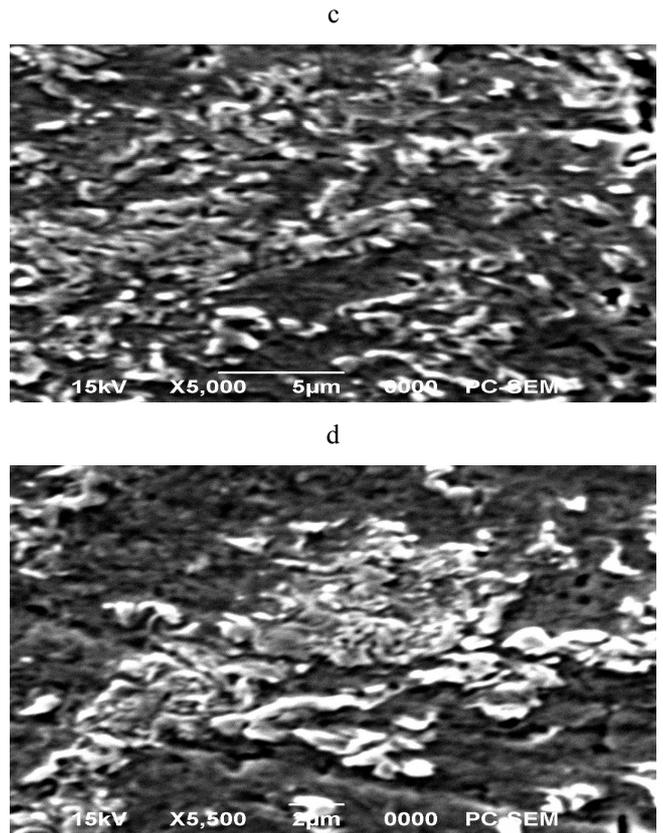
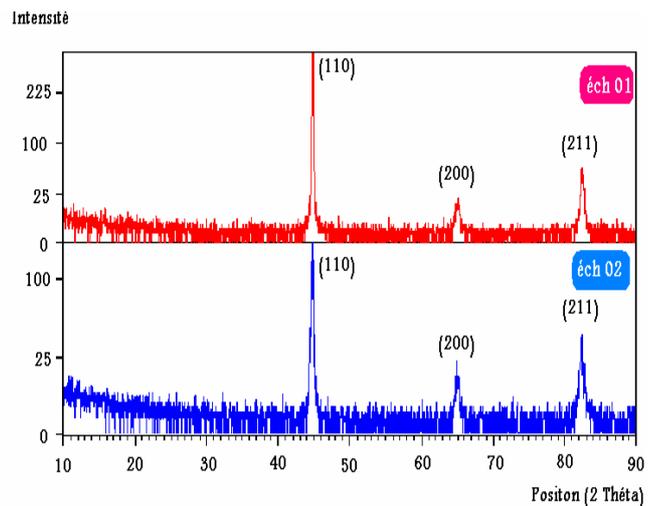


Figure 7: (c-d) Microscopie Electronique à Balayage (MEB) de l'acier après emboutissage

3.2 Les résultats obtenus par DRX

Spectres des Rayons X de l'échantillon 01 (l'acier livré) et l'échantillon 02 (morceau) de Souage Figure.5



Courbe N°01: Superposition des spectres de rayons X des échantillons 01 et 02.

3.2.1 Estimation du paramètre a de la maille

La distance entre atomique (a) est calculée par la relation suivante :

$$n\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta \quad (1)$$

On prend $n = 1$, on déduit :

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad (2)$$

On trouve :

$$a = \frac{\lambda\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}{2\sin\theta} \quad (3)$$

Les plans (hkl) sont à leur tour déduits par la relation suivante :

$$N = \frac{4\sin^2\theta a^2}{\lambda^2} \quad (4)$$

Après calcul de N on choisit l'angle le plus grand pour déduire (a)

L'exploitation des données de la courbe 01 nous permet de déduire (TABLE II & TABLE III)

Table 2: Echantillon 01: {a = 2.86 Å}

2 θ	Intensité	Plan (hkl)
44,707	149	(110)
65,109	21	(200)
82,391	42	(211)

Table 3: Echantillon 02 {a = 2.77 Å}

2 θ	Intensité	Plan (hkl)
44,947	359	(110)
65,109	19	(200)
82,631	57	(211)

4 LES RÉSULTATS DE MICRO-DURETÉ

4.1 Avant déformation par emboutissage

Les photos microscopiques de l'échantillon 01 et l'échantillon 02 avec empreinte du Micro-duromètre sachant que le poids utilisé est de 0.2 Kg

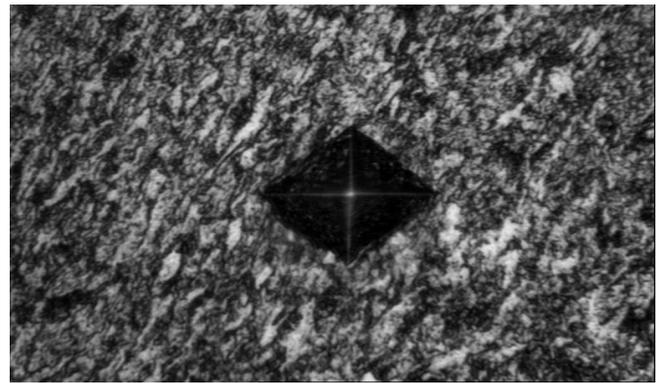
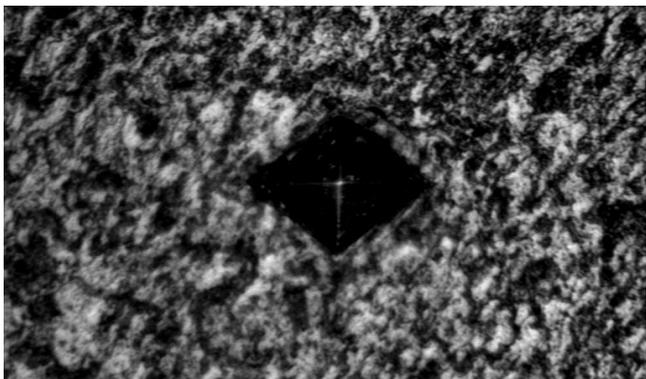


Figure 8 et Figure 9 : Echantillon (01)

Les valeurs de dureté relevées pour l'échantillon 01 et 02 de l'acier après emboutissage sont de l'ordre de 201 et 204 Hv.

4.2 Après déformation par emboutissage

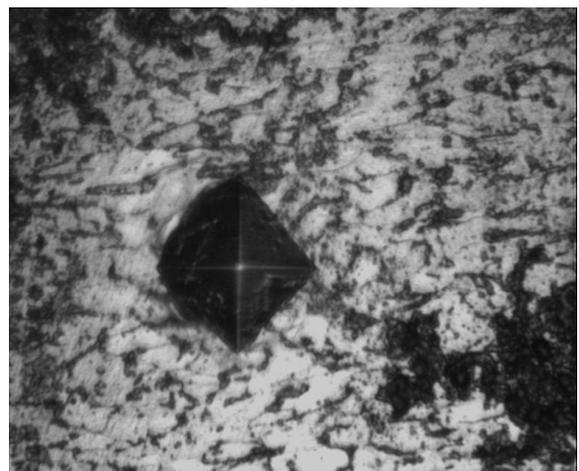
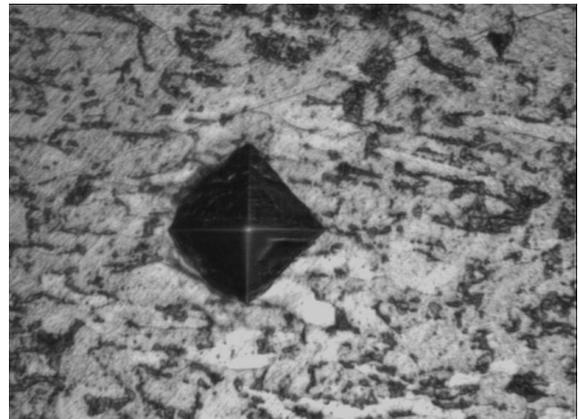


Figure 10 et Figure 11 : Echantillon (02)

Les valeurs de dureté relevées pour l'échantillon 03 et 04 de l'acier à l'état livré sont de l'ordre de 217 et 216 Hv.

5 INTERPRETATION DES RESULTATS

Il faut noter que la pression de service d'emboutissage = 200Tonnes est une énergie considérable appliquée sur la tôle d'acier de 2,6 mm d'épaisseur. De point de vue microstructure et d'après l'observation microscopique MEB réalisées nous remarquons une diminution de diamètre de grain soit un rétrécissement de dimension de grains. Chose conforme aux travaux de François Ronde & Al [11]. Les proportions de phases (ferrito-perlitiques) que constitue cet acier n'ont pas changées. Les différences de Pics marquées dans les spectres montrent qu'un changement de paramètre structural s'est opéré, qui est le paramètre de la maille (a) sans pour cela que structure dans la quelle cristallise cet acier ne change.

La fluctuation des valeurs de microdureté de \approx 200 Hv à 220 Hv révèle que le procédé d'emboutissage provoque l'effet de l'écrouissage apparaissant lors de la mise en forme qui se traduit par un durcissement structural ce qui est en accord total avec la littérature. [8-10].

6 CONCLUSION

Après le procédé d'emboutissage à froid, l'acier utilisé qui est notre métal d'étude soit un acier faiblement allié à faible pourcentage en carbone les propriétés mécaniques de celui-ci se voient perturbées et essentiellement changées.

- De point de vue microstructure, nous remarquons d'après les caractérisations MEB réalisées qu'une diminution de diamètre de grains se manifeste après ce procédé et que ce rétrécissement de grains se voit responsable de l'augmentation de dureté et la diminution de la ductilité.
- A signaler aussi, que les proportions de phases du métal de base et du métal après procédé d'emboutissage à froid n'ont pas vraiment beaucoup changées.

REFERENCE

- [1] S.H. Zhang, J. Danckert "Development of hydro-mechanical deep drawing" Journal of Materials Processing Technology, Volume 83, Issues 1-3, 1 November 1998, Pages 14-25.
- [2] Matériaux T2 Microstructure, mise en œuvre et conception Michael F. Ashby & David R.H. Jones édition dunod 3^{ème} édition entièrement refondue.
- [3] Patrick Isac «procédé de fabrication - le travail des métaux en feuilles - » IND 2103
- [4] Wit Grzesik "Chapter Two - Metal Cutting Operations and Terminology, Pages 5-15 of Advanced Machining Processes of Metallic Materials Theory, Modelling and Applications ISBN: 978-0-08-044534-2
- [5] «Plasticité en mise en forme - Métaux à froid» Technique de l'ingénieur 10 déc. 2007 réf : m3004
- [6] «Métallurgie en mise en forme à froid» Technique de l'ingénieur 10 déc. 2008 réf : m3030
- [7] «Emboutissage des tôles - Aspect mécanique», Technique de l'ingénieur 10 sept. 2002 réf : m3181
- [8] Arnaud Delamézière, Hakim Naceur, Piotr Bretkopf, Catherine Knopf-Lenoir, Jean-Louis Batoz, Pierre Villon «Faisabilité en emboutissage : optimisation du matériau par surface de réponse» Mécanique & Industries, Volume 3, Issue 2, 2002, Pages 93-98.
- [9] O. El Kedim, P. Lesage, M. Tachikart, R. Rahouadj "Influence of microstructural parameters on strain localization in uniaxial tension" Materials Characterization, Volume 36, Issues 4-5, April-June 1996, Pages 159-163
- [10] «Caractérisation du frottement outil – pièce en mise en forme à l'ambiante des aciers» Mécanique & Industries, Volume 1, Issue 6, December 2000, Pages 639-649 André Dubois, Laurent Dubar, Mirentxu Dubar, Jérôme Oudin
- [11] François Ronde-Oustau, Bernard Baudelet «Microstructure and strain path in deep-drawing», Acta Metallurgica, Volume 25, Issue 12, December 1977, Pages 1523-1529.
- [12] Swadesh Kumar Singh, D. Ravi Kumar «Effect of process parameters on product surface finish and thickness variation in hydro-mechanical deep drawing» Journal of Materials Processing Technology, Volume 204, Issues 1-3, 11 August 2008, Pages 169-178.
- [13] Huiting Wang, Lin Gao, Minghe Chen «Hydrodynamic deep drawing process assisted by radial pressure with inward flowing liquid» International Journal of Mechanical Sciences, Volume 53, Issue 9, September 2011, Pages 793-799.