

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 Fine

Mémoire de Master

Etude des problèmes d'emboutissage des tôles d'acier de l'entreprise ATLAS – Sétif

Etudié par : **Khelifi Abdeldjalil**

Dirigé Par : **Pr. Elhadj Ouakdi**

Pr Kamel Loucif

Devant le jury :

Pr. Rachid Louahdi

(Président)

Dr. Demouche Mourad

(Examineur)

Soutenue le : 03 /07 / 2023

Sommaire

INTRODUCTION

Chapitre 1 : Etude bibliographique sur l'emboutissage

1.1. Généralités sur la mise en forme par déformation	2
1.2. Généralités sur l'emboutissage	2
1.2.1. Principe.....	2
1.2.2. Outillage D'emboutissage	3
1.2.3. Etapes D'emboutissage.....	4
1.2.4. Types D'emboutissage.....	5
1.2.5. Emboutissage A Froid Et A Chaud.....	6
1.3. Principaux Paramètres De Réussite D'une Opération D'emboutissage	8
1.3.1. Les Paramètres Du Matériau	8
1.3.2. Les paramètres d'outillage	11
1.3.3. Paramètres tribologiques	14
1.4. Difficultés du procédé d'emboutissage.....	17
1.5. Avantages et les inconvénients de l'emboutissage.....	18
1.5.1. Avantages de l'emboutissage	18
1.5.2. Inconvénients de l'emboutissage	19

Chapitre 2 : Etude Théorique des problèmes posés en emboutissage

2.1. Principaux défauts rencontrés en emboutissage	20
2.1.1. Retour élastique	20
2.1.2. Striction	21
2.1.3. Plissement.....	22
2.2. Courbes limites de formage.....	23
2.2.1. Modes de déformation.....	23
2.3. Essais de laboratoire pour l'emboutissage	25
2.3.1. Essai de traction.....	25
2.3.2. Essai Swift	25
2.3.3. Essai de gonflement hydraulique (Essai Jovignot)	26
2.3.4. Essai Nakazima	26
2.4. Caractéristique et importance des dimensions des outils.....	27
2.5. Aciers d'emboutissage	27
2.6. Différents types des aciers	28
2.7. Tôle noire (acier doux).....	29
2.7.1. Aciers au carbone non revêtus	29

2.7.2. Aciers Au Carbone Revêtus.....	30
2.8. Dénomination des aciers.....	30
2.9. Caractéristiques demandées pour les tôles minces destinées à l'emboutissage.....	31
2.10. Tôles de la gamme DC01 au DC07	31
2.10.1. Caractéristiques	32

Chapitre 3 : Etude expérimentale

But de travail.....	34
Moyens et matériaux utilisés.....	34
3.1 Détermination de la composition chimique des aciers.....	35
3.1.1 Manipulation.....	35
3.1.2 Analyse des résultats de la composition	36
3.2 Détermination de l'épaisseur	37
3.2.1 Appareillage de mesure	37
3.2.2 Résultats de mesure.....	37
3.3 Détermination de la rugosité.....	38
3.3.1 Profilomètre optique	38
3.3.2 Profilomètre mécanique.....	39
3.4 Détermination de la dureté	39
3.4.1 Appareillage de mesure	39
3.4.2 Manipulation.....	40
3.4.3 Résultats de mesure.....	41
3.5 Essai de traction.....	41
3.5.1 Préparation des éprouvettes.....	41
3.5.3 Détermination du coefficient d'anisotropie	46
3.5.4 Détermination du coefficient d'écrouissage.....	47
3.5.5 Résultats globaux obtenus à partir des essais de traction	49
3.6 Résultats de l'Acier (DC04) utilisé par une entreprise privée -Sétif	51
3.7 Observation métallographique	51
3.8 Constat sur l'emboutissabilité des tôles étudiées :	53
3.9. Solutions suggérées	53

CONCLUSION

Liste des Figures

Chapitre1 : Etude Bibliographique

Figure 1.1: Schéma de principe de l'emboutissage.	3
Figure 1.2 :Exemples de pièces réalisées par emboutissage.	3
Figure 1.3 :Etape 1 de l'emboutissage.	4
Figure1.4 :Etape 2 de l'emboutissage	4
Figure 1.5:Etape 3 de l'emboutissage	4
Figure 1.6:Etape 4 de l'emboutissage	5
Figure 1.7:Emboutissage en retraits et Emboutissage en expansion	6
Figure 1.8 Emboutissage à froid	7
Figure 1.9: Emboutissage à chaud.....	8
Figure 1.10: Déformations limites calculées pour trois valeurs de coefficient n.	8
Figure 1.11: Représentation des déformations équivalentes limites et des CLF usuelle avec le critère de Von Mises.	9
Figure 1.12: Epruvette selon différentes directions de laminage.	10
Figure 1.13: Influence de l'anisotropie.	11
Figure 1.14: Variation de l'arrondi sur la matrice	12
Figure 1.15: Les propriétés fonctionnelles d'une surface.	16
Figure 1.16: Exemples des pièces illustrant deux modes de déformation type rencontrés dans les opérations d'emboutissage.	18

Chapitre 2 :Etude Théorique

Figure 2.1: Retour élastique pour différents efforts de serrage sur un acier doux (4ème Rapport CECA, Voest Alpine). A gauche : efforts de serrage élevés.....	21
---	----

Figure 2.2: Striction sur une tôle épaisse (en haut) et très mince (en bas).....	22
Figure 2.3: Mise en évidence par l'essai Nakazima d'une rupture après striction localisée (à gauche : en rétreint) et sans striction localisée (à droite : en expansion).	22
Figure 2.4: Rupture sans formation de plis (à gauche : effort de serrage élevé) et avec formation de plis (à droite : effort de serrage faible).	23
Figure 2.5: Modes de déformation en emboutissage- Courbe limite de formage à striction.	24
Figure 2.6: Eprouvettes à dégagement dans la zone calibrée.....	25
Figure 2.7: Essai Swift	26
Figure 2.8: Essai Jovignot.	26
Figure 2.9: Essai Nakazima.....	27

Chapitre 3 : Etude Expérimentale

Figure 3.1: Contrôle de l'épaisseur par l'appareil du faux rond (M200)	37
Figure 3.2: Profilomètre optique(MicroXAM-100)	38
Figure3.3: Résultats de mesure par le profilomètre optique (oXAM-100)	38
Figure3.4: Profilomètre mécanique (Surtronic S-128).....	39
Figure3.5: Duromètre de type (Qness-Q30M)	40
Figure3.6: Empreinte de l'essai de dureté	41
Figure3.7: Détection de la direction de laminage avec le microscope(OX.3240)	42
Figure3.8: Dimensions des éprouvettes normalisées.	42
Figure 3.9: Machine de découpe à l'électroérosion (CUT 400 SP)	43
Figure 3.10: Eprouvettes obtenues avec découpage à l'électroérosion (robot-fil).....	43
Figure 3.11: Machine de traction Zwick Roell (Z100)	44

Figure 3.12: Emplacement de l'éprouvette avant et après l'essai de traction	45
Figure 3.13: Points de mesure de la largeur et l'épaisseur avant l'essai de traction	45
Figure 3.14: Points de mesures de la largeur et l'épaisseur après l'essai de traction.....	47
Figure 3.15: Courbe vraie de traction.....	48
Figure 3.16: La variation de la contrainte en fonction de déformation de l'acier DC01 ...	49
Figure 3.17 : La variation de la contrainte en fonction de déformation de l'acier DC04 ...	50
Figure3.18 : Observation microscopique de l'acier(DC01)	52
Figure3.19: Observation microscopique de l'acier(DC04)	52

Liste des tableaux

Chapitre1 : Etude Bibliographique

Tableau 1.1: Les valeurs du coefficient de frottement avec ou sans graissage.	16
--	----

Chapitre 2 : Etude Théorique

Tableau 2.1: Aciers ordinaires ou aciers au carbone non allié	28
Tableaux 2.2: Aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid (NF A36-232)	29
Tableaux 2.3: Aciers doux électrozingués (extrait de EN 10152)	30
Tableau 2.4: Désignation de tôle de la gamme DC01 au DC05.....	32
Tableau 2.5: Caractéristique de quelque tôles (la gamme DC01 au DC07)	33

Chapitre 3 : Etude Expérimentale

Tableau 3.1: Composition chimique de l'acier DC01	35
Tableau 3.2: Composition chimique de l'acier DC04.....	36
Tableaux 3.3: Mesure de l'épaisseur de la tôle DC01.....	37
Tableaux 3.4: Mesure de l'épaisseur de la tôle DC04.....	37
Tableau 3.5: Résultats de la rugosité pour les deux aciers	39
Tableaux 3.6 : Résultats des essais de dureté Vickers HV (MPa), Force appliquée=1N....	41
Tableau 3.7: Dimensions des éprouvettes de traction en acier DC01etDC04 sur la norme E8	42
Tableaux 3.8: Résultats du Coefficient d'anisotropie pour l'acier DC01.	47
Tableaux 3.9: Résultats du Coefficient d'anisotropie pour l'acier DC04.	47
Tableaux 3.10: Résultats du Coefficient d'écrouissage pour l'acier DC01	48

Tableaux 3.11: Résultats du Coefficient d'écrouissage pour l'acier DC04	48
Tableau 3.12: Caractéristiques mécaniques de l'acier DC01	49
Tableau 3.13: Caractéristiques mécaniques de l'acier DC04.....	50
Tableau3.14 :Caractéristiques fondamentales de l'aciers(DC04) utilisées par une entreprise privée de Sétif.....	51
Tableau 3.15: Caractéristiques fondamentales des deux aciers(DC07 et DX54D+Z100)..	53

Résumé

Dans le but de maîtriser le procédé d'emboutissage est de mise en forme des tôles métalliques Il nous a été demandé de faire une étude globale de deux tôles destinées en emboutissage au niveau de l'entreprise ATLAS de Sétif. Cette étude concerne principalement sa composition chimique, son état de surface, son comportement plastique, la détermination des différents paramètres du matériaux et la comparaison entre les deux nuances étudiées. Après une analyse globale de tous les résultats obtenus, nous avons présentés des suggestions pour surmonter certains obstacles qui entravent l'opération d'emboutissage.

من أجل إتقان عملية ختم وتشكيل الصفائح المعدنية، طُلب منا إجراء دراسة عامة لصفحتين مخصصتين للختم في شركة أطلس سطيف. تتعلق هذه الدراسة بشكل أساسي بتركيبها الكيميائي، وحالتها السطحية، وسلوكها البلاستيكي، وتحديد المعايير المختلفة للمادة والمقارنة بين الصفحتين المدروستين. بعد تحليل شامل لجميع النتائج التي تم الحصول عليها، قدمنا اقتراحات للتغلب على بعض العقبات التي تعترض عملية الختم.

In order to master the stamping and shaping process of metal sheets We were asked to make a global study of two sheets intended for stamping at the company ATLAS of Sétif. This study mainly concerns its chemical composition, its surface condition, its plastic behaviour, the determination of the different parameters of the material and the comparison between the two sheets studied. After an overall analysis of all the results obtained, we presented suggestions for overcoming certain obstacles to the stamping operation.

INTRODUCTION

La transformation des tôles mécaniques en produits finis à une importance considérable dans de nombreuses industries telles que la construction mécanique, l'automobile, l'aéronautique et l'électroménager. Le déchirement de la tôle lors de la mise en forme, particulièrement en emboutissage, est l'un des grands problèmes posés actuellement au niveau de l'industrie mécanique. Les scientifiques et les industriels cherchent donc les meilleures conditions pour lesquelles l'aptitude à la déformation peut aller à son maximum.

Afin de minimiser les rebuts. L'emboutissage et tous les procédés d'obtention des pièces manufacturées par déformation plastique des matériaux métalliques sont des procédés largement utilisés en fabrication mécanique.

Ce travail est fait dans le cadre d'une collaboration entre l'usine **ATLAS -Sétif-** et **l'université (Institut IOMP)**. L'objectif principal est de faire une petite étude sur deux types d'aciers destinés pour la mise en forme en évaluant les différentes caractéristiques chimiques, géométriques et mécaniques. Cette caractérisation permettra de choisir l'acier convenable pour l'emboutissage et pour évaluer les différentes causes de la déchirure prématurée de la tôle.

Le mémoire est réparti sur trois principaux chapitres ; **Le premier** comporte une étude bibliographique en relation avec l'emboutissage, les outils utilisés, les caractéristiques géométriques des outils et les caractéristiques géométrique et mécanique des tôles utilisées. **Le deuxième chapitre** est réservé à l'étude des différents problèmes et obstacles qui entravent l'opération d'emboutissage, particulièrement le retour élastique et le phénomène de striction qui conduit à une déchirure des tôles dans des zones très critiques. Quelques essais de laboratoires réservés pour l'étude des courbes limites de formage CLF ont été décrits. Dans **un troisième chapitre** nous présentons les différentes étapes expérimentales de caractérisation et évaluation des résultats. En fin le mémoire sera clôturé par **une conclusion générale et des suggestions**.