

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Mécanique de Précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Mécanique Fine

Mémoire de Master

Conception et fabrication d'un dispositif pour la déformation plastique sévère par la technique ECAP.

Etudié par : Barberis Maroua

Dirigé Par : Dr. Demouche Mourad.

Dr .Mertani Boubekur Mohammed Bilel.

Devant le jury :

Dr :L.Boussouar (Président)

Dr : Rouabhi (Examineur)

Soutenue le :14/09/2022

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur la déformation plastique sévère des matériaux par la technique ECAP.

Figure. I.1. Illustration du processus HPT.....	3
Figure. I.2. (a): Procédé ECAP. (b): Intersection des deux canaux avec angles caractéristiques	3
Figure. I.3. Technique du collage de rouleaux accumulés.....	4
Figure. I.4. Diagramme schématique du RCS.....	4
Figure. I.5. Un simple Sketch d'ECAP.....	4
Figure. I.6. Principe d'ECAP.....	5
Figure. I.7. Les quatre voies principales pendant l'ECAP: (a) route A, (b) route Ba, (c) route Bc, (d) route C.....	6
Figure. I.8. LA géométrie d'une matrice ECAP avec :(a) : OCA vif, (b): OCA non nulle.....	7
Figure. I.9. Matrice rotative.....	8
Figure. I.10. Principe de matrice à ressort.....	9
Figure. I.11. Matrice ECAP spirale.....	9
Figure. I.12. Installation à passages multiples.....	9
Figure. I.13. Illustration schématique du processus d'extrusion latérale ECAP.....	10
Figure. I.14. Illustration schématique de l'ECAP Conform process.....	10

Chapitre II: Conception et dimensionnement du dispositif ECAP.

Figure. II.1. Matrice ECAP choisie.....	15
Figure. II.2. Pression interne sur paroi du canal.....	15
Figure. II.3. Les cotes à dimensionner.....	16
Figure. II.4. L'hauteur h.....	16

Figure. II.5. La cote b.....	16
Figure. II.6. L'épaisseur minimale (e_{min}).....	17
Figure. II.7. Diagramme de distribution des contraintes dans les enveloppes cylindriques à paroi épaisse.....	17
Figure. II.8. Vue de dessus de la matrice.....	18
Figure. II.9. Illustration d'une vis à six pans creux.....	18
Figure. II.10. La zone critique du canal.....	19
Figure. II.11. Profile de filetage métrique.....	20
Figure. II.12. Efforts presseurs maximum admissibles(KN).....	21
Figure. II.13. Couples de serrage calculées à 75% de la limite élastique(Nm).....	21
Figure. II.14. Illustration du plongeur.....	21

Chapitre III: Fabrication et traitement thermique de dispositif ECAP.

Figure.III.1. Matrice ECAP, Pièce 1.....	27
Figure.III.2. Repérage, Tolérance et rugosité de la pièce 1.....	28
Figure.III.3. Matrice ECAP, Pièce 2.....	32
Figure.III.4. Repérage, Tolérance et rugosité de la pièce2.....	33
Figure.III.5. Piston ECAP.....	36
Figure.III.6. Repérage, Tolérance et rugosité du piston.....	36
Figure.III.7. Stratégie de traitement thermique.....	39
Figure.III.8. Le four sous une température de 950 °C.....	40
Figure.III.9. Trempe dans un bain d'huile.....	40
Figure.III.10. Cycle du traitement thermique du Z200.....	41
Figure.III.11. Variation de la dureté en fonction de la température de revenu.....	41

Liste des tableaux

Tableau 1. Propriétés mécaniques du Z200.....	15
Tableau 2. Elément de filetage du boulon M10.....	18
Tableau 3. Les caractéristiques mécaniques des boulons selon leur classe.....	19
Tableau 4. Nombre d'opération en fonction d'IT.....	26
Tableau 5. Nombre d'opération en fonction de la qualité.....	26
Tableau 6. Nombre d'opération en fonction de la rugosité.....	26
Tableau 7. Composants chimique duX200Cr12.....	39
Tableau 8. Dureté de X200Cr12 en fonction du traitement effectuée.....	39

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I: Généralités sur la déformation plastique sévère des matériaux par la technique ECAP.

Introduction	1
I. Affinement des grains par déformation plastique sévère	1
I.1. Matériaux à grains ultrafins	1
I.2. Mécanisme de production des UFG par SPD	2
II. Techniques de déformation plastique sévère SPD	2
II.1. Torsion à haute pression (High pressure torsion HPT)	3
II.2. Pressage angulaire à canal égal (Equal channel angular pressing ECAP)	3
II.3. Collage de rouleaux accumulés (Accumulative roll bonding ARB)	3
II.4. Ondulation et redressement répétitifs (Repetitive corrugation and straightening)	4
III. Pressage angulaire à canal égal ECAP	4
III.1. Principe d'ECAP	5
III.2. Voies de traitement ECAP	5
III.3. Influences des paramètres géométriques de la technique	6
III.3.1. Influence de taille d'éprouvette	6
III.3.2. Influence des angles du canal de la filière ECAP	7
III.3.2.a. Influence de l'angle du coin extérieur (l'angle de courbure)	7
III.3.2.b. Influence de l'angle du canal ϕ	7
IV. Types de matrices ECAP	8
IV. 1. La matrice rotative (Rotary Die)	8
IV .2. Matrice à ressort	8
IV .3. Matrice spirale	9
V. Exemples de canal ECAP	9
V.1. Matrice ECAP à passages multiples	9
V.2. Procédé ECAP par extrusion latérale	10
V.3. ECAP–Conform process	10
VI. Avantages et points critiques ECAP	10
VI. 1. Les avantages	10
VI. 2. Points critiques du procédé ECAP	11
VII. Applications	11
Conclusion	12

Chapitre II: Conception et dimensionnement du dispositif ECAP.

Introduction	13
Objectif	13
I. Cahier des charges.....	14
II. Solution choisie	14
III. Choix de la matière	15
IV. Dimensionnement	15
IV.1.Matrice	15
IV.1.1.Chargement	15
IV.1.2. L'hauteur (h)	16
IV.1.3. La longueur (L).....	17
IV.1.4. La largeur (b)	18
IV.2.Système de fixation (Boulons).....	18
IV.2.1. Nombre des boulons nécessaires.....	19
IV.2.2.Contrôle de résistance des boulons	20
IV.3.Dimensionnement du piston (plongeur).....	21
V. Conception assisté par ordinateur (CAO).....	22
V.1.Définitions	22
A. La CAO:	22
B.Conception:	22
C. SolidWorks :	22
V.2.Avantage de la CAO	22
V.3.Dessins de définitions et mise en plan	22
Conclusion	23

Chapitre III : Fabrication et traitement thermique de dispositif ECAP.

Introduction	24
I. Conception générale d'une gamme d'usinage	24
I.1.Définitions [51].....	24
a. Gamme d'usinage	24
b. Phase	24
c. Sous phase	24
d. Opération.....	25
e. Ebauche.....	25
f. Demi-finition.....	25
G. Finition.....	25
I.2.Critères du choix des éléments essentielles de la gamme	25
a. Choix des machines	25

b. Choix des outils de coupe.....	25
c. Choix des conditions de coupe	25
d. Choix de nombre d'opérations élémentaires	26
I.3.Succession des étapes de préparation de la gamme	26
II. Gamme d'usinage.....	27
II.1.Matrice	27
II.1.1.Pièce (1) de la matrice	27
a. Analyse préparatoire	27
b. Analyse de fabrication	29
II.1.2.Pièce (2) de la matrice	31
a. Analyse préparatoire	31
b. Analyse de fabrication	33
II.2.Piston ECAP.....	35
a. Analyse préparatoire	35
b. Analyse de fabrication	37
III. Traitement thermique du X200Cr12 (Z200)	38
III.1.Fiche technique du X200Cr12(Z200)	39
III.2. Gamme de traitement thermique de Z200.....	39
a. La trempe	40
b. Revenu	40
Conclusion.....	42
Conclusion générale.....	43
References:	45

Introduction générale

Les processus de déformation plastique sévère (SPD) peuvent être définis comme des processus qui induisent une déformation plastique très élevée dans un métal afin de provoquer un affinement du grain. Bien que ces processus existent depuis plusieurs dizaines d'années, une nouvelle catégorie de procédés de SPD a récemment fait son apparition. Ils présentent généralement des caractéristiques, à savoir que la taille et la forme de la pièce à travailler restent inchangées après le traitement SPD. Les techniques les plus anciennes, telles que le forgeage, l'extrusion ou le laminage, utilisées séparément ou en combinaison, donnent une forme de produit sensiblement différente de la billette de départ. L'extrusion, par exemple, peut provoquer de très grandes déformations, mais le produit extrudé est généralement plus long et de plus petite section que la billette de départ. Les nouveaux procédés SPD, tels que le pressage angulaire à canal égal (ECAE/P), la torsion à haute torsion à haute pression (HPT), le collage par accumulation (ARB), ont tous pour but de maintenir le niveau de qualité des produits et ils visent à conserver la même forme de la pièce de départ et de la pièce d'arrivée.

Le plus prometteur de ces procédés pour produire des pièces de grande taille adaptées au forgeage et dont ce travail dirige est le procédé d'extrusion ou de pressage à canal égale (ECAE/P). Ce procédé consiste à introduire une forte déformation par cisaillement dans la pièce à usiner en la poussant à travers une matrice constituée de deux canaux de même section transversale.

Ce manuscrit est composé de trois chapitres :

- Le premier chapitre donne un aperçu sur la déformation plastique sévère, ces différentes techniques ainsi qu'une vue globale sur la procédé ECAP.
- Le deuxième chapitre est entièrement consacré à présenter la conception et le dimensionnement de différents éléments de dispositif.
- Le troisième chapitre se décompose en deux parties, La première partie est une présentation de la gamme de fabrication du dispositif, la seconde est dédiée au traitement thermique effectuée.

En fin, des conclusions doivent être tirées et sont présentées à la conclusion générale.

Résumé

Le pressage angulaire à canal égal (ECAP) est l'une des techniques connues de formage du métal par la déformation plastique sévère (SPD), dans lequel une contrainte plastique ultra-grande est imposée sur un matériau afin de fabriquer des métaux à grains ultrafins (UFG) et nanocristallin (NC), alliages, composites et polymères. Cette technique de traitement est efficace pour produire des matériaux aux propriétés mécaniques améliorées sans changement dimensionnel. Le but de ce travail est de faire une étude, une conception, une réalisation d'un dispositif ECAP comprenant une matrice et un piston.

Abstract

Equal channel angular pressing (ECAP) is one of the known severe plastic deformation (SPD) metal forming techniques, in which ultra-high plastic stress is imposed on a material to produce ultrafine grain (UFG) and Nanocrystalline (NC) metals, alloys, composites and polymers. This processing technique is effective in producing materials with improved mechanical properties without dimensional change. The aim of this work is to study, design and realize an ECAP system including a die and a plunger.

المخلص

تعد تقنية الضغط الزاوي ذو القناة المتساوية (ECAP) إحدى التقنيات المعروفة لتشكيل المعادن أين يتم فرض إجهاد بلاستيكي عالي على مادة الإنتاج للحصول على نسيج داخلي متكون من ذرات جد دقيقة (UFG)، على النانوكريستالين (NC)، السبائك و البوليمرات. يتسم أسلوب المعالجة هذا بالفعالية في إنتاج مواد ذات خواص ميكانيكية محسنة دون تغيير في الأبعاد. الهدف من هذا العمل هو دراسة، تصميم وتصنيع نظام (ECAP) متكون من مصفوفة و مكبس دافع.