

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 réalisation d'un outil de pastillage des poudres métalliques.

Présenté par : Mr. Teniou Mouaad

Dirigé par : Dr. Mouhoubi Sabira

Soutenu devant le jury :

Président : Dr. F. Chergui

Examineur : Dr. S. Benlayadi

Examineur : Dr. Y. Fizi

Examineur : Dr. A. Chouiter

Soutenue le : 29/06/2022

Résumé

Le présent travail consiste de conception et la réalisation d'un outil de pastillage des poudres métallique par la compression à froid, à l'air libre sans prendre de conditions particulières. Avant de procéder au processus de conception et de fabrication de notre outil. Nous prenons un aperçu sur la métallurgie des poudres pour acquérir et approfondir nos connaissances dans ce domaine afin d'utiliser ces connaissances pour produire notre projet et de savoir réfléchir et réagir face à des problèmes pratiques.

En premier stade on réaliser la conception (dessins d'ensemble et les dessins de définition) du dispositif, cette dernière est faite d'un choix d'une solution parmi tant d'autres et d'une manière à faciliter la réalisation de cet outil. Ensuite on doit usiner les pièces conçues de notre dispositif avec le matériel disponible pour nous au sein de l'unité de ALMOULES Sétif.

En conclusion au travail effectué, les résultats obtenus sont très prometteurs, notre dispositif est bien fonctionné, et donner des pastilles bien comprimé et formé.

Abstract

This work consists of the design and production of a metal powder pelletizing tool by cold compression, in the open air without taking any special conditions. Before proceeding to the design and manufacturing process of our tool. We take an insight on powder metallurgy to acquire and deepen our knowledge in this field in order to use this knowledge to produce our project and to know how to think and react to practical problems.

In the first stage we realize the design (overall drawings and definition drawings) of the device, the latter is made of a choice of a solution among many others and in a way to facilitate the realization of this tool. Then we must machine the designed parts of our device with the equipment available to us within the ALMOULES Sétif unit.

In conclusion to the work carried out, the results obtained are very promising, our device works well, and gives well compressed and formed pellets.

Table des matières

Remerciements	I
DEDICACES.....	II
Résumé	III
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux	VIII
Introduction générale	1
Chapitre I :	3
Étude bibliographique sur la métallurgie des poudres.....	3
I. 1. Introduction.....	3
I. 2. Procédés d'élaboration des poudres métalliques	3
I. 2. 1. Procédés mécaniques.....	4
a) Le broyage	4
b) La mécano-synthèse (le broyage à haute énergie)	4
c) Atomisation.....	5
I. 2. 2. Procédés chimiques	6
a) La réduction d'un composé.....	6
b) Électrolyse	7
I. 2. 3. Procédés physiques évaporation et condensation	7
I. 3. Propriétés des poudres métalliques	8
I. 3. 1. Caractéristiques chimiques.....	8
a) La composition.....	8
b) La pureté.....	9
I. 3. 2. Caractéristiques physiques	9
a) Analyse de la forme des particules	9
b) L'analyse de La taille des particules	10
I. 3. 3. Les propriétés de traitement	10
a) le débit	10
b) Masse volumique	11
d) Compressibilité.....	11
I. 4. Processus de frittage.....	11
I. 4. 1. Mélange	11
I. 4. 2. Mise en forme des poudres.....	12
-Compression uniaxiale.....	13
I. 4. 3. Frittage	14
I. 4. 3. 1. Les paramètres de frittage	14

a) Température	14
b) Durée de frittage.....	15
c) La structure géométrique des particules de poudre.....	15
c) Condition de mélange des poudres	15
e) La densité des comprimés de poudres.	15
f) Composition de l'atmosphère protectrice du four de frittage.	15
I. 4. 3. 2. Types de frittage.....	16
I. 4. 3. 2. 1. Frittage en phase solide.....	16
a) Stade initial : la croissance des ponts	16
b) Stade intermédiaire : diminution de la porosité	16
c) Stade final	17
I. 4. 3. 2. 2. Frittage en phase liquide	17
I.5. Difficultés techniques liés au fonctionnement des pastilleuses :	18
I. 5. 1. Problème de masse	18
I. 5. 2. Adhérence ou Collage	18
I. 5. 3. La fissuration de la pastille.....	19
I. 5. Poudre de cuivre	19
I. 6. Conclusion	19
Chapitre II :.....	21
Etude et conception du dispositif	21
II. 1. Introduction.....	21
II. 2. Objectif et méthodologie.....	21
II. 3. Analyse fonctionnelle.....	21
II. 3. 1. Diagramme A0.....	21
II. 3. 2. Le diagramme bête à corne	22
II. 3. 3. Diagramme de pieuvre	22
II. 4. Cahier des charges	23
II. 5. Description du dispositif	24
II. 6. Dimensionnement du dispositif.....	25
II. 6. 1. Choix des matériaux.....	25
II. 6. 3. Calcul de la pression radiale	27
II. 6. 4. Calcul l'épaisseurs de l'enveloppe cylindriques de la matrice.....	28
II. 6. 5. Calcul la force de pression	28
II. 6. 6. Calcul des diamètres des vis.....	29
II. 6. 7. Résistance de l'assemblage vissé	30
II. 6. 8. Caractérisation de l'assemblage vissé	30
II. 6. 9. Calcul de la résistance à l'arrachement des filets	32

II. 7. Vérification de la rigidité du dispositif avec le logiciel SolidWorks Simulation	33
II. 8. Conclusion	34
Chapitre III :	35
Réalisation et vérification du dispositif.....	35
III. 1. Introduction.....	35
III. 2. Gamme d'usinage	35
III. 3. Fabrication du dispositif.....	46
III. 4. Pastillage des poudres	47
III. 4.1. Les poudre utiliser	47
III. 4.2. Mélange.....	47
III. 4.3. Mise en forme	47
III. 5. Essais effectués	48
III. 6. Conclusion	48
Conclusion générale.....	49
Bibliographie	50

Liste des figures

Fig. I. 1 : Les deux principales méthodes de procédés de la métallurgie des poudres.	3
Fig. I. 2 : Schéma illustrant les procédés d'élaboration des poudres.....	4
Fig. I. 3 : Exemples de broyeur mécanique	4
Fig. I. 4 : Les techniques d'atomisation.....	6
Fig. I. 5 : Les différentes étapes de la fabrication de la poudre par électrolyse	7
Fig. I. 6 : Principe de l'élaboration des poudres par évaporation –condensation.	8
Fig. I. 7: Forme des grains de poudres métalliques.	9
Fig. I. 8 : Morphologies de différents types de poudres métalliques obtenues par MEB	10
Fig. I. 9 : Filières de la métallurgie des poudres.	12
Fig. I. 10 : Cycle de compactage d'une poudre	13
Fig. I. 11 : Illustration des opérations séquentielles dans un four de frittage.	14
Fig. I. 12 : Évolution de la forme du port durant le frittage	16
Fig. I. 13 : Évolution de la densité relative au cours des étapes de densification.	17
Fig. I. 14 : Étapes classiques durant le frittage en phase liquide du mélange de poudres.	18
Fig. II. 1: Diagramme A-0.....	21
Fig. II. 2: Diagramme « bête à corne ».	22
Fig. II. 3: Diagramme « pieuvre » pour le besoin.	23
Fig. II. 4: Dispositif de pastillage des poudres métalliques.	24
Fig. II. 5: la presse hydraulique.....	27
Fig. II. 6: Schéma du principe de compression uniaxiale du mélange de poudre.	28
Fig. II. 7: Vis a tété cylindrique CHC.	29
Fig. II. 8: Caractéristiques des filets.	30
Fig. II. 9: Arrachement des filets.....	32
Fig. II. 10: Maillage du dispositif.....	34
Fig. II. 11: Simulation par Solidworks.	34
Fig. III. 1: Les machine utiliser ; (a) fraiseuse, (b) perceuse, (c)rectifieuse, (d) tour parallèle..	46
Fig. III. 2: Vue générale du dispositif réalisé.	46
Fig. III. 3: pastilles élaborées par notre dispositif.	48

Liste des tableaux

Tableau I. 1: Séparation des grains.....	10
Tableau II. 1: Cahier des charges.	24
Tableau II. 2: Composition chimique de l'acier 42 CD 4 en % massique.	25
Tableau II. 3: Caractéristiques mécaniques moyennes de l'acier 42 CD 4 (état trempé revenu).	25
Tableau II. 4: Composition chimique de l'acier XC 48 en %.	26
Tableau II. 5: Caractéristiques mécaniques moyennes de l'acier XC 48 (état normalisé).	26
Tableau II. 6: Rapport <i>aire/implantation</i>	32
Tableau III. 1: Gamme d'usinage du poinçon supérieur.	36
Tableau III. 2: Gamme d'usinage poinçon inférieur.	37
Tableau III. 3: Gamme d'usinage de Plaque contre poinçon sup.....	38
Tableau III. 4: Gamme d'usinage de la matrice.	39
Tableau III. 5: Gamme d'usinage plaque du socle.	42
Tableau III. 6: Gamme d'usinage plaque de l'éjecteur G et l'éjecteur D.....	43
Tableau III. 7: Gamme d'usinage plaque de couvercle D.	44
Tableau III. 8: Gamme d'usinage plaque de couvercle G.....	45
Tableau III. 9: Caractéristiques générales des poudres utilisées.....	47

Introduction générale

La métallurgie des poudres est l'ensemble des sciences et techniques de fabrication des pièces métalliques par frittage de poudres par amalgame. Comme il n'y a pas de fusion (le frittage consiste globalement en un brasage des grains par diffusion et fusion locale), cette technique permet de moins chauffer (donc de faire des économies d'énergie), et d'avoir un retrait très faible au refroidissement. On peut donc avoir des surfaces fonctionnelles brutes de frittage, ne nécessitant pas d'usinage ultérieur, ce qui permet d'économiser du matériau et de la main d'œuvre, donc de réduire les coûts ainsi que l'impact environnemental.

Ce procédé convient pour la fabrication d'un nombre élevé de pièces, par leurs petites tailles ou conception complexe, exigent de la précision. Aussi ce procédé est approprié quand il y a un besoin de control de la perméabilité ou la porosité des pièces finales. L'utilisation de ces pièces est habituelle dans les équipements et outillage industriels, l'automobile, plus concrètement comme des soupapes roulements et pistons.

Le procédé de fabrication en métallurgie des poudres le plus répandu est compression uniaxiale. Qui consiste à faire un mélange de poudres, puis, à agglomérer ce dernier dans une forme rigide bien définie, en appliquant une forte pression unidirectionnelle, cette pression varie en fonction de la densité et la taille des pièces voulues.

Dans l'optique d'assimiler le procédé de mise en forme approprié et prendre quelques idées et informations dont nous avons besoin pour mener à bien le sujet de notre étude, dont les plus importantes sont :

- Les procédés d'élaboration et les caractéristiques des poudres métalliques.
- La compression des poudres métallique, la compression uniaxial spécialement.
- Le processus de frittage et leurs types et paramètres.
- Les difficultés techniques liées au fonctionnement des pastillages des poudres métalliques.

Par la suite nous présentons de façon détaillée la conception de l'outillage de compression qui fait la mise en forme d'une poudre métallique d'alliage de cuivre par pressage uniaxiale. Le dispositif de pastillage qu'on a réalisé au niveau de l'atelier d'usinage ALMOULES-Sétif, est adaptable à la plage de pression de 50 a 200 MPa. et permet d'obtenir

des pastilles de diamètre 20mm et d'épaisseur de 3 à 6mm Cependant, l'outil choisis pour la conception et la structure du dispositif est le SolidWorks (conception 3D). Le but de l'utilisation de ce logiciel est l'accès à la conception assistée par ordinateur. Par SolidWorks les fabricants passent de la phase de conception à la phase de réalisation assez rapidement.

Ce mémoire comprend trois chapitres :

Le premier chapitre présente une étude théorique sur la métallurgie des poudres, en partant des méthodes de fabrication des poudres métalliques jusqu'au méthode de mise en forme des produits frittés.

Dans le second chapitre nous exposons les différentes étapes suivies afin de concevoir le dispositif sujet de notre étude.

Le dernier chapitre exhibe les opérations suivies afin de confectionner notre dispositif de pastillage.

Enfin, se mémoire sera achevé par une conclusion générale.