



Faculté des Sciences de l'Ingénierat
Département de Génie Mécanique

domaine : sciences et techniques
filière : génie mécanique
spécialité : productique mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER

**ELABORATION DE LA GAMME D'USINAGE ET AMELIORATION DES CARACTIRISTIQUE
MECANIQUE D'UNE BIELLE EN ALLIAGE D'ALUMINIUM**

Option

Productique mécanique

Par :

TAMER MOHAMED HAYTEM

ENCADRE PAR: M. DAAS

Devant le jury composé de :

PRÉSIDENT: PROF. A.M. BOUCHELAGHEM

**EXAMINATEURS: Prof. H. HAMADACHE
MCA A. LAGRED
MCA R. BOURENANE
MAA R. BOULAKROUCHE**

Remerciement :

Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à remercier le dieu notre créateur, mes vifs remerciements sont destinés aussi à mon encadreur Mme Daas doula. Je remercie d'avance les membres de jury de bien avoir accepté de lire et examiner ce travail. Enfin je remercie tous les professeurs de la Faculté des Sciences de l'Ingénierat en particulier ceux du Département de génie mécanique, pour leur dévouement dans les formations qu'ils assurent, mais aussi pour leur grand esprit de collaboration.

SOMMAIRE

Chapitre I : calcul de régime de coupe

Régime de coupe.....	3
Calcul du temps d'exécution.....	3
Calcul des temps de fraisage de face.....	4
Calcul des régimes de coupe pour la rectification de face.....	5
Calcul des temps de rectification.....	6
Calcul des régimes de coupe pour le perçage des trous de diamètre $d = 13$ mm et $d = 19$ mm.....	7
Calcul des temps d'exécution des diamètres $d = 13$ mm et $d = 19$ mm.....	11
Calcul des régimes de coupe pour l'alésage des trous de diamètre $d = 20.9$ mm et $d = 14.91$ mm.....	12
Calcul des temps pour l'alésage.....	14
Calcul des régimes de coupe pour le chanfrainage des trous de diamètre $d = 20.9$ mm et $d = 14.91$ mm.....	15
Calcul des temps pour le chanfrainage des deux diamètre.....	16
Calcul de régimes de coupe pour le perçage des trous de diamètre $d = 3$ mm et $d = 2.5$ mm.....	17
Calcul des temps pour le perçage des trous de diamètre $d = 3$ mm et $d = 2.5$ mm.....	19
Calcul du régime de coupe pour le chanfrainage des trous de diamètre $d = 2.5$ mm.....	21
Calcul des temps pour le chanfrainage.....	21
Calcul du régime de coupe pour le fraisage des rainures de graissage.....	22
Calcul des temps pour le fraisage des rainures.....	24
Calcul du régime de coupe lors de la rectification planes.....	25
Calcul des temps.....	26
Calcul des régimes de coupe pour le rodage des diamètres $d = 15^{\pm 0.011}$ mm et $d = 21^{\pm 0.010}$ mm.....	27
Calcul des temps de rodage.....	27

Chapitre II : calcul de dispositif	
Calcul du dispositif.....	31
Chapitre III : élaboration de la gamme d'usinage	
Gamme d'usage.....	33
Chapitre IV : procédé de traitement	
Traitement thermique.....	49
Grenailage de précontraintes.....	51
Mécanisme de génération et évolution des contraintes résiduelles.....	52
Etat mécanique.....	53
Influence des paramètres de grenailage sur l'état de contraintes résiduelles.....	54

Liste des figures :

Figure N°	Titre	La page
Figure N°1	Moteur SACHS à deux temps	2
Figure N°2	présentation de foret hélicoïdal	8
Figure N°3	présentation de foret hélicoïdal	18
Figure N°4	fraise à Té de dimension \varnothing $20 \times 2.06_{-0.03}^0$	23
Figure N°5	présentation de dispositif	31
Figure N°6	présentation de traitement thermique le forgeage et recuit	49
Figure N°7	présentation de la cémentation et la trempe et le revenu	51
Figure N°8	Grenaille projetée à la surface de la pièce	52
Figure N°9	Machines à grenailer les petites pièces en vrac	52

Liste des tableaux :

Tableau N°	Titre	La page
Tableau N°1	Composition chimique	3
Tableau N°2	paramètres de l'outil	8
Tableau N°3	paramètres de l'outil	18
Tableau N°4	La gamme d'usinage	33
Tableau N°5	fraisage de la phase 10 s. phase A	34
Tableau N°7	la rectification de la phase 20	35
Tableau N°8	le perçage des trous $d = 13^{\pm 0.27}$ mm et $d = 19^{\pm 0.33}$ mm	36
Tableau N°9	l'alésage des deux trous	37
Tableau N°10	chanfrainage de trou $d = 20.9$ mm	38
Tableau N°11	chanfrainage de trou $d = 14.91$ mm	39
Tableau N°12	perçage des trous de graissage	40
Tableau N°13	chanfrainage des torus de graissage	41
Tableau N°14	traitement des surface	42
Tableau N°15	perçage des trous de graissage	43
Tableau N°16	rectification plane phase 120 s. phase A	44
Tableau N°17	rectification plane phase 120 s. phase B	45
Tableau N°18	e rodage du trou $d = 21$	46
Tableau N°19	e rodage du trou $d = 15$	47

Résumé :

Le but de notre travail est d'élaborer la gamme d'usinage de la bielle en alliage d'aluminium provenant d'un motorcycle à deux temps qui est de fabrication entièrement Algérienne, dont l'ébauche est obtenue par le procédé de forgeage à la presse hydraulique.

Nous avons procédé également à un traitement thermique afin d'améliorer les caractéristiques mécaniques du matériau.

Nous avons fait également une proposition dans le but de créer des contraintes de compression à la surface de la bielle et retarder le mécanisme de fissuration et l'endommagement du matériau par le procédé de grenailage.

I. Introduction

Il est connu que la déformation des métaux non ferreux peut s'accompagner d'une modification de structure provoquant des changements très importants dans la texture cristallographique [32]. Les facteurs qui modifient le comportement du matériau en fatigue sont la microstructure du matériau, son état de surface, l'environnement et la fréquence de chargement. Toute modification de la microstructure d'un matériau entraîne des variations de ses principales propriétés mécaniques [34] telles que : sa limite d'élasticité, sa résistance à la traction, sa ductilité et sa ténacité. L'objectif de notre travail est de développer des données relatives au mode d'obtention de l'ébauche, au chargement et aux caractéristiques mécaniques et métallurgiques du matériau considéré qui est en alliage d'aluminium [33] permettant une bonne amélioration du produit. La révélation d'un certain nombre de caractéristiques mécaniques de l'alliage d'aluminium de la bielle destinée aux motocycles nous conduit à la connaissance approfondie de ce matériau sous différents modes de sollicitations et à l'analyse des différents procédés pour son obtention.

Le mécanisme de la mise en forme de la bielle par le procédé de forgeage crée des contraintes résiduelles qui sont généralement induites par la plastification superficielle [35] de la matrice métallique.

Caractéristiques du moteur :

Les caractéristiques du moteur monocylindre à deux temps à essence, refroidi par ventilateur et avec une boîte à deux vitesses, changées automatiquement en fonction du régime sont les suivantes :

Puissance du moteur : 2.4 cv = 1.764 kw

Nombre de tours max : 5000 tr/min

Course : 42 mm

Alésage : ϕ 38 mm

Taux de compression : 9

Cylindrée : 47 cm³

Taux de compression : 9

Cylindrée : 47 cm³

Caractéristiques de la bielle

Nature du matériau

AL Cu Mg 2F42

Composition chimique								
%Cu	%Si	%Mn	%F	%S	%Cr	%Mg	%Fe	%Zn
0,84 ÷ 4	0,4	0,4 ÷ 0,9	0	0	0,10	1,2 ÷ 1,8	0,4	0,25

Tableau N 1: Composition chimique

Caractéristiques mécaniques :

Résistance à la traction: 420 MPa. Limite d'élasticité: 250 MPa. Allongement: 8 % .

Dureté de BRINELL : 105 HB.,

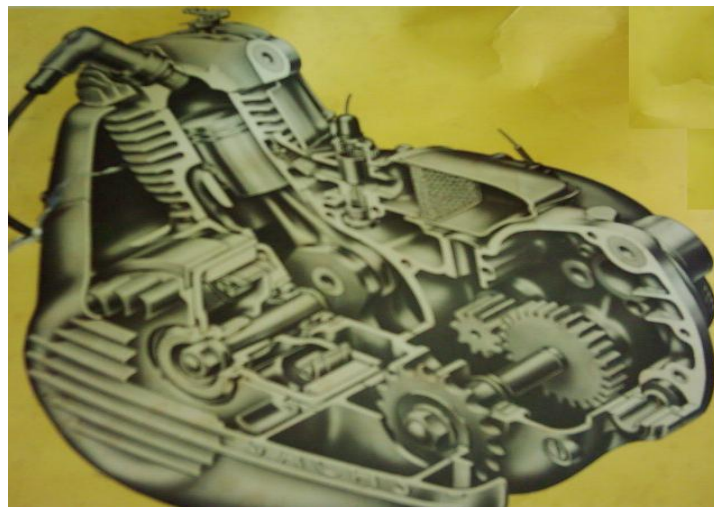


Fig. 1 : Moteur SACHS à deux temps

Chapitre I : calcul du régime de coupe :

La condition obligatoire pour établir un régime de coupe est l'existence d'une gamme d'usinage élaborée et les caractéristiques des machines outils. La détermination du régime de coupe rationnel consiste à choisir de la combinaison plus avantageuse de vitesse et l'avance de coupe qui doivent assurer la productivité maximale et le prix de revient d'une phase minimum.

Pour diminuer le temps machine il faut utiliser des avances admissibles maximums et des vitesses de coupe leurs correspondantes. Avec cela on doit utiliser à plein la capacité de la coupe de l'outil et sa capacité d'usinage et aussi les possibilités dynamiques d'une machine outil à l'observation des exigences techniques d'une pièce à usiner.

I. Calcul du temps d'exécution :

La détermination correcte des normes de temps permet de favoriser l'augmentation de la productivité et d'améliorer les utilisations du l'équipement technologique et en fin du compte elle permet de déterminer correctement le prix de revient d'une pièce fabriquée.

Le temps prévu pour l'exécution d'un lot de pièce est définie par la formule suivante :

$$T_e = T_p \times N + T_{pr} \quad (1)$$

où :

N : nombre de pièce dans un lot

T_{pr} : temps du préparation poste de travail

T_p : temps par pièce égale :

$$T_C + T_{aux} + T_t + T_{org} + T_r \quad (2)$$

Où :

$T_C = T_m$: temps machine.

T_{aux} : temps auxiliaire.

T_{org} : temps d'organisation du poste de travail.

T_t : temps de la desserte technique du poste de travail.

T_r : temps perdu relatif au personnel.

La somme de temps machine et de temps auxiliaire s'appelle le temps opérationnel (T_{op})

$$T_{op} = T_C + T_{aux} \quad (3)$$

Pour simplifier le calcul du temps par pièce on exprime les temps (d'organisation de la desserte et perdu relatif) en % du temps opérationnel (T_{op})

C'est-à-dire:

$$T_i = \frac{\alpha}{100} \times T_{op} \quad (4)$$

$$T_{org} = \frac{\beta}{100} \times T_{op} \quad (5)$$

$$T_r = \frac{\gamma}{100} \times T_{op} \quad (6)$$

Donc:

$$T_p = T_{op} \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}\right) \quad (7)$$

$$T_p = T_{op} \left(1 + \frac{k}{100}\right) \text{ où: } k = \alpha + \beta + \gamma$$

Le temps calculé est déterminé comme suite :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{pr}}{N} \quad (8)$$

Où N : nombre de pièce dans un lot ($N = 1500$)

II. Calcul des temps de fraisage de face :

II.1. Calcul des temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{l_1 + l_2}{a \times n} = \frac{l + l_1 + l_2}{a \times n} \times \frac{1}{m} \quad (9)$$

Où l : longueur de la surface a fraiser = 1100

$$l_1 = 0.5(\sqrt{0^2 + 8^2}) + 0.5 \div 3 = 70 \text{ mm}$$

$$l_2 = 1 \div 6 \text{ mm adoptons } l_2 = 5 \text{ mm}$$

A_z : avance par dent 0.4 m / dent

N : nombre de tours de la fraise = 90 tr/min

A_m : $a_z \cdot z \cdot N$ ou z : nombre de dents = 16 .

m = nombre des pièces = 36

Soit :

$$T_c = \frac{1100 + 70 + 5}{0.4 \times 16 \times 90} \times \frac{1}{36} = 0.057 \text{ min}$$

II.2. calcul des temps auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{aux} = 0.16 \text{ min (d'après tabl.)}$$

le temps auxiliaire est déterminé d'après le tableau en fonction du poids de la pièce et le mode de la mise en place de la pièce.

II.3. calcul des temps / pièce (T_p) :

$$T_p = (T_c + T_{aux}) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \quad (10)$$

$$T_p = (0.057 + 0.16) \left(1 + \frac{7.8}{100}\right) = 0.2345 \text{ min}$$

II.4. calcul des temps de préparation ($T_{prépr}$) :

Pour une pièce de poids < 0.5 kg mise dans un dispositif spécial avec le serrage hydraulique

$$T_{prépr} = 21.3 \text{ min}$$

II.5. calcul des temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{prépr}}{N} \quad (11)$$

$$T_{cal} = 0.2345 + \frac{21.3}{1500}$$

II.6. calcul des temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{prépr} \quad (12)$$

$$T_e = 0.234 \times 1500 + 21.3 = 372.3 \text{ min}$$

III. Calcul des régimes de coupe pour la rectification de face :

Sur une rectifieuse plane de type L 10 B on usine un groupe de pièce montés

sur une table rectangulaire de dimension 1000 × 350 avec une meule à segment de diamètre 350 mm on enlève une couche de 0.4 mm (surépaisseur = 0.4mm) on enlève cette surépaisseur en deux passes c-à-d de profondeur de passe égale à 0.2 mm .

Calcul de la vitesse de la meule :

$$V_m = 27.5m/s \text{ et } N = 1500t_r / min$$

La vitesse de la table égale à : $V_{tab} = 15m/min$ donc vitesse de va et vient est :

$$V_{va \text{ et } vien} = \frac{15 \times 1000}{2 \times 1165} \approx 6.45 \text{ cm/min} \quad (13)$$

IV. Calcul des temps de rectification :

IV.1. Calcul des temps du coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{a \times n} \quad (14)$$

$$\text{Où : } T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{V_{tab}} \times \frac{P}{S} \times \frac{1}{m} \times k \quad (15)$$

Où

l : longueur total des pièces à rectifier = 990 mm

l_1 : engagement = 165 mm

l_2 : dégagement = $5 \div 10$ mm prenons 10 mm

P : surépaisseur d'usinage = 0.4 mm

S : profondeur de passe = 0.2 mm

m : nombre de pièce à usiner = 54

k : coefficient de correction = 1

soit :

$$T_c = \frac{990 + 165 + 10}{15 \times 1000} \times \frac{0.4}{0.2} \times \frac{1}{54} = 0.0028 \approx 0.003 \text{ min}$$

IV.2. Calcul des temps auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{aux} = 0.8mn$$

IV.3. Calcul des temps / pièce (T_p) :

$$T_p = \frac{(T_c + T_{aux}) \left(1 + \frac{k}{100}\right)}{54} \quad (16)$$

$$T_p = \frac{(0.003 + 0.8)(1 + \frac{8}{100})}{54} = 0.016 \text{ min}$$

IV.4. Calcul des temps du préparation (T_{prep}) :

$$T_{pr\grave{e}p} = 7 \text{ min}$$

IV.5. Calcul des temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{pr\grave{e}p}}{N} \quad (17)$$

$$T_{cal} = 0.016 + \frac{7}{1500} = 0.021 \text{ min}$$

IV.6. Calcul des temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{pr\grave{e}p} \quad (18)$$

$$T_e = 0.016 \times 1500 + 7 = 40 \text{ min}$$

V. Calcul des régimes de coupe pour le perçage des trous de diamètre $d = 13 \text{ mm}$ et $d = 19 \text{ mm}$:

Sur une perceuse à colonne de type 4 BAST de puissance 1.5 Kw on usine les deux trous de diamètre $d = 13 \text{ mm}$ et $d = 19 \text{ mm}$ simultanément, de hauteur $10^{+0.54}_{+0.009}$ la matière à usiner est un acier faiblement alliés (16 NC 6) avec HB 207 il faut choisir l'outil et ses paramètres géométrique et les régimes de coups correspondant. Les paramètres des forets hélicoïdaux utilisés sont donnés dans le tableau suivant:

Diamètre (mm)	C M	l	L	2	α	matières
$\emptyset 13$	1	101	182	118°	12°÷15°	HSS
$\emptyset 19$	2	135	233	118°	12°÷15°	HSS

Tableau N 1 : paramètres de l'outil

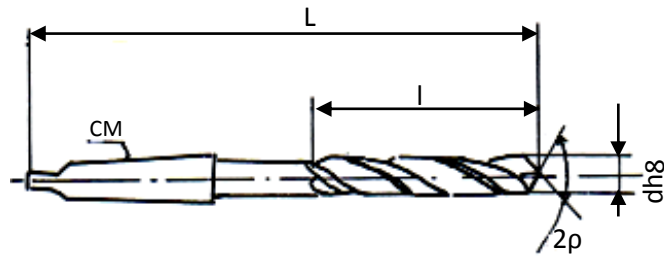


Fig. 2 : présentation de foret hélicoïdal

V.1. Régime de coupe pour le diamètre $d = 19 \text{ mm}$:

a) calcul la profondeur de passe (S) :

$$S = \frac{19 - 15.7}{2} = 1.65 \text{ mm} \quad (19)$$

Choisissons l'avance à : $a = 0.2 \text{ mm/t}_r$ corrigeons cette avance d'après le dossier machine $a = 0.15 \text{ mm/t}_r$ nous déterminent la vitesse de coupe d'après le tableau de renseignement $V = 28 \text{ m/min}$ nous déterminons par la suite le nombre de tours de la broche (N) par la formule suivante :

$$N = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (20)$$

$$N = \frac{1000 \times 28}{3.14 \times 19} = 469.326 \text{ t}_r / \text{min}$$

Corrigeons la vitesse coupe réelle ($V_{\text{réelle}}$) :

$$V_r = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad (21)$$

$$V_r = \frac{3.14 \times 19 \times 500}{1000} = 29.83 \text{ m / min}$$

b) Calcul de la puissance de coupe (P_c) :

$$P_c = K \times a \times d \times V \quad (22)$$

Où :

K : coefficient déterminé expérimentalement pour l'acier au Nickel chrome $K=14$

a : avance en mm/t_r

d : diamètre du foret

v : vitesse de coupe

Donc :

$$P_c = 14 \times 0.15 \times 19 \times 29.83 = 1.19 \text{ Kw}$$

La puissance absorbée par la machine (P_a) est donnée par la formule suivant

$$P_a = \frac{P_c}{\eta} = \frac{1.19}{0.8} = 1.48 \text{ kw}$$
 nous remarquons que la puissance absorbée est presque égale à celle

du moteur donc nous diminuons la vitesse de coupe prenons

$$V = 20 \text{ m/min}$$

$$N = \frac{1000 \times 20}{3.14 \times 19} = 335.23 \text{ t}_r / \text{min}$$
 corrigeons « N »

$$N = 350 \text{ t}_r / \text{min}$$

$$V_r = \frac{3.14 \times 19 \times 350}{1000} = 20.88 \text{ m/min}$$

Donc :

$$P_c = 14 \times 0.15 \times 19 \times 20.88 = 0.833 \text{ Kw}$$

$$P_a = \frac{0.833}{0.8} = 1.041 \text{ kw}$$

V.2. Régime de coupe pour le diamètre $d = 13 \text{ mm}$

a) calcul la profondeur de passe (S) :

$$S = \frac{13 - 25}{2} = 2.25 \text{ mm} \quad (23)$$

Prenons la même avance $a = 0.15 \text{ mm/t}_r$ et $V = 20 \text{ m/min}$

b) Calcul le nombre de tours (N) :

$$N = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (24)$$

$$N = \frac{1000 \times 20}{3.14 \times 13} = 489.95 \text{ t}_r / \text{min}$$

corrigeons d'après le dossier machine $N = 500 \text{ t}_r / \text{min}$

c) Calcul la vitesse réelle (V_r) :

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad (25)$$

$$V = \frac{3.14 \times 13 \times 500}{1000} = 22.1 \text{ m / min}$$

d) Calcul de la puissance nécessaire à la coupe :

$$P_c = K \times a \times d \times V \quad (26)$$

$$P_c = 14 \times 0.15 \times 13 \times 22.1 = 0.61 \text{ Kw}$$

Donc :

$$P_a = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0.61}{0.8} = 0.744 \text{ kw}$$

Sommons les deux puissance absorbés nous obtenons

$$P_{a1} + P_{a2} = 1.041 + 0.76 = 1.801 \text{ Kw} \quad (27)$$

On remarque que $P_a > P_{me}$ donc recalculons avec une vitesse plus faible on prend

$V = 15 \text{ m / min}, N_1 = 250 \text{ t}_r / \text{min}$ apres correction

$$V_{r1} = \frac{250 \times 3.14 \times 19}{1000} = 14.915 \text{ m / min} \quad (28)$$

$$P_{a1} = \frac{14 \times 0.15 \times 19 \times 14.915}{0.8} = 0.744 \text{ kw} \quad (29)$$

$$N_2 = 400 \text{ t}_r / \text{min} \text{ (après correction)} \quad (30)$$

$$V_{r2} = \frac{400 \times 13 \times 3.14}{1000} = 16.33 \text{ m / min} \quad (31)$$

$$P_{a2} = \frac{14 \times 0.15 \times 13 \times 16.33}{0.8} = 0.56 \text{ kw} \quad (32)$$

Donc :

$$P_a = P_{a1} + P_{a2} \quad (33)$$

$$P_a = 0.744 + 0.56 = 1.304 \text{ Kw} < P_{me} = 1.5 \text{ Kw}, \text{ le calcul est vérifié}$$

Les résultats finals de ce régime sont :

- Pour le diamètre d = 19 mm

$$S = 1.65 \text{ mm}$$

$$a = 0.15 \text{ mm} / \text{t}_r$$

$$V = 14.915 \text{ m} / \text{min}$$

$$N = 250 t_r / \text{min}$$

$$P_a = 0.744 \text{ Kw}$$

- Pour le diamètre d = 13 mm

$$S = 2.25 \text{ mm}$$

$$a = 0.15 \text{ mm} / t_r$$

$$V = 16.33 \text{ m} / \text{min}'$$

$$V = 16.33 \text{ m} / \text{min}'$$

$$N = 400 t_r / \text{min}$$

$$P_a = 0.56 \text{ Kw}$$

Après avoir définie toutes les formules pour le calcul des temps on passe à l'application numérique

VI. Calcul des temps d'exécution des diamètres d = 13 mm et d = 19mm

$$T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{a \times n} \times i \text{ (min)} \quad (34)$$

Où :

i : nombre de passe

l : longueur à percer = 10.2

l₁ : engagement l₁ ≈ 0.31 × D pour D = 19 l₁ = 5.89 mm ≈ 6 mm

l₂ : dégagement = 2 mm

a : avance = 0.15 mm / t_r ,

n : nombre de tours = 250 t_r / min

Donc :

$$T_c = \frac{10.2 + 6 + 2}{0.15 \times 250} = 0.485 \approx 0.5 \text{ min}$$

Le temps auxiliaire lors du perçage

$$T_{aux} = 0.23min \text{ (d'après le tabl)}$$

Donc :

$$T_p = (T_c + T_{aux}) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \quad (35)$$

Où : $K = 5.4$ (production en serie)

Soit :

$$T_p = (0.5 + 0.23) \left(1 + \frac{5.4}{100}\right) = 0.77 \text{ min}$$

Le temps de préparation pour le perçage d'une pièce mise dans le dispositif est :

$$T_{pr\text{épa}} = 26min$$

Donc :

$$T_{cal} = 0.77 + \frac{26}{1500} = 0.787 \approx 0.79 \text{ min} \quad (36)$$

Le temps de préparation d'exécution prévu pour l'exécution d'un lot de pièce est :

$$T_e = 0.77 \times 1500 + 26 = 1181min \quad (37)$$

VII. Calcul des régimes de coupe pour l'alésage des trous de diamètre $d = 20.9 \text{ mm}$ et $d = 14.91 \text{ mm}$:

Sur une machine spéciale de type MD2b de puissance 3,7 Kw on fait l'alésage des diamètres 20,9 mm et 14,91 mm simultanément avec des outils à aléser en carbure de nuance BK8 (K 30, K 40) avec l'angle principale ($45^\circ \div 60^\circ$) et la durée de vie $T = 90 \text{ min}$

VII.1. alésage du trou de diamètre $d = 20.9^{+0.005}_{-0.04}$

a) Calcul la profondeur de passe (S) :

$$S = \frac{20.9 - 19}{2} = \frac{1.9}{2} = 0.95mm$$

Choisissons l'avance d'après le tableau N° 8 à : $a = 0.26 \text{ mm/t}_r$ qui correspond à une vitesse de coupe égale à : 35 m/min, corrigeons cette avance d'après le dossier machine $a = 0.3 \text{ mm/t}_r$.

Déterminons le nombre de trous (N) de la broche d'après la formule suivante :

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{1000}, N = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (38)$$

Soit :

$$N = \frac{35000}{3.14 \times 20.9} = 533.32 t_r / \text{min}$$

corrigeons le nombre de tours (N) d'après le dossier machine

$$N = 500 t_r / \text{min}$$

donc la vitesse de coupe réelle sera égale à :

$$V_r = \frac{3.14 \times 20.9 \times 500}{1000} = 32.8 m / \text{min} \quad (39)$$

Calculons la puissance de coupe (P_c) :

Pur un alésage

$$P_c = \frac{k_a \times a \times p \times V}{60} \quad (40)$$

où

K_a : pression spécifique de coupe = 360 N/m² (pour l'acier au Nicr)

a : avance = 0.3 mm/t_r

$p = S$: profondeur de passe = 0.95 mm

v : vitesse de coupe = 32.8 m/min

donc :

$$P_c = \frac{360 \times 0.3 \times 0.95 \times 32.8}{60} = 0.57 \text{kw}$$

b) Calcul de la puissance absorbée par la machine (P_n) :

$$P_n = \frac{P_c}{\eta} \quad (41)$$

$$P_n = \frac{0.57}{0.8} = 0.720 \text{kw}$$

VII.2. alésage du trou de diamètre $d = 14.91_{-0.04}^{+0.005}$

a) Calcul la profondeur de passe (S) :

$$S = \frac{14.91 - 13}{2} = \frac{1.91}{2} = 0.955 \text{ kw} \quad (42)$$

Prenons la même avance que précédemment $a = 0.3 \text{ mm/t}_r$ et la vitesse $v = 35 \text{ m/min}$ le nombre de tours sera égale :

$$N = \frac{1000 \times 35}{3.14 \times 14.91} = 747.6 \text{ t}_r / \text{min} \square 800 \text{ t}_r / \text{min} \text{ après correction donc}$$

$$V_r = \frac{800 \times 0.3 \times 0.955 \times 3.14}{1000} = 37.45 \text{ m/min} \quad (43)$$

b) Calcul de la puissance de coupe (P_c) :

$$P_c = \frac{3600 \times 0.3 \times 0.955 \times 37.45}{60} = 0.65 \text{ kw} \quad (44)$$

$$P_a = \frac{0.65}{0.8} = 0.805 \text{ kw} \quad (45)$$

La puissance totale absorbée par la machine est : $0.805 + 0.75 = 1.6 \text{ Kw}$

Donc le calcul est vérifié

VIII. Calcul des temps pour l'alésage :

VIII.1. Calcul du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{a \times n} \quad (46)$$

Où :

L : longueur de la surface à aléser = 10.2 mm

L_1 : engagements = $\frac{P}{\text{tg}\rho} + (0.5 \div 2 \text{ mm})$ pour $\rho = 60^\circ$, $l_1 = 1.6 \text{ mm}$

L_2 : dégagement = 1 (d'après tabl)

a : avance = 0.3 mm/t_r

n : nombre de tours = $500 \text{ t}_r/\text{min}$

$$T_c = \frac{10.2 \times 1.6 \times 3.2}{0.3 \times 500} = 0.100 \text{ min}$$

VIII.2. Calcul du temps auxiliaire (T_{aux}) :

Le temps auxiliaire pour une pièce de poids $P < 0.25$ Kg et mise en place dans un dispositif spécial

$$T_{aux} = 1min$$

VIII.3. Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = (0.1 + 1) \left(1 + \frac{6.1}{100}\right) = 1.17 \text{ min} \quad (47)$$

VIII.4. Calcul du temps de préparation ($T_{prép}$) :

$$T_{prép} = 12min$$

VIII.5. Calcul du temps (T_{cal}) :

$$T_{cal} = 1.67 + \frac{12}{1500} = 1.175 \approx 1.18 \text{ min} \quad (48)$$

VIII.6. Calcul du temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = 1.18 \times 1500 + 12 = 1782min \quad (49)$$

IX. Calcul des régimes de coupe pour le chanfreinage des trous de diamètre $d = 20.9$ mm et $d = 14.91$ mm :

Le chanfreinage des trous s'effectue sur une perceuse multibroche de type BT3BEV de puissance 1.5 Kw à l'aide d'une fraise à chanfreiner à queue conique de nuance 285 WCDV 654.2 et de diamètre $d = 25$ l'angle au sommet $\rho = 60^\circ$

IX.1. Chanfreinage du trou $d = 20.9$ mm

a) Calcul de la profondeur de passe (S) :

$$S = 0.5mm$$

Choisissons une avance manuelle équivalente à 0.1 mm/ t_r ou $V = 28$ m / min

b) Calcul du nombre de tours de la broche (N) :

$$N = \frac{1000 \times v}{\pi \times D} \quad (50)$$

$$N = \frac{1000 \times 28}{3.14 \times 25} = 356.68 \text{ t}_r / \text{min}$$

Corrigeons ce nombre de tours $N = 355$ t_r / min

Donc :

$$V_r = \frac{3.14 \times 25 \times 355}{1000} = 27.87 \text{ m/min} \quad (51)$$

c) Calcul de la puissance de coupe (P_c) :

$$P_c = K \times a \times d \times V \quad (52)$$

$$P_c = 14 \times 0.1 \times 25 \times 27.87 = 0.975 \text{ Kw}$$

La puissance absorbée P_a pour un $\eta = 0.8$ est $\frac{0.9+5}{0.8} = 1.219 \text{ kw} \leq P_{r\text{éel}}$ vérifié

IX.2. Chanfreinage du trou $d = 14.91 \text{ mm}$

On a la même profondeur de passe et la même fraise et on suppose la même avance $a = 0.1 \text{ mm/t}_r$ et $V = 28 \text{ m/min}$

Donc :

$$N = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (53)$$

$$N = \frac{1000 \times 28}{3.14 \times 25} = 356.68 \text{ t}_r / \text{min}$$

$$N_{corr} = 355 \text{ t}_r / \text{min}$$

La vitesse réelle sera donc la même c'est-à-dire $N = 27.87 \text{ m/min}$

La puissance de coupe $P_c = 0.975 \text{ Kw}$ et $P_a = \frac{P_c}{\eta} = 1.219 \text{ kw} < P_{r\text{éel}}$ donc le calcul est vérifié

X. Calcul des temps pour le chanfreinage des deux diamètres :

On a remarqué que le régime de coupe pour les deux chanfreine est la même alors on suppose que les temps pour les deux est le même aussi

X.1. Calcul du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{a \times n} \quad (54)$$

$$l = 0.5$$

$$l_1 = 0.5 \div 2$$

$$l_2 = 0$$

$$a = 0.1 \text{ mm/t}_r$$

$$n = 355 \text{ t}_r/\text{min}$$

donc :

$$T_c = \frac{0.5+1+0}{0.1 \times 355} = 0.042 \text{ min}$$

X.2. Calcul du temps auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{aux} = 0.05 \text{ min (d'après le tabl)}$$

X.3. Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = (T_c + T_{aux}) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \quad (55)$$

$$T_p = (0.042 + 0.05) \left(1 + \frac{5.4}{100}\right) = 0.97 \text{ min} \approx 0.1 \text{ min}$$

X.4. Calcul du temps préparation ($T_{prép}$) :

$$T_{prep} = 16 \text{ min}$$

X.5. Calcul du temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{prép}}{N} \quad (56)$$

$$T_{cal} = 0.01 + \frac{16}{1500} = 0.11 \text{ min}$$

X.6. Calcul du temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{prep} \quad (57)$$

$$T_e = 0.1 \times 1500 + 16 = 176 \text{ min}$$

XI. Calcul de régimes de coupe pour le perçage des trous de diamètre $d = 3 \text{ mm}$ et $d = 2.5 \text{ mm}$:

Sur une perceuse sensitive de type BT 10 de puissance 0.3 Kw on perce trois trous de diamètre $d = 3 \text{ mm}$ de profondeur 3.5 mm . Dans ce cas en choisissons l'outil avec ses paramètres géométriques et les régimes de coupes correspondant :

Paramètres de l'outil :

Diamètre (mm)	l	L	2ρ	α	Matiere
∅ 2.5	14	43	118°	5÷10°	HSS
∅ 3	16	46	118°	5÷10°	HSS

Tableau N 2 : paramètres de l'outil

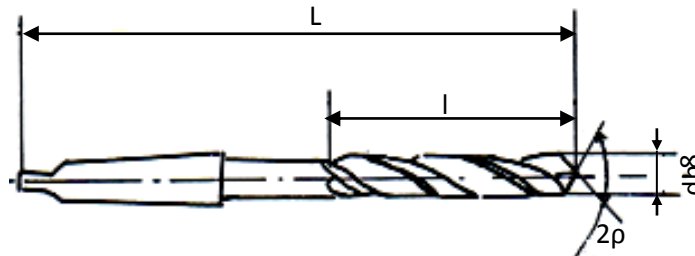


Fig.3 : présentation de foret hélicoïdal

X.1. Perçage du trou d = 3 mm

a) Calcul du profondeur de passe (S) :

$$S = \frac{3}{2} = 1.5mm$$

L'avance est manuel prenons une égale à : a = 0.35 mm/ t_r

Calculons la vitesse de coupe pour nombre de tours égale à 2000 t_r/min

$$V = \frac{3.14 \times 3 \times 2000}{1000} = 18.84m / min \quad (58)$$

b) Calcul de la puissance de coupe (P_c) :

$$P_c = k \times a \times d \times V \quad (59)$$

$$P_c = 14 \times 0.35 \times 3 \times 18.84 = 0.277kw$$

La puissance absorbée $P_a = \frac{P_c}{0.8} = \frac{0.277}{0.8} = 0.346kw < P_{mé}$, vérifié

X.2. Perçage du trou d = 2.5 mm

a) Calcul du profondeur de passe (S) :

$$S = \frac{2.5}{2} = 1.25mm$$

Prenons une avance égale à :

$$a = 0.35 \text{ mm} / t_r$$

$$N = 2000 t_r / \text{min}$$

Donc la vitesse de coupe sera

$$V = \frac{3.14 \times 2.5 \times 2000}{1000} = 15.7 \text{ m} / \text{min} \quad (60)$$

b) Calcul de la puissance de coupe (P_c) :

$$P_c = k \times a \times d \times V \quad (61)$$

$$P_c = 14 \times 0.35 \times 2.5 \times 15.7 = 0.192 \text{ kW}$$

La puissance absorbée (P_a) pour un rendement $\eta = 0.8$ est $P_a = \frac{P_c}{0.8}$

$$P_a = \frac{0.192}{0.8} = 0.24 \text{ kW} < P_{\text{m}\acute{e}}, \text{ le calcul est v\acute{e}rifi\acute{e}}$$

XII. Calcul des temps pour le perçage des trous de diamètre $d = 3 \text{ mm}$ et $d = 2.5 \text{ mm}$:

XII.1. Calcul du temps pour le trou de diamètre $d = 3 \text{ mm}$

a) Calcule du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{a \times n} \quad (62)$$

Où :

L : longueur à usiner = 3.5 mm

L_1 : l'engagement = $0.31 \times D = 0.31 \times 3 = 0.93 \approx 1 \text{ mm}$

L_2 : dégagement = 0.5 mm

a : avance = 0.35 mm/ t_r

n : 2000 t_r /min

Donc :

$$T_c = \frac{355 + 1 + 0.5}{0.35 \times 2000} = 0.007 \text{ min} \quad (63)$$

Donc le temps de coupe pour les trois trus sera : $0.007 \times 3 = 0.021 \text{min}$

b) Calcul du temps de auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{aux} = 0.36 \text{min}$$

c) Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = (T_c + T_{aux}) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \quad (64)$$

$$T_p = (0.021 + 0.36) \left(1 + \frac{5.4}{100}\right) = 0.401 \text{min}$$

d) Calcul du temps de préparation (T_{prep}) :

$$T_{prep} = 16 \text{min} \text{ (d'après le tabl)}$$

e) Calcul du temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{pr\text{é}}}{N} \quad (65)$$

$$T_{cal} = 0.401 + \frac{16}{1500} = 0.411 \text{min}$$

f) Calcul du temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{prep}$$

$$T_e = 0.401 \times 1500 + 16 = 617.5 \text{min}$$

XII.2. Calcul du temps pour le trou de diamètre $d = 2.5 \text{ mm}$

a) Calcul du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{3.55 + 0.8 + 0.5}{0.35 \times 2000} = 0.007 \text{min} \quad (66)$$

Le temps de coupe pour le perçage des deux trous sera :

$$T_c = 0.007 \times 2 = 0.014 \text{min}$$

b) Calcul du temps d'auxiliaire (T_{aux}) :

Lors de perçage d'une pièce $< 0.25 \text{ Kg}$ mise dans le dispositif est : $T_{aux} = 0.23 \text{min}$

c) Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = (T_c + T_{aux}) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \quad (67)$$

$$T_p = (0.014 + 0.23) \left(1 + \frac{5.4}{100}\right) = 0.257 \text{ min}$$

d) Calcul du temps de préparation (T_{prep}) :

$$T_{prep} = 16 \text{ min (d'après le tabl)}$$

e) Calcul du temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{pr\grave{e}p}}{N} \quad (68)$$

$$T_{cal} = 0.257 + \frac{16}{1500} = 0.268 \text{ min}$$

f) Calcul du temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{prep} \quad (69)$$

$$T_e = 0.257 \times 1500 + 16 = 401.5 \text{ min}$$

XIII. Calcul du régime de coupe pour le chanfreinage des trous de diamètre $d = 2.5 \text{ mm}$:

Le chanfreinage des petits trous de graissage est exécutée sur une perceuse sensitive de type BT 10 de puissance 0.37 Kw le chanfreine est effectué avec un foret de diamètre $d = 4 \times 90^\circ$ sur une haute de 0.5 mm

a. Calcul du profondeur de passe (S) :

$$S = \frac{4 - 2.5}{2} = 0.75 \text{ mm} \quad (70)$$

Prenons une avance égale à 0.25 mm/ t_r et un nombre de tour $N = 2000 \text{ t}_r/\text{min}$

La vitesse de coupe sera égale à :

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad (71)$$

$$V_c = \frac{3.14 \times 4 \times 2000}{1000} = 25.12 \text{ m / min}$$

b. Calcul de la puissance de coupe (P_c) :

$$P_c = k \times a \times d \times V \quad (72)$$

$$P_c = 14 \times 0.25 \times 4 \times 25.12 = 0.352 \text{ kW} < P_{\text{mé}} \text{ c'est vérifié}$$

XIV. Calcul des temps pour le chanfreinage :

XIV.1. Calcul du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{a \times n} \quad (73)$$

$$l = 0.5 \text{ ? } l_1 = 0.25 \text{ ? } l_2 =$$

$$a = 0.25 \text{ mm/t}_r$$

$$n = 2000 \text{ t}_r/\text{min}$$

Donc :

$$T_c = \frac{0.5 + 1.25 + 0}{0.25 \times 2000} = 0.004 \text{ min}$$

$$\text{pour deux trous est : } T_c = 0.004 \times 2 = 0.008 \text{ min}$$

XIV.2. Calcul du temps auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{\text{aux}} = 0.23 \text{ min}$$

XIV.3. Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = (T_c + T_{\text{aux}}) \left(1 + \frac{k}{100}\right) \quad (74)$$

$$T_p = (0.008 + 0.23) \left(1 + \frac{5.4}{100}\right) = 0.257 \text{ min}$$

XIV.4. calcul du temps préparation ($T_{\text{prép}}$) :

$$T_{\text{prép}} = 5 \text{ min}$$

XIV.5. Calcul du temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{\text{cal}} = T_p + \frac{T_{\text{prép}}}{N} \quad (75)$$

$$T_{cal} = 0.257 + \frac{5}{1500} = 0.257 \text{ min}$$

Donc le temps prévu pour l'exécution d'un lot de pièce (T_e) :

$$T_e = 0.257 \times 1500 + 5 = 381.5 \text{ min} \quad (76)$$

XV. Calcul du régime de coupe pour le fraisage des rainures de graissage :

Sur une perceuse de type 8FA on exécute les trois rainures avec une fraise à Té de dimension $\emptyset 20 \times 2.06_{-0.03}^0$

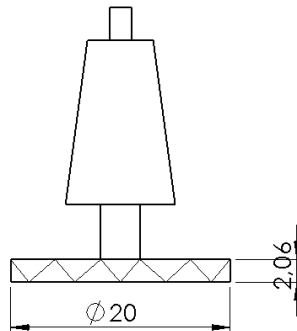


Fig.3 : fraise à Té de dimension $\emptyset 20 \times 2.06_{-0.03}^0$

a. Calcul du profondeur de passe (S) :

$$S = 2 \text{ mm}$$

L'avance est manuel prenons une valeur égale à : $a = 0.1 \text{ mm/dent}$ qui correspond à une vitesse de 19.8 m/min . le nombre de tours de la broche sera :

$$N = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (77)$$

$$N = \frac{1000 \times 19.8}{3.14 \times 20} = 315.28 t_r / \text{min}$$

Donc :

$$N_{corr} = 355 t_r / \text{min}$$

La vitesse de coupe réelle est :

$$V_c = \frac{3.14 \times 305 \times 20}{1000} = 21.98 \text{ m/min} \quad (78)$$

b. Calcul de la puissance de coupe (P_c) :

$$P_c = k \times a \times d \times V \quad (79)$$

Où :

K : coefficient expérimentalement $K = 0.06$

l : largeur de coupe 2.06 mm

S : profondeur de passe 2 mm

$A? a \times z \times n = 0.1 \times 10 \times 350 = 350 \text{ mm} / \text{min}$ (avance)

Donc :

$$P_c = 0.06 \times 2.06 \times 2 \times 0.35 = 0.086 \text{ kW} < P_{\text{mé}} = 0.1 \text{ kW}$$

c. Calcul de la puissance absorbé (P_a) :

$$P_a = \frac{P_c}{\eta} \quad (80)$$

$$P_a = \frac{0.086}{0.8} = 0.1076 \text{ kW}$$

XVI. Calcul des temps pour le fraisage des rainures :

XVI. Calcul du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{l + l_1 + l_2}{a \times n} \times i \quad (81)$$

$$l = 2$$

$$l_1 = 0.1 \div 1$$

$$l_2 = 0$$

$$i = 1$$

$$a = 0.1$$

$$N_{\text{corr}} = 355 t_r / \text{min}$$

soit :

$$T_c = \frac{2+1}{0.1 \times 350} = 0.085 \text{ min}$$

pour trois rainures

$$T_c = 0.085 \times 3 = 0.255 \text{ min}$$

XVI.2. Calcul du temps auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{aux} = 0.16min$$

XVI.3. Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = (T_c + T_{aux})\left(1 + \frac{k}{100}\right) \quad (82)$$

$$T_p = (0.255 + 0.16)\left(1 + \frac{5.4}{100}\right) = 0.447 \text{ min}$$

XVI.4. Calcul du temps de préparation (T_{prep}) :

$$T_{prep} = 14.6min \text{ (d'après le tabl)}$$

XVI.5. Calcul du temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{pr\text{é}}}{N} \quad (83)$$

$$T_{cal} = 0.447 + \frac{14.6}{1500} = 0.457 \text{ min}$$

XVI.6. Calcul du temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{prep} \quad (84)$$

$$T_e = 0.457 \times 1500 + 14.6 = 685.1 \text{ min}$$

XVII. Calcul du régime de coupe lors de la rectification plane : $10_{-0.02}^{+0.01}$

Sur une rectifieuse plane de type L 10 B avec une table de dimension 1000×350 et une meule à segment de diamètre 350 mm en rectifie les deux faces de la bielle à la cote $10_{-0.02}^{+0.01}$ mm. L'usinage s'effectue pour 54 pièces en même temps (9 pièces suivant la longueur et 6 pièces suivant la largeur)

a. Calcul du profondeur de passe (S) :

La surépaisseur totale à enlever des deux faces est : $P = 10.2 - 0 = 0.2$ mm donc enlever de chaque coté $\frac{0.2}{2} = 0.1$ mm

Prenons la profondeur de passe (S) égale à 0.1 mm

$$V_m = 27.75 \text{ m/s?}$$

$$N = 1500 \text{ t}_r / \text{min?}$$

$$V_{pi} = 15 \text{ m/min}$$

Remarque : on garde les mêmes régimes de coupe pour la rectification de 2^{ème} eme coté

XVIII. Calcul des temps :

XVIII.1. Calcul du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{l+l_1+l_2}{a \times n} \quad (85)$$

Où :

$$T_c = \frac{l+l_1+l_2}{V_{tab} \times 1000} \times \frac{z}{s} \times \frac{1}{m} \times k \quad (86)$$

Où :

L :longueur totale de la pièce à rectifier = 990 mm

$$L_1 = 0.5[\Delta_m - \sqrt{\Delta_m^2 + \Delta_p^2}] = 165mm$$

$L_2 = 5 \div 10$ mm prenons $L_2 = 10$ mm

Z : surépaisseur d'usinage en mm

S : profondeur de passe = Z = 0.1 mm

m : nombre de pièces en place = 54 pièces

V_{tab} : vitesse de la table 15 m/min

K : coefficient de correction

Soit :

$$T_c = \frac{990+165+10}{15 \times 1000} \times 1 \times \frac{1}{54} = 0.0014 \text{ min}$$

XVIII.2. Calcul du temps auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{aux} = 0.8min$$

XVIII.3. Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = \frac{(T_c + T_{aux})(1 + \frac{k}{100})}{54} \quad (87)$$

$$T_p = 0.015; k = 8$$

XVIII.4. Calcul du temps de préparation (T_{prep}) :

$$T_{prep} = 7 \text{ min}$$

XVIII.5. Calcul du temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{pr\text{é}}}{N} \quad (89)$$

$$T_{cal} = 0.015 + \frac{7}{1500} = 0.02 \text{ min}$$

XVIII.6. Calcul du temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{prep} \quad (90)$$

$$T_e = 0.015 \times 1500 + 7 = 30 \text{ min}$$

XIX. Calcul des régimes de coupe pour le rodage des diamètres

$d = 15^{\pm 0.011} \text{ mm}$ et $d = 21^{\pm 0.010} \text{ mm}$:

a. Rodage du trou $d = 21^{\pm 0.010} \text{ mm}$

La surépaisseur totale à enlever est : $\frac{21 - 20.9}{2} = 0.05 \text{ mm}$, prenons la profondeur de passe (S)

égale à la surépaisseur c.-à-d. 0.05 mm, la vitesse de rotation de l'outil lors du rodage est $N = 750 \text{ tr/min}$ pour une vitesse de coupe = 35m/min

La vitesse de translation est 15 m/min c'est-à-dire le nombre de va et vient est

$$N_{va \text{ et } vien} = \frac{15 \times 1000}{2 \times 65} = 115 \text{ cm / min}$$

XIX.1. Calcul des temps de rodage :

XIX.1.1. Calcul du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{S}{a_r \times N_{va \text{ et } vien}} \quad (91)$$

Où :

S : profondeur de passe = 0.05 mm

a_r : avance radiale après chaque va et vient = 0.009

$N_{v\text{et}v}$: nombre de va et vient/min = 115 cd/mi

$$\text{Soit } T_c = \frac{0.05}{0.009 \times 115} = 0.0483 \text{ min (pour 4 pièces)}$$

XIX.1.2. Calcul du temps auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{aux} = 1 \text{ min}$$

XIX.1.3. Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = \frac{(T_c + T_{aux}) \left(1 + \frac{k}{100}\right)}{m} \quad (92)$$

Ou $K = 7$ et $m = 4$

$$T_p = \frac{(0.0483 + 1) \left(1 + \frac{7}{100}\right)}{4} = 0.264 \text{ min}$$

XIX.1.4. Calcul du temps de préparation (T_{prep}) :

$$T_{prep} = 20 \text{ min}$$

XIX.1.5. Calcul du temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{pr\text{é}p}}{N} \quad (93)$$

$$T_{cal} = 0.264 + \frac{20}{1500} = 0.277 \text{ min}$$

XIX.1.6. Calcul du temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{prep} \quad (94)$$

$$T_e = 0.264 \times 1500 + 20 = 416 \text{ min}$$

b. Rodage du trou $d = 15_0^{+0.011}$

XIX.2. Calcul du profondeur de passe (S) :

$$S = \frac{15 - 14.91}{2} = 0.045 \text{ mm}$$

$N = 750 \text{ } t_r / \text{min}$; pour $\Psi = 5 \text{ m/min}$

La vitesse de va et vient $V = 15 \text{ m/min}$

$a_r = 0.009 \text{ mm/v et vient}$

XIX.2.1. Calcul du temps de coupe (T_c) :

$$T_c = \frac{0.045}{0.009 \times 115} = 0.043 \text{ min (pour 4 pièces)}$$

XIX.2.2. Calcul du temps auxiliaire (T_{aux}) :

$$T_{aux} = 1 \text{ min}$$

XIX.2.3. Calcul du temps / pièce (T_p) :

$$T_p = \frac{(T_c + T_{aux}) \left(1 + \frac{k}{100}\right)}{m} \quad (95)$$

Ou $K = 7$ et $m = 4$

$$T_p = \frac{(0.0483 + 1) \left(1 + \frac{7}{100}\right)}{4} = 0.264 \text{ min}$$

XIX.2.4. Calcul du temps de préparation (T_{prep}) :

$$T_{prep} = 20 \text{ min}$$

XIX.2.5. Calcul du temps calculé (T_{cal}) :

$$T_{cal} = T_p + \frac{T_{pr\text{é}p}}{N} \quad (96)$$

$$T_{cal} = 0.262 + \frac{20}{1500} = 0.275 \text{ min}$$

$$T_{cal} = 0.275 \text{ min}$$

XIX.2.6. Calcul du temps d'exécution (T_e) :

$$T_e = T_p \times N + T_{prep} \quad (97)$$

$$T_e = 0.262 \times 1500 + 20 = 413 \text{ min}$$

Chapitre II : calcul de dispositif :

I. Perçage

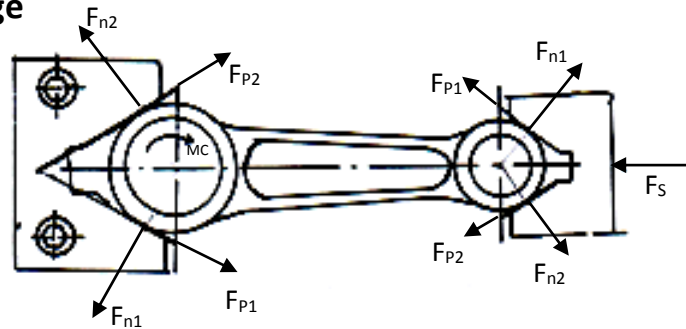


fig. 5 : présentation de dispositif

Les efforts appliqués sur la pièce sont :

$$F = C_f \times D \times a^{YF} \quad (\text{Kgf}) \quad (98)$$

$$M = C_m \times D^{1.9} \times a^{Ym} \quad (\text{Kgfmm}) \quad (99)$$

Où :

$$C_m = 84.7$$

$D = 19 \text{ mm}$ diamètre du foret (on considère le plus grand diamètre)

$$a = 0.15 \text{ mm} / t_r \text{ a avance}$$

$$YF = 0.7 \text{ exposant}$$

$$C_m = 33.8 \text{ coefficient}$$

$$Ym = 0.8 \text{ exposant}$$

Donc :

$$F = 84.7 \times 19 \times 0.15^{0.7} = 426.5 \text{ Kgf}$$

$$M = 33.8 \times 19^{1.9} \times 0.15^{0.8} = 1992.6 \text{ Kgfmm}$$

On sait que la force normale du contact est égale à : $\frac{F}{\rho} = F_n$. donc en prenons le coefficient

$$\text{de frottement } f = 0.2, F_n = \frac{426.5}{0.2} = 2132.5 \text{ kgf}$$

Pour le verin universel la force de serrage est définie par $F_s = 0.96$ ou P : puissance en bars
S : section d'alésage du verin

La force de serrage est la résultante des 2 force normale $F_{n1,2}$

$$F_s = \sqrt{F_{n1}^2 + F_{n2}^2} \quad (100)$$

comme $F_{n1} = F_{n2}$ donc :

$$F_s = \sqrt{2}F_{n1} \quad (101)$$

Soit :

$$F_s = \sqrt{2} \times 2132.5 = 3015.365 \text{kgf}$$

Rappelons que $F_s = 0.96$ ps ce verrin universel a une pression max égale à 500 bars. Ce qui nous donne une section égale :

$$S = \frac{F_s}{0.96p} \quad (102)$$

$$S = \frac{3015.365}{0.96 \times 500} = 6.28 \text{mm}^2$$

D'après le tableau on a la section mini égale à 78mm^2 ;

$$P = \frac{F_s}{0.96 \times 78} = 40 \text{bars}$$

$$P = 40 \text{ bars}$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

et la course 20 mm

Chapitre 3 : Elaboration de la gamme d'usinage

U . A.		I . G . M	GAMME D'USINAGE			Nbre de pièces dans un lot		1500	
Désignation de la pièce		Bielle	Désignation de la matirèle	16 NC 6		Durté		HB207 HRC 58 ÷ 63	
N°	Désignation des phases	Machine outil	Outil	Instrument de mesure	Montage	T _{prep}	T _p	T _{cal}	
1	Fraisage de la surface plane	Fraiseuse vertical type MVP50	Fraise à Surface Ø250	Calibre à machoire	Dispositif spécial	21.3	0.234	0.248	
2	Rectification plane du 2 ^{eme} cote	Rectifieuse plane type L10B	Meule à segment Ø350	Calibre à machoire	Plateau magnétique	7	0.016	0.021	
3	Perçage des trous de Ø 19 et 13 simultanément	Percruse a colonne type 4BAST	Forets hélicoidaux Ø19 et 13	Tampons cylindriques	Dispositif spécial	26	0.77	0.79	
4	Alésage des Ø 20.9 et 14.91 et chanfreinage d'1 cote (simultanément)	Machin spécial	Outil à aléser et à chanfreiner	Appareil solex pour contrôle des trous	Dispositif spécial	12	1.167	1.18	
5	Chanfreinage du Ø 20.9	Perceuse sensitve BT3BEV	Fraise à chanfriner Ø25 × 90°		Dispositif spécial	16	0.1	0.11	
6	Chanfreinage du Ø14.91	Perceuse sensitve BT3BEV	Fraise à chanfriner Ø25 × 90°		Dispositif spécial	16	0.1	0.11	
7	Perçage de 3 trous de graissage de Ø3	Perceuse sensitve BT10	Foret hélicoidal Ø3		Dispositif spécial	16	0.401	0.411	
8	Perçage de 2 trous de graissage deØ2.5 sur le pied de bielle	Perceuse sensitve BT10	Foret hélicoidal Ø2.5		Dispositif spécial	16	0.257	0.268	
9	Chanfreinage des 2 trous de graissage Ø2.5 foret Ø4	Perceuse sensitve BT10	Foret hélicoidal Ø4		Dispositif spécial	5	0.251	0.254	
10	Traitement thermique (cémentation, trempe, revenu)	Four							
11	Fraisage des rainures de graissage	Perceuse 8FA	Fraise à té Ø20 ×20.6	Dispositif de contrôle spécial	Dispositif spécial	74.6	0.447	0.457	
12	Rectification plane des 2 cotes à la cote 10 ^{+0.01} _{-0.02}	Rectifieuse plane L10B	Meule à segment grain doux 24÷30	Calibre à machoire	Plateau magnétique	7	0.03	0.04	
13	Rodage de Ø21 ^{±0.01}	Machine honning	Rodoir de Ø21	Appareil solex pour contrôle des trous	Dispositif spécial	20	0.264	0.277	
14	Rodage du Ø15 ^{0.011} ₀	Machine honning	Rodoir de Ø15	Appareil solex pour contrôle des trous	Dispositif spécial	20	0.262	0.275	

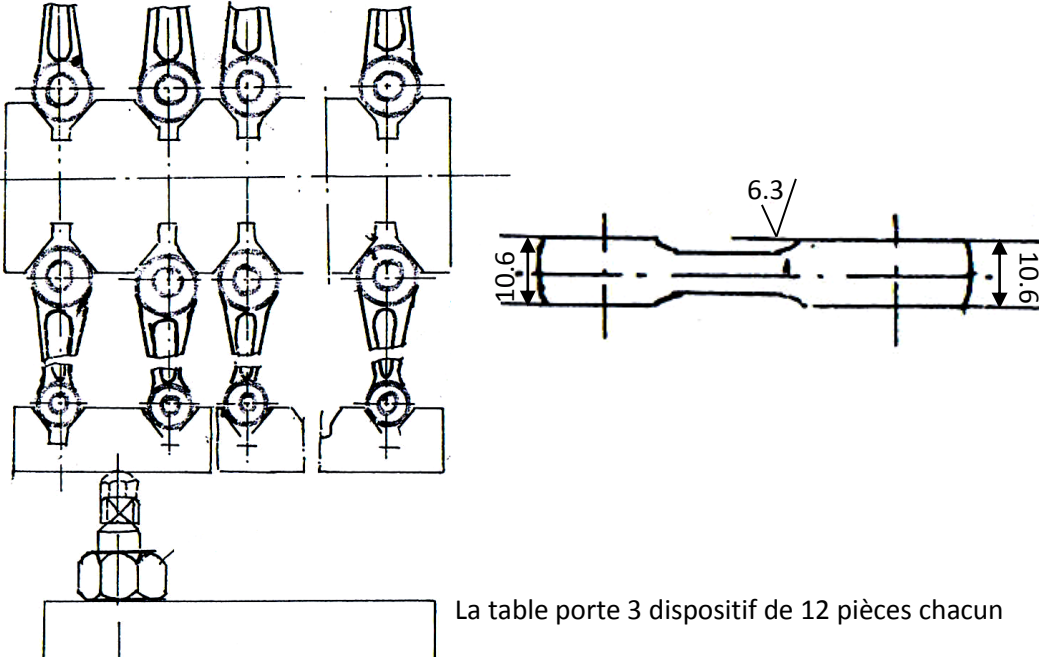
U . G	I G M	Instruction détaillés			Désignation de la pièce : bielle									
 <p>La table porte 3 dispositif de 12 pièces chacun</p>					Désignation de la matière			16 NC 6						
					dureté			HB 207						
					Phase N		10		Fraisage					
					s. phase			A						
					M O			Fraisage vertical type MVP 50						
					Nbr des pièces dans un lot			1500						
					Temps /pièce		T _p		0.234					
					Temps calculée		T _{cal}		0.248					
Poids brut (Kg)			0.095											
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A (mm/t _r)	T _m (min)	T _s (min)			
Monter les pièces dans le dispositif et serrer. Fraisage de 36 pièces en même temps	Dispositif spécial	Fraise à surfacer en carbure (OL135) de Ø250 mm	Calibre à machine	0.4	250	1175	70.65	90	0.4	0.057	-			

Tableau N 5 : Fraisage de la surface plane

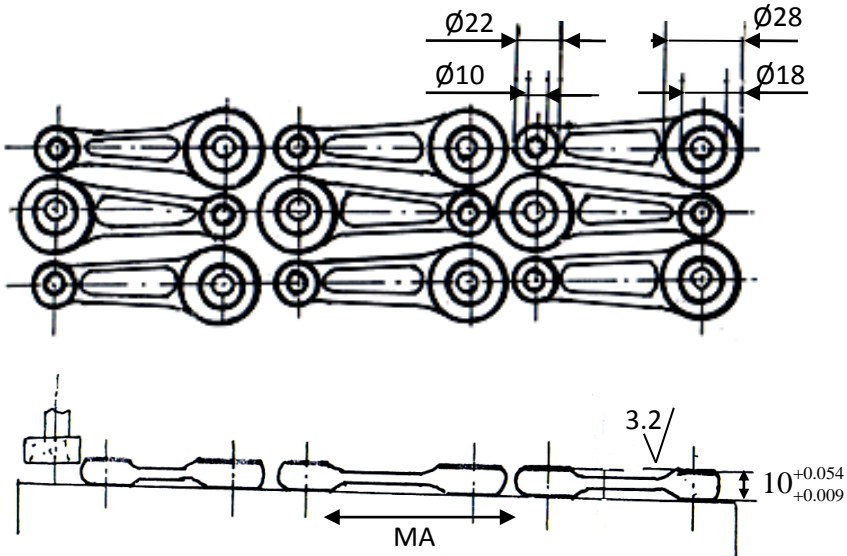
U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle									
 <p>Le nombre des pièces qu'on peut rectifier est 54</p>				Désignation de la matière					16 NC 6				
				dureté					HB 207				
				Phase N			20		rectifieuse				
				s. phase					A				
				M O					Rectifieuse plan type L10B				
				Nbr des pièces dans un lot					1500				
				Temps /pièce				T _p		0.016			
				Temps calculée				T _{cal}		0.021			
				Poids brut (Kg)					0.095				
				Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r
Montage des pièces sur la table Rectifier surface plane de 54 pièce. démontage des pièces de la table	Plateau magnétique	Meule à segment de Ø 350 mm à grain doux 24÷30	Calibre à machoire	0.4	350	1165	27.5	1500	-	0.003	-		

Tableau N 6 : Rectification plane du 2^{eme} cote

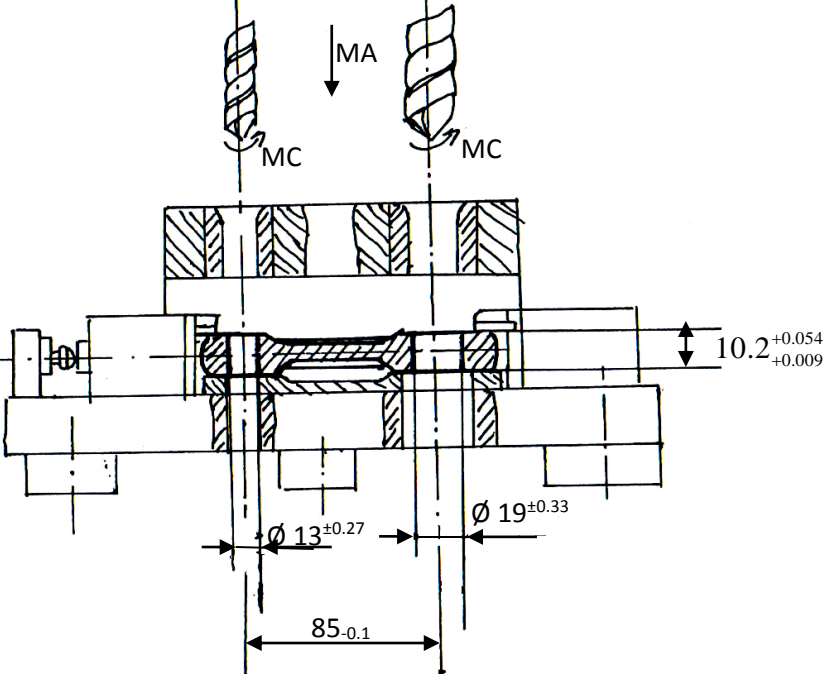
U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle								
				Désignation de la matière				16 NC 6				
				dureté				HB 207				
				Phase N			30	perçage				
				s. phase				A				
				M O				Perceuse à colonne type 4BAST				
				Nbr des pièces dans un lot				1500				
				Temps /pièce			T _p	0.77				
				Temps calculée			T _{cal}	0.79				
Poids brut (Kg)				0.095								
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r	T _m min	T _s min	
Perçage des 2 trous en même temps Ø19	Dispositif spécial	Foret hélicoïdaux de Ø 13 en acier rapide	Tampon cylindrique	1..65	19	18.2	14.915	250	0.15	0.5	-	

Tableau N 7 : Perçage des trous de diamètre d = 19 et d = 13 simultanément

Ø13				2.25	13	18.2	16.33	400	0.15	0.5	-	
U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle								
				Désignation de la matière				16 NC 6				
				dureté				HB 207				
				Phase N				40	alésage			
				s. phase				A				
				M . O				Machine spécial				
				Nbr des pièces dans un lot				1500				
				Temps /pièce				T_p	1.167			
Temps calculée				T_{cal}	1.18							
Poids brut (Kg)				0.095								
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r)	T _m min	T _s min	
alésage des 2 trous en même temps Ø14.91 ^{+0.005} _{-0.04}	Dispositif spécial	Outil à aléser en carbure	Tampon cylindrique	0.955	14.91	15.0	37.45	800	0.3	0.100	-	
Ø20.9 ^{+0.005} _{-0.04}				0.95	20.9	15.0	32.8	500	0.3	0.100	-	

Tableau N 8 : l'alésage des deux trous

U. G	I G M	Instruction détaillés			Désignation de la pièce : bielle							
					Désignation de la matière				16 NC 6			
					dureté				HB 207			
					Phase N		50		Chanfreinage			
					s. phase				A			
					M. O				Perceuse en ligne (BT3BEV)			
					Nbr des pièces dans un lot				1500			
					Temps /pièce			T _p	0.1			
					Temps calculée			T _{cal}	0.11			
					Poids brut (Kg)				0.095			
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r	T _m min	T _s min	
Monter la bielle sur le dispositif et chanfreinage $\varnothing 20.9^{+0.005}_{-0.04}$	Dispositif spécial	Fraise à chanfreinage de $\varnothing 25$ en acier rapide		0.5	25	1.5	27.87	355	0.1	0.042	-	

Tableau N 9 : chanfreinage de trou d= 20.9 mm

U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle							
				Désignation de la matière				16 NC 6			
				dureté				HB 207			
				Phase N		60		Chanfreinage			
				s. phase				A			
				M O				Perceuse en ligne (BT3BEV)			
				Nbr des pièces dans un lot				1500			
				Temps /pièce		T _p		0.1			
				Temps calculée		T _{cal}		0.11			
				Poids brut (Kg)				0.095			
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A (mm/t _r)	T _m (min)	T _s (min)
Monter la bielle sur le dispositif et chanfreinage $\varnothing 14.91^{+0.005}_{-0.04}$	Dispositif spécial	Fraise à chanfreinage de $\varnothing 25$ en acier rapide		0.5	25	1.5	27.87	355	0.1	0.042	-

Tableau N10 : chanfreinage de trou d= 14.91 mm

U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle								
				Désignation de la matière					16 NC 6			
				dureté					HB 207			
				Phase N			70		Perçage			
				s. phase					A			
				M O					Perçage sensitive BT10			
				Nbr des pièces dans un lot					1500			
				Temps /pièce			T _p		0.401			
				Temps calculée			T _{cal}		0.411			
				Poids brut (Kg)					0.095			
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r	T _m min	T _s min	
Perçage de 3 trous $\varnothing 3$ sur une profondeur de 3.55 mm	Dispositif spécial	Fraise à hélicoïdal de $\varnothing 3$ en acier rapide		1.5	3	5.05	18.84	2000	0.35	0.021	-	

Tableau N 11 : Perçage de 3 trous de graissage de $\varnothing 3$

U . G	I G M	Instruction détaillés				Désignation de la pièce : bielle					
						Désignation de la matière			16 NC 6		
						dureté			HB 207		
						Phase N		80	Perçage		
						s. phase			A		
						M O			Perçage sensitive BT10		
						Nbr des pièces dans un lot			1500		
						Temps /pièce		T _p	0.257		
						Temps calculée		T _{cal}	0.268		
						Poids brut (Kg)			0.095		
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r	T _m min	T _s min
Perçage de 2 trous Ø2.5 sur une profondeur de 3.55 mm	Dispositif spécial	Fraise à hélicoïdal de Ø2.5 en acier rapide		1.25	2.5	4.845	15.7	2000	0.15	0.014	-

Tableau N 12 : Perçage de 2 trous de graissage de Ø2.5 sur le pied de bielle

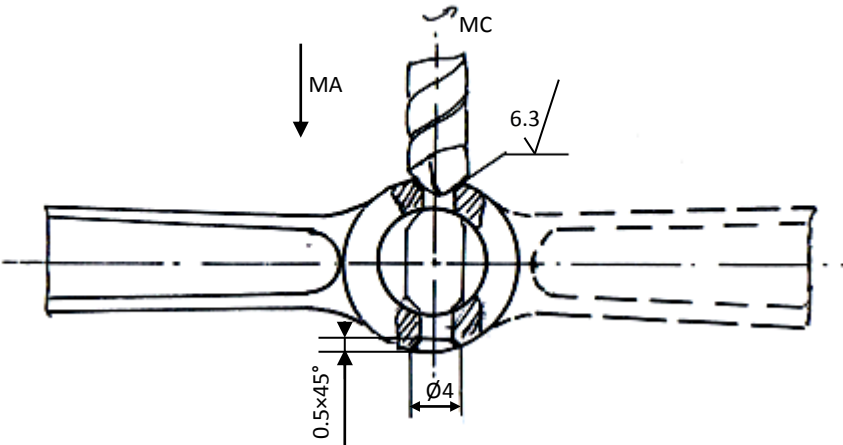
U . G	I G M	Instruction détaillés			Désignation de la pièce : bielle						
					Désignation de la matière		16 NC 6				
					dureté		HB 207				
					Phase N		90		chanfreinage		
					s. phase		A				
					M O		Perçage sensitive BT10				
					Nbr des pièces dans un lot		1500				
					Temps /pièce		T _p		0.327		
					Temps calculée		T _{cal}		0.33		
					Poids brut (Kg)		0.095				
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r	T _m min	T _s min
Mettre la pièce dans le dispositif chanfreiner 1 ^{er} trou de Ø4 pivoter la pièce de 180° et chanfreiner 2 ^{eme} trou	Dispositif spécial	Fraise à hélicoïdal de Ø4 en acier rapide		0.5	4	1.75	25.12	2000	0.25	0.008	-

Tableau N 13: Chanfreinage des 2 trous de graissage Ø2.5 foret Ø4

U . G	I G M	Instruction détaillés			Désignation de la pièce : bielle							
					Désignation de la matière				16 NC 6			
					dureté				HB 207			
					Phase N		100		TTH			
					s. phase							
					M O							
					Nbr des pièces dans un lot				1500			
					Temps /pièce		T _p					
					Temps calculée		T _{cal}					
					Poids brut (Kg)							
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r	T _m min	T _s min	
Cémenter : T° :920°÷930 temps :3h30 ÷ 4h Tremper T° :850° temps : 1h Revenir T° : 200° temps :1h÷2h30												
		HRC 58 ÷ 63 (surface traité) HB207 (au cœur de la pièce)										

Tableau N 14 : Traitement thermique

U . G	I G M	Instruction détaillés				Désignation de la pièce : bielle											
						Désignation de la matière				16 NC 6							
						dureté				HB 207			HRC 58 ÷ 63				
						Phase N		110		Fraisage							
						s. phase				A							
						M O				Perceuse (8FA)							
						Nbr des pièces dans un lot				1500							
						Temps /pièce		T _p		0.447							
						Temps calculée		T _{cal}		0.445							
						Poids brut (Kg)				0.095							
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r	T _m min	T _s min						
Montage de la pièce sur le dispositif Fraise 1 ^{ere} rainure de graissage pivoter à 70 Fraise 2 ^{rm} rainure pivoter à 70° Fraise la 3 ^{eme}	Dispositif spécial	Fraise à té en acier rapide de Ø20	Dispositif spécial	2	20	3	21.98	350	0.1	0.255							

Tableau N 15 : Fraisage des rainures de graissage

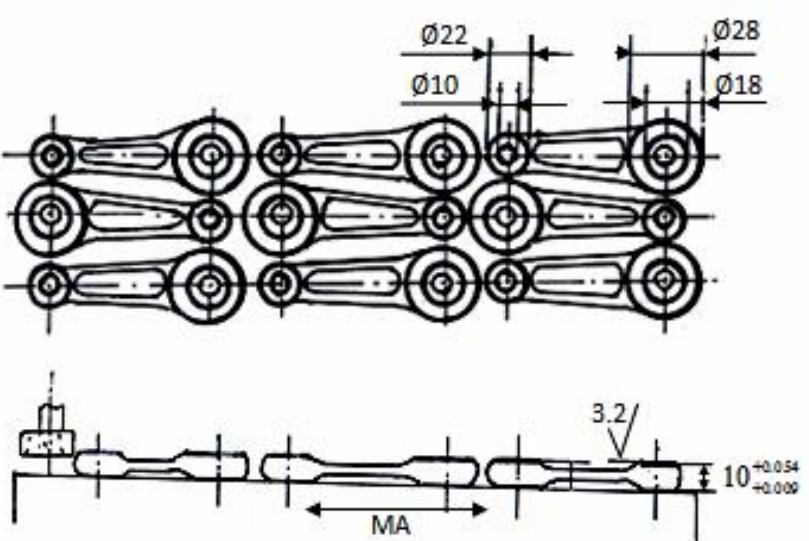
U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle											
 <p>Le nombre des pièces qu'on peut rectifier est 54</p>				Désignation de la matière				16 NC 6							
				dureté				HB 207				HRC 58 ÷ 63			
				Phase N		120		Rectification plane							
				s. phase				A							
				M O				Rectifieuse plane (L10B)							
				Nbr des pièces dans un lot				1500							
				Temps /pièce		T _p		0.015							
				Temps calculée		T _{cal}		0.02							
				Poids brut (Kg)				0.095							
				Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A (mm/t _r)	T _m min	T _s min
Rectification du 1 ^{ere} cote à la cote 10.11 ^{+0.009} _{-0.1}	Table magnétique	Meule à segment de Ø350 à gain doux 24÷30	Calibre à machoire	0.1	350	1165	27.5	1500		0.0014					

Tableau N 16 :rectification plane phase 120 s. phase A

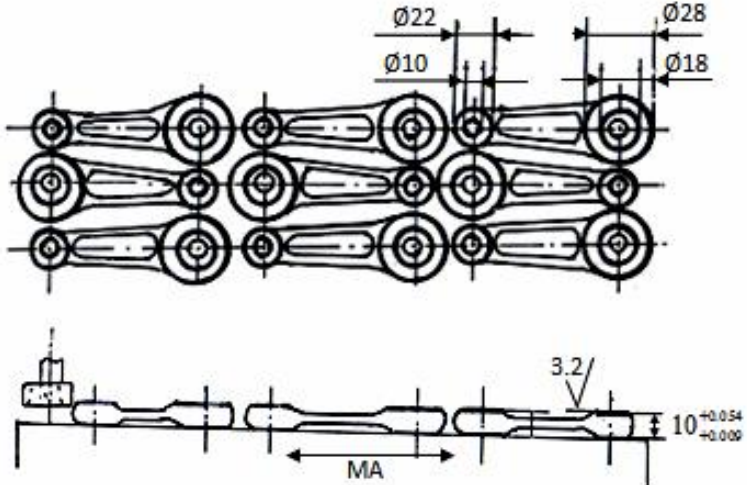
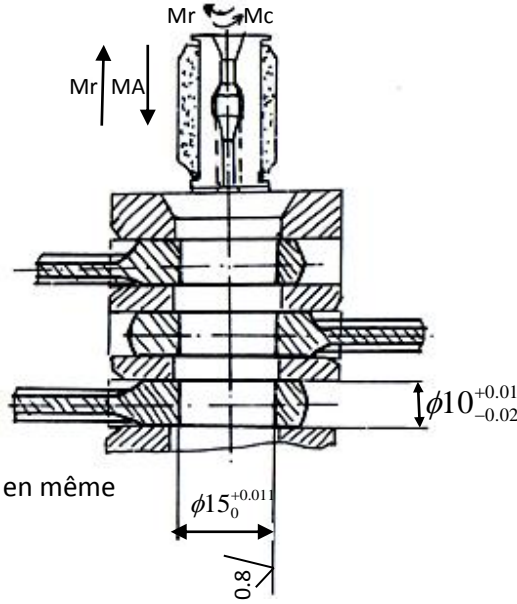
U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle										
 <p>Le nombre des pièces qu'on peut rectifier est 54</p>				Désignation de la matière					16 NC 6					
				dureté					HB 207				HRC 58 ÷ 63	
				Phase N			120		Rectification plane					
				s. phase					B					
				M O					Rectifieuse plane (L10B)					
				Nbr des pièces dans un lot					1500					
				Temps /pièce			T _p		0.015					
				Temps calculée			T _{cal}		0.02					
Poids brut (Kg)					0.095									
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A (mm/t _r)	T _m min	T _s min			
Rectification du 2 ^{eme} cote à la cote $10^{+0.1}_{-0.2}$	Table magnétique	Meule à segment de Ø350 à gain doux 24÷30	Calibre à machoire	0.1	350	1165	27.5	1500		0.0014				

Tableau N 17 :rectification plane phase 120 s. phase B

U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle							
				Désignation de la matière				16 NC 6			
				dureté				HB 207 HRC 58 ÷ 63			
				Phase N		130		Rodage			
				s. phase				A			
				M O				Machine honning			
				Nbr des pièces dans un lot				1500			
				Temps /pièce		T_p		0.264			
				Temps calculée		T_{cal}		0.277			
				Poids brut (Kg)				0.095			
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (tr/min)	A (mm/t _r)	T _m min	T _s min
Roder 4 bielle en même temps du $\phi 21^{+0.01}$	Dispositif spécial	Rodoir de $\phi 21$	Appareil solex pour le contrôle des trous	0.05	21	65	35	750		0.0121	

Tableau N 18 : le rodage du trou d = 21

U . G	I G M	Instruction détaillés		Désignation de la pièce : bielle											
 <p>4 bielles sont usinés en même temps</p>				Désignation de la matière			16 NC 6								
				dureté			HB 207 HRC 58 ÷ 63								
				Phase N		140		Rodage							
				s. phase			A								
				M O			Machine honning								
				Nbr des pièces dans un lot			1500								
				Temps /pièce		T_p		0.262							
				Temps calculée		T_{cal}		0.275							
Poids brut (Kg)			0.095												
Description des opérations	Montage	Outil	Instr de muser	S (mm)	D (mm)	L (mm)	V (m/min)	N (t _r /min)	A mm/t _r)	T _m min	T _s min				
Roder 4 bielle en même temps du $\phi 15_0^{+0.01}$	Dispositif spécial	Rodoir de $\phi 15$	Appareil solex pour le contrôle des trous	0.045	21	65	35	750		0.011					

Chapitre IV : procédés de traitement

I. Traitement thermique :

Les différents traitements appliqués à notre pièce sont : recuit, cémentation, trempe et revenu

I.1. RECUIT :

c'est un traitement thermique ayant pour but d'amener le métal dans un état d'équilibre physico- chimique structural et mécanique, ce traitement est applicable aux pièces hors équilibre (ayant subi un traitement thermique ou mécanique) . les différentes influençant le recuit sont :

- _ composition chimique de l'acier
- _ l'état initial du matériau
- _ la T° de chauffage
- _ temple maintien en T°
- _ la vitesse de refroidissement

Il existe différent type de recuit redonnant la structure perlitique.

On applique a notre pièce le recuit isotherme le matériau est chauffé à $A_3 + 50^\circ\text{C}$

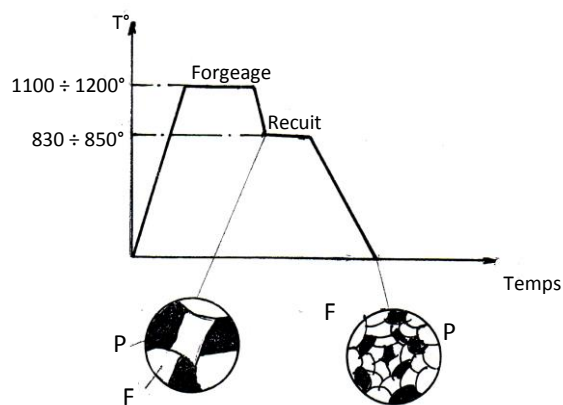


Fig. 6 : présentation de traitement thermique le forgeage et recuit

Après recuit on aura bon état de surface pour l'usinage et la suppression des défauts apparus lors du forgeage.

- **Cémentation :**

La cémentation consiste à incorporer du carbone à la surface des pièces en les soumettant à l'action de ciment solide, liquide ou gazeux riches en carbone

Cet apport en quantité suffisant de carbone donne les caractéristiques du matériau dur en superficie et en particulier lui confère l'aptitude au durcissement par trempe.

Le matériau ainsi réalisé sera donc hétérogène avec une couche dure. On dispose la pièce au sein d'un milieu susceptible de lui céder du carbone. On chauffe la pièce à une T° supérieur à A_3 $920^\circ \div 930^\circ$ pour que la diffusion du carbone soit intéressante. Le ciment employés à notre pièce est le ciment gazeux. Avec la vitesse de pénétration qui est environs de 0.5 mm pour la 1^{ère} heure 0.8 à 0.9 mm en 2^{ème} heure et 1 mm en 3^{ème} heure .

- **Trempe**

C'est le plus important et le plus délicat de tous les traitements thermique. Il consiste essentiellement au chauffage du matériau à température assez élevée suivi d'un refroidissement rapide et a pour effet d'augmenter considérablement la dureté ainsi que la résistance à la rupture et élastique de métal par contre la résistance et l'allongement se trouvent considérablement diminués. Les différent facteur de temps sont :

_ composition chimique du matériau

_ T° chauffage

_ temps de maintes et la loi de refroidissement.

Il existe plusieurs procédés de trempe seulement applique à notre pièce est le procédé : trempe par induction qui consiste à chauffé les pièce par des courants d'induction à haute ou moyenne fréquence qui agissent superficiellement la pièce est chauffé à une T° de 850° , maintenu à cette T° pendant 1 heur puis refroidi à l'huile.

- **Revenu**

Le revenu est un traitement thermique qui appliqué essentiellement après l'étape de trempes il consiste à chauffer la pièce ou l'acier après trempe à une température $< A_1$. Ce traitement pour effet d'augmenter la résilience à la rupture, l'allongement et diminue la résistance à la rupture. La résistance élastique ainsi que la dureté et supprime les contrainte internes dues à la trempe.

Le revenu appliqué à notre pièce est le revenu à basse T° qui s'effectue avec un chauffage à 200° . La durée usuelle de ce revenu est de (1h \div 2h) 30min

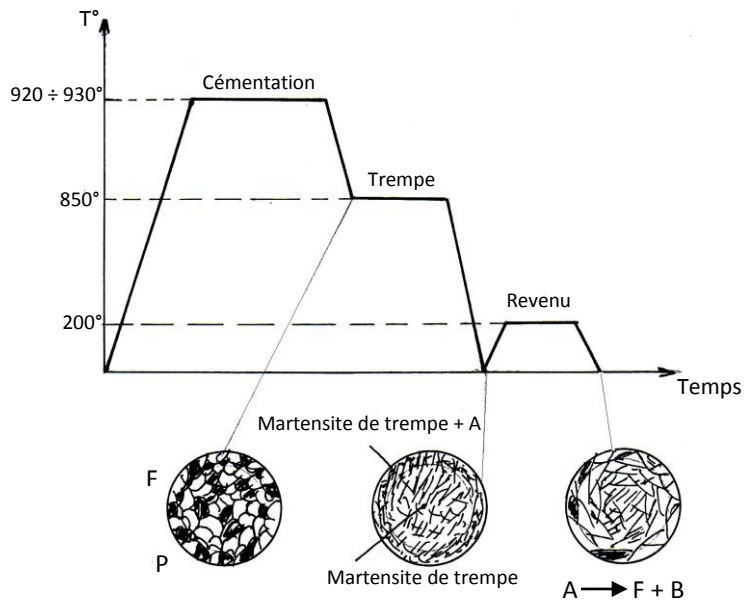


Fig. 7 : présentation de la cémentation et la trempe et le revenu

II. Grenailage de précontraintes :

Afin d'améliorer la durée de vie des bielles, il est aujourd'hui possible d'effectuer des traitements superficiels par grenailage de précontrainte [25].

La grenaille est projetée à la surface des pièces qui sont libres de contrainte pour obtenir une nouvelle répartition locale des efforts de compression et de traction [26].

La grenaille, projetée à une vitesse qui peut atteindre 100 m/s, occasionne une déformation permanente sur la surface à traiter.

L'équilibre mécanique entre ces deux forces crée des contraintes de compression à la surface du métal, alors que dans les couches plus profondes, les déplacements créent des contraintes de traction.

Le grenailage de précontrainte ou a pour principal effet de modifier le comportement en fatigue.

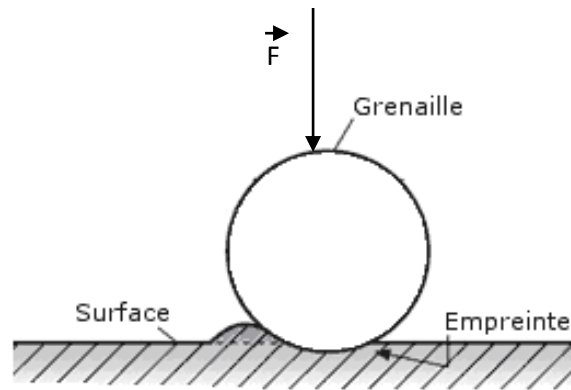


Fig. 8 : Grenaille projetée à la surface de la pièce

Le shot peening ou écouissage superficiel des pièces métalliques est un procédé économique et respectueux de l'environnement. Il apporte une amélioration importante des propriétés mécaniques [39,33] et en particulier la résistance à la fatigue des composants soumis à des efforts alternés intenses.

La figure (9) donne un exemple de machine industrielle précise.

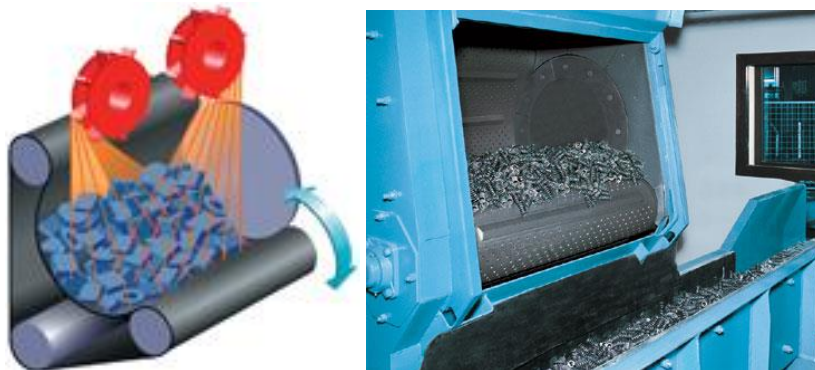


Figure 9 : Machines à grenailler les petites pièces en vrac

III. Mécanisme de génération et évolution des contraintes résiduelles :

A l'échelle de l'impact nous observons une déformation plastique homogène, qui nécessite une adaptation élastique des couches inférieures pour rééquilibrer les contraintes internes.

La multitude de choc conduit à l'étalement de la couche supérieure [27], qui sera soumise à une compression exercée par les couches inférieures.

Ce profil est reproductible au niveau de l'état des contraintes. En effet, c'est le gradient des déformations plastiques qui génère les contraintes résiduelles.

Les caractéristiques principales de la couche précontraintes par grenailage sont :

- La présence d'un important gradient de contraintes dans la zone en compression ;
- Un niveau de contraintes très élevé, proche de la limite d'élasticité du matériau ;
- La présence d'un écrouissage très important en surface sur des profondeurs inférieures à 0,5 mm.

Le grenailage agit sur la microstructure des couches superficielles. En effet, l'écrouissage provoqué modifie la densité des dislocations et peut même générer de nouvelles microstructures. Le principe même du grenailage laisse présager une modification de la rugosité. En effet, ce dernier agit par une multitude d'indentations qui augmenteront la rugosité de la face traitée.

Bien qu'il présente parfois l'avantage de permettre d'effacer les traces antérieures d'usinage, le grenailage augmente souvent la rugosité des surfaces traitées (en utilisant des billes fines). Cet aspect est en rapport direct avec la nature du couple matériau traité/grenaille [28]. En effet pour des matériaux dits durs (dont la dureté est supérieure à celle de la grenaille), nous aurons plutôt un effet de surface favorable avec un éventuel gommage, sans avoir de traces significatives de grenailage. L'effet néfaste apparaît surtout pour les aciers doux. Dans ce cas, les indentations seront profondes.

Les principaux paramètres qui influencent l'état de surface sont :

- Le rapport des duretés respectives (HV bille/HV matériau ciblé) ;
- La dimension de la grenaille ;
- Le taux de recouvrement.

IV. Etat mécanique :

Deux mécanismes de déformation interviennent sous l'impact de la grenaille:

- Une plastification en surface souvent nommée « martelage ». Ce mécanisme induit des contraintes résiduelles maximales en surface. Cet effet est souvent associé aux efforts tangentiels développés lors du choc.
- Une déformation en sous couche provoquée par l'effet de pression Hertz donnant un maximum de contraintes à quelques microns de profondeur.

Les impacts successifs en chacun des points de la surface provoquent une déformation cyclique [29] de la couche grenillée où la part de chacun des deux mécanismes précédemment décrits dépend des conditions de grenillage [30], de la rigidité de la structure traitée et des conditions de contact bille-matériau.

L'écroissage superficiel modifie les caractéristiques mécaniques du matériau dans la couche traitée

V. Influence des paramètres de grenillage sur l'état de contraintes résiduelles.

- **Effet de pression, du débit et de la densité de la grenaille sur l'état de contrainte résiduelle.**

Plusieurs études [26,31] sur le grenillage, en l'occurrence la pression et le débit.

La figure (5) représente une illustration des effets de ces différents paramètres. Nous notons qu'une augmentation du diamètre de la grenaille ou de la pression affecte la profondeur en compression ainsi que la position du maximum de contrainte, ce qui est logique vu que les deux paramètres influencent directement l'énergie cinétique des billes. La dureté de la cible affecte la profondeur en compression ainsi que le niveau maximal de contrainte. L'augmentation du débit de la grenaille a pour effet de multiplier les impacts entre grenailles et donc de réduire l'énergie communiquée à la pièce, ce qui donne une réduction de la profondeur en compression.

CONCLUSION :

Grace aux données des caractéristiques du matériau nous avons élaboré une gamme d'usinage permettant l'obtention optimal du produit. Il est à noter que les résultats calculs des régimes de coupe acquis ainsi que le calcul du dispositif d'usinage. Sont très significatifs.

Pendant le procédé de la mise en forme du matériau, la température de la déformation à chaud doit être supérieure ou égale à 500°C. La pièce doit subir une suite de traitements thermiques (trempe, revenu, recuit d'homogénéisation) afin de supprimer les effets indésirable de la mise en forme, de créer une structure stable, et d'avoir une bonne résistance mécanique évitant ainsi les fissures inter granulaires.

Au cours de la fabrication de la bielle du moteur de motocycle, il parait clairement que le cycle de température ainsi que la conduite des opérations de traitement thermique doivent être rigoureusement respectés si on veut éviter l'apparition des fissures au cours de la mise en service. Il est à remarquer du traitement thermique sur les caractéristiques mécaniques, dans ce cas, un recuit d'adoucissement est nécessaire afin de relaxer les contraintes mécaniques créées lors de la déformation et d'augmenter les caractéristiques mécaniques du matériau utilisé. Le traitement de surface par le procédé de grenailage de précontrainte montre nettement l'amélioration des caractéristiques mécaniques du matériau. L'opération consiste à provoquer des contraintes résiduelles dans le matériau afin d'augmenter la durée de vie de la bielle. Le procédé permet de prévoir le chargement mécanique nécessaire afin d'obtenir une bonne tenue de la bielle en service.

Bibliographie :

- [1] I.matiach, v.malachtchenko, Brochure sur la théorie des mécanismes des machines
- [2] V.borissov ,T.guegutckori , Guide de l'exécution du projet de cours
- [3] V.kovan ,Technologie de la construction mécanique
- [4] Christian Eloy, Aide-mémoire (fabrication en construction mécanique)
- [5] Christian Eloy, Aide-mémoire (fabrication en construction mécanique)
- [6] Christian Eloy, Aide-mémoire (fabrication en construction mécanique)
- [7] Lioubimov ,Cahier de théorie de coupe
- [8] Kravtchanko ,Cahier d'outil de coupe
- [9] Chetcher bakh ,Cahier de T.C.M
- [10] P.paclilla, et A.thély ,Guide des fabrications mécaniques
- [11] A.cheualier, R.vacouer ,Guide de technicien en fabrication mécanique
- [12] A.chevalier, Guide du dessinateur industriel
- [13] A.chouvalier, R.vacouer ,Régime de coupe volume 1 méthode statique Montage
d'usinage
- [14] I.lakhtine, Métallographie et traitement thermique de métaux
- [15] A.Barsoukov, N.Grebnev, I.serguev, Aide mémoire (abrégé) sur les aciers et leur
traitement thermique
- [17] J.chaguette, Technique automobile Tome 1 (moteur)
- [18] F.Bernard, A.L tourancheau A.bru, Elément de construction (transformations des M)
- [19] F.Bernard, A.L tourancheau A.bru, Elément de construction
(moteur à combustion interne)
- [20] Quillet, Encyclopédie des sciences industriels (mécanique application-transports)
- [21] M.menarclan, La réparation automobile
- [22] Y.boro vskikh, V.klennikov, V.Nikiforov, Organisation entretien et réparation des
automobile
- [23] M.besbois, F.Touache, J.Tourancheau, R.Torri, L' automobile
(les moteurs à 4 temps et à 2 temps) Tome1
- [24] J.Mouvizot, M.Delanette, Le mécanicien automobile (Tome2)

- [25] R. Fathallah “ Modélisation du procédé de grenailage incidence des billes et taux de recouvrement”, these ENSAM, Nov. 1994.
- [26] H. Wohlfahrh « The influence of Peening Conditions on the resulting Distribution of Residual Stress », ICSP2, Chicago, USA, 1984.
- [27] D. Zivkovic and B. Anzulovic., The fatigue of 5083 Aluminium alloy welds with the shot peened crater hot cracks. *Materials and design*, volume 26, Issue 3, May 2005, Pages 247-250.
- [28] C.O.Monga, “Influence combinée des contraintes résiduelles et de l’état de surface sur le comportement monotone et cyclique des matériaux composites à matrice métallique”, these CNAM, 1994.
- [29] W. CAO, « Adoucissement cyclique des aciers et relaxation des contraintes résiduelles de grenailage en fatigue », thèse de l’école nationale supérieure d’arts et métiers (Paris), 1989.
- [30] I. Lillamand, « Evolution d’une couche grenillée sous sollicitations thermiques et mécaniques, cas de la fatigue oligocyclique », thèse ENSAM, Décembre 1998
- [31] J. Zarka, G. Inglebert , « Sur une nouvelle analyse simple des structures inélastiques », Cours présenté à l’Université de Naples, 1 / 1980.
- [32] C.S.Barrett, *Structure des métaux : méthodes, principes et résultats cristallographiques*.p.296-314 (1957) édition Dunod. Paris.
- [33] V.W., Roberts R. and Hertzberg R.W., “Effect of multiple overloads on fatigue crack propagation in 2024-T3 aluminium alloy”, *ASTM STP*, 536,1973, p.115.
- [34] C. Bathias, “Mécanique et mécanisme de la fissuration par fatigue”, édité chez C. Bathias et J. P. Baillon-la fatigue des matériaux et des structures, Edition Maloine Paris 1980.
- [35] Calladine C.R., *Plasticity for engineers. Theory and applications*. 2000. Chichester, Horwood Publishing Limited.