

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction mécanique

Par :

ALIOUA Zineddine

ZEBLAH Dahia

Thème

**L'influence de la variation de la dureté lors de l'usinage en tournage des aciers
A60,42CD4, XC38 sur la rugosité de la surface usinée**

Soutenu le 22/06/2023 devant le jury composé de :

Mr. HAROUCHE Fateh

President

Mr. BENSALD Nasreddine

Rapporteur

Mr. BOUTAANI Mohamed Said

Examineur

Année Universitaire 2022-2023

REMERCIEMENT

Nos remerciements s'adressent en premier lieu au bon dieu

Nous tenons aussi à remercier notre encadrant

Dr. BESAIID Nasreddine qui nous a apporté une aide
précieuse.

Nous tenons à remercier aussi tous

nos enseignants du

Département de Génie Mécanique

Nos remerciements vont aussi à nos familles et nos collègues et
nos amis.

DEDICACE

Nous tenons à dédier ce modeste travail :

À nos parents.

À nos frères,

À nos sœurs,

À nos familles,

À tous nos amis et nos collègues.

Tables de Matières :

Liste Des Figures	
Liste Des Tableaux	
Liste Des Equations	
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I :

Théorie de l'acier

I. Introduction.....	2
I.1. Définition de l'acier.....	2
I.2. Classification des aciers.....	2
I.2.1. Classification par emploi	2
I.2.2. Classification par composition chimique.....	2
I.3. Les éléments d'addition de l'acier.....	3
I.4. Propriétés de l'acier.....	3
I.4.1. Propriétés physiques	3
I.4.2. Propriétés mécaniques	4
I.5. les propriétés mécanique et domaine d'utilisation des aciers.....	7
I.6. Mise en forme de l'acier.....	8
I.7. Traitement thermique de l'acier.....	9
I.8. Les 4 types de trempe de l'acier.....	9
I.8.1. Le recuit	9
I.8.2. La normalisation	10
I.8.3. La trempe	10
I.8.4. Le revenu	10
I.9. La dureté	12
I.9.1. Définition de la dureté.....	12
I.9.2. La définition d'essai de dureté.....	12
I.9.3. Essais de dureté.....	13
I.9.3.1. Essai de dureté Brinell HB	13
I.9.3.2. Essai de dureté Vickers HV	14

I.9.3.3. Essai de dureté Rockwell HR	15
I.10. La rugosité.....	16
I.10.1. Caractérisation de la rugosité.....	16
I.10.2. Quelques Paramètres de base de la rugosité.....	17
I.10.4. Les différents appareils de mesure de la rugosité.....	19
I.11. Conclusion.....	19

CHAPITRE II :

Théorie du Tournage

II. Introduction.....	20
II.1. Types d'opération d'usinage.....	20
II.2. Définition du tournage.....	20
II.3. Les différents types de tournage.....	21
II.3.1. Le tournage extérieur	21
II.3.2. Le tournage intérieur	21
II.4. Les opérations de base du tournage.....	22
II.4.1. Le dressage	22
II.4.2. Le chariotage	22
II.4.3. L'alésage.....	22
II.4.4. Le chanfreinage	23
II.4.5. Le rainurage.....	23
II.4.6. Le filetage.....	24
II.4.7. Le tronçonnage	24
II.4.8. L'épaulement	24
II.4.9. Le profilage	24
II.5. Le tour.....	24
II.5.1. Les composants du tour.....	25
II.5.2. Les différents types de tours.....	26
II.6. Les outils de coupe.....	27
II.6.1. L'outil de coupe.....	27
II.6.2. Les composants de l'outil	28
II.6.2.1. La partie active.....	28

II.6.2.2. Le corps de l'outil.....	28
II.6.3. Les types des outils de coupe.....	29
II.7. Le choix de l'outil de coupe.....	30
II.7.1. Géométries de l'outil.....	30
II.7.2. Le matériau de l'outil.....	30
II.7.3. Condition de coupe.....	30
II.7.3.1. Vitesse de coupe V_c	31
II.7.3.2. Vitesse d'avance V_f	32
II.7.3.3. Profondeur de passe a_p	33
II.7.4. Le type de lubrification/refroidissement.....	34
II.7.5. Coût et durée de vie de l'outil.....	35
II.8. Conclusion.....	35

CHAPITRE III :

Expérimentation et discussion des résultats

III.1. Le but de notre étude.....	35
III.2. La définition des échantillons.....	35
III.3. L'opération tournage.....	36
III.3.1. Paramètres de coupe utilisés.....	36
III.4. Mesure de la rugosité.....	37
III.5. Polissage des échantillons.....	38
III.6. Mesure de la dureté.....	39
III.7. Résultats obtenus.....	41
III.7.1. Les états de surface obtenus.....	41
III.7.2. Représentation graphique de la variation de la dureté des 3 aciers en fonction de l'épaisseur de la pièce.....	44
III.7.3. La variation de la dureté en fonction de la rugosité.....	46
III.8. Conclusion.....	48
Conclusion générale.....	49

Liste des figures

Figure 1: Types d'acier et leur désignation	3
Figure 2: Courbe de traction spécifique	5
Figure 3: Etapes de mise en forme de l'acier	8
Figure 4: Refroidissement des tubes d'acier	9
Figure 5: Cycle thermique du recuit	10
Figure 6: Cycle thermique de normalisation	10
Figure 7: Cycle thermique de trempe	11
Figure 8: Cycle thermique du revenu	11
Figure 9: Duromètre	12
Figure 10: Essai de dureté Brinell	13
Figure 11: Essai de dureté Vickers	14
Figure 12: Essai de dureté Rockwell	15
Figure 13: Profil spécifique de rugosité	16
Figure 14: Hauteur maximal (Rz)	17
Figure 15: Hauteur maximale du pic	17
Figure 16: Hauteur maximale du creux	17
Figure 17: Hauteur totale (Rt)	18
Figure 18: Moyenne arithmétique (Ra)	18
Figure 19: Profilomètre	19
Figure 20: Rugosimètre mécanique.....	19
Figure 21: Microscopie Balayage (MEB)	19
Figure 22 : Tournage externe	21
Figure 23: Tournage interne	21
Figure 24: Dressage.....	22
Figure 25: Chariotage.....	22
Figure 26: Alésage.....	23
Figure 27: Chanfreinage.....	23
Figure 28: Rainurage.....	23
Figure 29: Le filetage	24

Figure 30: Le tronçonnage	24
Figure 31: Les composant du tour.....	25
Figure 32: Tourelle	25
Figure 33: Mandrin.....	26
Figure 34: Tour parallèle	26
Figure 35: Outil de dressage.....	27
Figure 36: Les éléments de l'outil	27
Figure 37: Les outils à charioter	28
Figure 38: Les outils à dresser	29
Figure 39: Les outils à aléser	29
Figure 40: Les outils à rainurer	29
Figure 41: Les outils à tronçonner	30
Figure 42: Pastis de l'outils de coupe	30
Figure 43: Vitesse de coupe	31
Figure 44: Vitesse d'avance	32
Figure 45: Lubrifiant	34
Figure 46: Acier XC38	35
Figure 47: Acier A60	36
Figure 48: Acier 42CD4	36
Figure 49: Tour	36
Figure 50: Opération dressage.....	36
Figure 51: Les échantillons de l'acier après dressage.....	37
Figure 52: Rugosimètre.....	38
Figure 53: Polisseuse METASERV 200.....	38
Figure 54: Echantillons d'acier après polissage.....	39
Figure 55: Duromètre Qness 250 CS.	39
Figure 56: Empreinte de l'essai de dureté sur l'acier XC38.....	40
Figure 57: Empreinte de l'essai de dureté sur l'acier A60	40
Figure 58: Empreinte de l'essai de dureté sur l'acier 42CD4.....	40
Figure 59: Variation de la dureté à proximité du centre de la pièce	44

Figure 60: Variation de la dureté à proximité de la pièce.....	44
Figure 61: Variation de la dureté en fonction de l'épaisseur de la pièce	45
Figure 62: Variation de la dureté en fonction de la rugosité au centre de la pièce.....	46
Figure 63: Variation de la dureté des 3 aciers en fonction de la rugosité à proximité de l'extrémité de la pièce.....	46
Figure 64: Variation de la dureté en fonction de la rugosité à l'extrémité de la pièce XC38 ...	47

Liste des Tableaux

Tableau 1: Propriétés des aciers et leur domaine d'utilisation	7
Tableau 2: Eléments de la partie active de l'outil de coupe	28
Tableau 3: Les vitesses de coupe en fonction de quelques aciers	34
Tableau 4: Définition des aciers utilisées.	36
Tableau 5: Les paramètres de coupe de notre opération.....	37

Liste des Equations

1 : Equation de calcul de module de Young (E).....	4
2 : Equation de la résistance a la traction (Rm).....	5
3 : Formule de l'allongement (A).....	5
4 : Loi de Hooke.....	5
5 : Equation de calcul de la déformation élastique.....	5
6 : Equation de calcul de dureté Brinell (HB).....	13
7 : Equation de calcul de dureté Vickers (HV).....	14
8 : Equation de calcul de dureté Rockwell (HR).....	15
9 : Equation de calcul de vitesse de coupe en tournage (Vc).....	32
10 : Equation de calcul de vitesse de coupe (V _C).....	32
11 : Equation de calcul de vitesse de rotation (N).....	32
12 : Equation de calcul de vitesse d'avance (Vf).....	33

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Dans le domaine de la fabrication de pièces mécaniques, l'usinage de l'acier est une opération courante qui nécessite une grande attention pour obtenir des surfaces usinées de haute qualité.

Dans le cadre de cette étude, Le processus de fabrication, en particulier l'usinage, joue un rôle important pour déterminer les niveaux d'intégrité de surface qui peuvent être réalisés [1] ainsi qu'opter pour trois échantillons d'acier différent allié et non allié. Il est bien connu dans le domaine de l'usinage que la surface usinée ne peut jamais être parfaitement lisse [2]. Cela est dû à divers facteurs inhérents au processus, tels que les irrégularités microscopiques, les vibrations, les interactions entre l'outil de coupe et la pièce, ainsi que les propriétés du matériau lui-même.

Dans certains états de service critiques, il est essentiel de prendre en compte l'état de surface des composants, car il a un impact sur le coût, la durée de vie et la fiabilité des pièces. En tant qu'ingénieur en construction l'étude des propriétés mécaniques des matériaux joue aussi un rôle crucial, Notamment la dureté qui occupe une place importante car elle reflète la résistance d'un matériau à la déformation plastique et à l'usure.

Nous savons grâce aux études précédentes que la dureté des aciers peut varier en fonction de leur composition chimique et de leur traitement thermique [3]. Nous cherchons donc à évaluer comment cette variation de dureté affecte la qualité de la surface usinée.

Cette étude s'articule autour de trois chapitres visant à approfondir les connaissances sur la variation de la dureté lors de l'usinage de l'acier.

Le chapitre I : Nous allons aborder comme première partie l'étude de l'acier et de ses caractéristiques, ainsi que son traitement thermique. Nous allons examiner la dureté et la rugosité de l'acier, qui sont des facteurs importants à considérer lors de l'usinage en deuxième partie.

Le chapitre II : Portera sur l'usinage par tournage, les outils et les paramètres de coupe.

Le chapitre III : Nous présenterons la partie expérimentale que nous avons réalisée au hall technologique de l'Université d'Abderrahmane MIRA ainsi que la discussion des résultats obtenus et la conclusion générale.

CHAPITRE I :
THEORIE DE L'ACIER

I. Introduction

Les aciers ont une grande valeur dans divers domaines industriels, notamment la construction, en raison de leur attribut exceptionnel tels que la résistance, la résilience, la facilité de manipulation et la rentabilité par rapport à d'autres matériaux. Ces caractéristiques distinctives font de l'acier un matériau flexible et indispensable pour faire progresser les technologies futures. Néanmoins, il est essentiel de reconnaître la sélection de l'acier approprié pour une application spécifique peut être complexe et repose sur de nombreux facteurs.

Dans ce chapitre, nous abordons les généralités de l'acier ainsi que son traitement thermique comme première partie, et dans la deuxième partie nous examinons la rugosité et la micro dureté des surfaces usinées.

I.1. Définition de l'acier

L'acier est un matériau ferreux qui se distingue à la fois du fer et de la fonte. C'est un alliage métallique dont l'élément chimique principal est le fer et dont l'autre élément essentiel est le carbone [4]. L'acier peut être classé par emploi ou par sa composition chimique :

I.2. Classification des aciers

I.2.1. Classification par emploi

La norme de désignation des aciers utilise la lettre S pour représenter les aciers à usage général et la lettre E pour représenter les aciers d'ingénierie. La valeur numérique qui suit la lettre indique la limite d'élasticité minimale de l'acier mesurée en mégapascal [5].

I.2.2. Classification par composition chimique

I.2.2.1. Un acier non allié

Est un matériau métallique qui est principalement composé de fer et de carbone, ainsi que d'autres éléments tels que le silicium, le manganèse et le phosphore en faibles quantités.

I.2.2.2. Acier fortement allié

Au moins un élément a une teneur supérieure à 5 % [5].

I.2.2.3. Acier faiblement allié

Il contient des faibles teneurs d'alliage généralement inférieure à 5% [5].

Ci-dessous une figure qui explique les types d'acier et leur désignation :

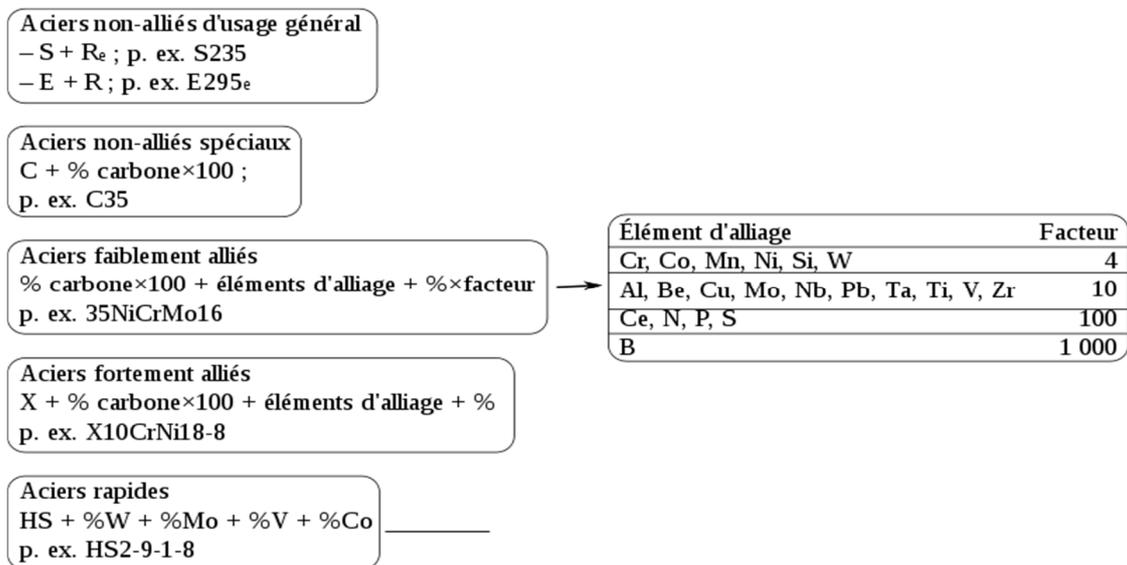


Figure 1: Types d'acier et leur désignation [4]

I.3. Les éléments d'addition de l'acier

Chrome (C)* - cobalt (K) - magnésium (G) - molybdène (D) - nickel (N)

- plomb (P) - tungsten (T) - vanadium (V) - silicium (S)

I.4. Propriétés de l'acier

I.4.1. Propriétés physiques

I.4.1.1. Couleur

Aspect naturel non oxydé. On notera : gris argenté.

I.4.1.2. Masse volumique

C'est la masse par unité de volume : kg/m^3 . $\rho = 7,8 \text{ kg/dm}^3$.

I.4.1.3. Densité « d » d'un corps

C'est le rapport de la masse volumique de ce corps en kg/m^3 à la masse volumique d'un corps de référence en kg/m^3 .

$d = 7860 \text{ kg/m}^3$ pour l'acier allié

$d = 7600\text{-}8030 \text{ kg/m}^3$ pour l'acier inoxydable

I.4.1.4. Le module d'élasticité E

Exprimé en N/mm² ou en GPa, il représente la rigidité du métal et est le rapport entre la contrainte appliquée à une barre et l'allongement relatif de cette barre dans la zone plastique [6].

Également connue sous le nom du module de Young sa formule est la suivante :

$$E = 2G(1 + \nu) \text{ [GPa]} \quad (1)$$

E=210 GPa

G : module de cisaillement.

ν : est le coefficient de poisson.

I.4.1.5. Le coefficient de Poisson

Le coefficient de poisson fait partis des constantes élastiques. Il est théoriquement égal à 0,25 pour un matériau parfaitement isotrope et est en pratique très proche de cette valeur [6].

Il est Désigné par la lettre grecque $\nu=0.24$ à $0,30$.

I.4.1.6.la dilatation thermique α

Est une caractéristique physique forte importante pour le constructeur métallique. Le coefficient de dilatation linéaire de l'acier est $\alpha= 12 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$ [7].

I.4.1.7.la conductivité thermique

La conductivité thermique de l'acier dépend de sa composition chimique et de sa température $\kappa = 11.2$ à 48.3 [W/mK] .

I.4.2. Propriétés mécaniques

I.4.2.1. Limite d'élasticité

Re exprimée en N/mm² ou MPa, c'est la charge maximale que le métal peut supporter avant de se déformer de manière irréversible, perdant ainsi sa géométrie initiale. Au-delà de cette limite, la déformation devient plastique plutôt qu'élastique, ce qui est pris en compte lors du calcul des contraintes dans les éléments soumis à la flexion, au cisaillement ou au flambement.

I.4.2.2. Résistance à la traction (rupture)

R_m exprimée en N/mm^2 ou MPa, c'est la force maximale que le métal peut supporter en traction avant de se rompre. Cette mesure est utilisée pour évaluer la résistance à la fatigue du matériau.

$$R_m = \frac{F_{max}}{A} \quad (2)$$

F_{max} : est la charge maximale appliquée sur l'échantillon [N].

A : section transversale de l'échantillon [mm^2].

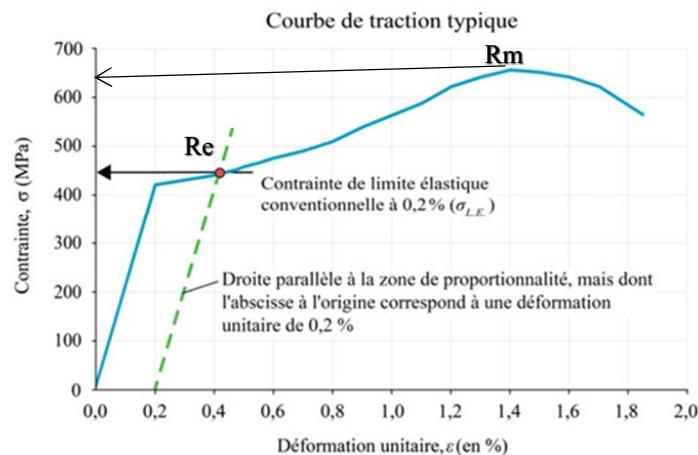


Figure 2: Courbe de traction spécifique [8]

I.4.2.3. Allongement à rupture

A exprimé en pourcentage, c'est la déformation maximale tolérable avant la rupture du matériau (%) [8].

La formule de l'allongement est la suivante :

$$A\% = 100 \times \frac{L_u - L_0}{L_0} \quad (3)$$

L est la longueur ultime [mm].

L_0 est la longueur initiale [mm].

I.4.2.4. Déformation élastique

ϵ fait référence à la déformation d'un matériau sous l'application d'une contrainte ou d'une force, suivie d'un retour à sa forme initiale une fois que la contrainte est relâchée. Cette déformation est réversible et le matériau conserve ses propriétés mécaniques d'origine [8].

La déformation élastique peut être décrite quantitativement à l'aide de la loi de Hooke, qui établit une relation linéaire entre la contrainte (σ) et la déformation (ε) :

$$\sigma = E * \varepsilon \text{ [MPa]} \quad (4)$$

Ou

$$\varepsilon = \Delta L = \frac{L-L_0}{L_0} \text{ [%]} \quad (5)$$

ε représente la déformation relative (exprimée en pourcentage) [%]

L est la longueur finale de l'échantillon après l'application d'une force ou d'une contrainte [mm].

L₀ est la longueur initiale de l'échantillon avant l'application de la force ou de la contrainte [mm].

Δl est la variation de longueur de l'échantillon [mm].

I.4.2.5. Résilience KCV

Exprimée en J/cm², c'est une caractéristique qui mesure la résistance d'un métal à une rupture brutale. Cet essai consiste à rompre une section métallique entaillée au milieu lors d'un choc unique, en la soumettant à une flexion reposant sur deux appuis. La résilience est l'un des principaux critères de choix pour la qualité de l'acier utilisé dans les constructions soudées [7].

Résilience est la valeur de résilience du matériau [en J/cm² ou J/m³].

σ (sigma) est la contrainte appliquée au matériau [MPa].

ε (epsilon) est la déformation élastique du matériau [%].

I.5.les propriétés mécanique et domaine d'utilisation des aciers**Tableau 1:** Propriétés des aciers et leur domaine d'utilisation [9]

ACIER	PROPRIETE	Rm N/mm ²	Re N/mm ²	A%	Domaine D'application
42CD4	Acier de construction faiblement allié au chrome molybdène pour trempe et revenu. Bonne trempabilité à l'huile, bonne résistance aux surcharges à l'état traité.	750 / 1300	500 / 900	10 / 14	Acier très employé en mécanique, pour des pièces de moyennes à fortes sections : arbres, essieux, Crémaillères, vilebrequins, bielles, engrenages
A60	Acier à usage courant en mécanique générale. Non traité, il offre une bonne résistance mécanique (Rm). Acier de construction non allié d'usage général	590 / 770	305 / 335	6 / 16	Pièces soumises à de fortes pressions de surface, vis sans fin, pignons, clavettes, axes, bagues.....
XC38	Acier a 0.38% de carbone, très souvent utilisé en mécanique générale de par sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques. Apte aux traitements thermiques.	500 / 550	245 / 300	18 / 19	Pièces non soumises aux chocs, mais nécessitant une bonne résistance : axes, boulonnerie, forge (Leviers, arbres.....)

I.6.Mise en forme de l'acier

L'Acier est un alliage fer-carbone contenant moins de 2 % de carbone, et d'autres éléments, le fer contenu dans l'acier provient soit de minerai, soit du recyclage.

L'acier est produit majoritairement à partir de minerai quand il n'y a pas encore suffisamment de recyclage. Pour transformer la fonte en acier, il suffit de la débarrasser de son carbone excédentaire en le brûlant avec de l'oxygène. La composition chimique de l'acier liquide obtenu à partir de la fonte ou par fusion de fer recyclé doit ensuite être ajustée en fonction des propriétés de mise en œuvre et d'utilisation souhaitées. L'acier liquide est ensuite solidifié, généralement sous une forme assez massive, puis mis en forme habituellement par laminage à chaud et éventuellement par laminage à froid pour les tôles les plus minces [4].

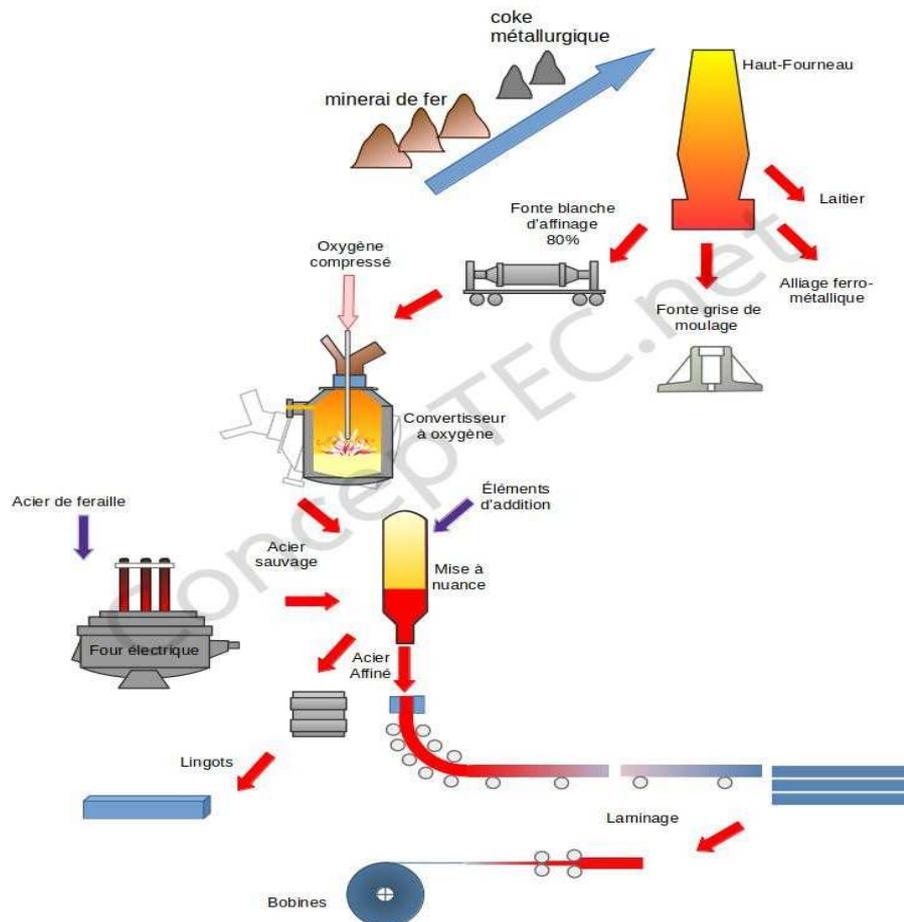


Figure 3: Etapes de mise en forme de l'acier [22]

I.7. traitement thermique de l'acier

Tous les traitements thermiques impliquent le chauffage et le refroidissement des métaux, mais il existe trois différences principales dans le processus : les températures de chauffage, les vitesses de refroidissement et les types de trempe utilisés pour obtenir les propriétés souhaitées. Les traitements thermiques agissent sur la structure macroscopique et l'état mécanique de l'acier, sans en altérer la composition.

Le traitement thermique se déroule en trois étapes :

- Chauffer lentement le métal pour s'assurer qu'il conserve une température uniforme
- Tremper, ou maintenir, le métal à une température spécifique pendant une période donnée.
- Refroidir le métal à la température ambiante.



Figure 4: Refroidissement des tubes d'acier

I.8. Les 4 types de trempe de l'acier

I.8.1. Le recuit

Afin d'adoucir l'acier et améliorer sa ductilité ainsi que la structure des grains il faut chauffer lentement le métal à la température appropriée (entre 500°C et 800°C), le tremper, puis le laisser refroidir lentement (palier isotherme) soit en l'enfouissant dans une sorte de matériau isolant, soit en éteignant simplement le four et en laissant le four et la pièce refroidir lentement ensemble [10].

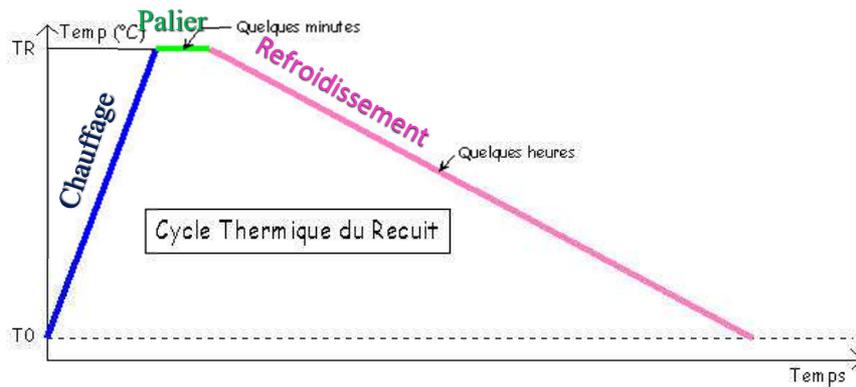


Figure 5: Cycle thermique du recuit [11]

I.8.2.la normalisation

Un acier normaliser est plus résistant qu'un acier recuit, la normalisation a comme but de supprimer les contraintes internes qui s'applique qu'aux matériaux ferreux comme l'acier mais aussi contrairement au recuit, après que le métal a été chauffé à une température plus élevée, il est refroidi à l'air après avoir été retiré du four [11].

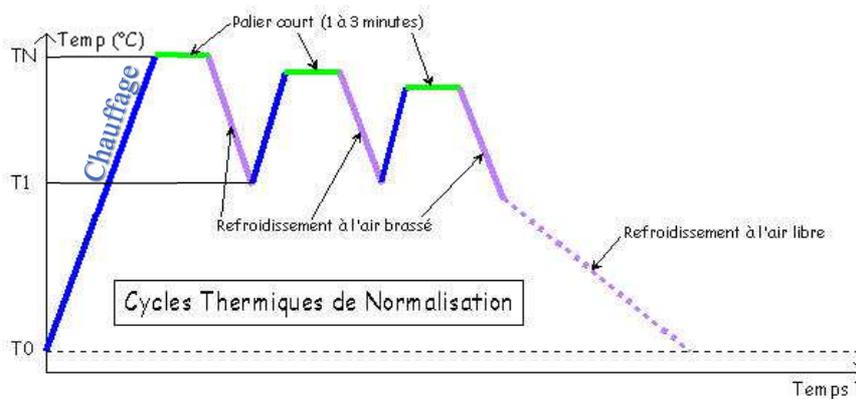


Figure 6: Cycle thermique de normalisation [11]

I.8.3.la trempe

Le but de la trempe n'est pas seulement de durcir l'acier, mais aussi de le rendre plus résistant. Malheureusement, la trempe n'a pas que des avantages. Si la trempe augmente la résistance, elle diminue également la ductilité, rendant le métal plus cassant [3].

Cette étape consiste à chauffer l'acier à une température élevée (généralement supérieure à 800°C), puis à le refroidir rapidement en le plongeant dans un liquide de trempe, tel que de l'eau, de l'huile ou de l'air.

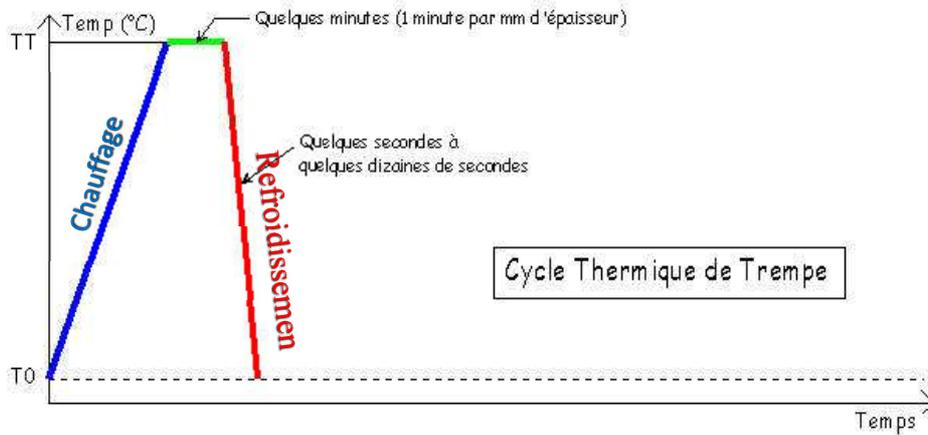


Figure 7: Cycle thermique de trempe [11]

I.8.4. Le revenu

Lorsque l'on compare les autres traitements thermiques tels que le recuit, la normalisation et la trempe, ceux-ci sont généralement réalisés à des températures supérieures au point critique supérieur du métal. Cependant, le revenu, quant à lui, est effectué à des températures inférieures à ce point critique (entre 150°C et 500°C) [11]. Le revenu permet de réduire la fragilité de l'acier après la trempe et d'améliorer la ténacité de l'acier et permet de soulager les contraintes internes dues à la trempe et de réduire la fragilité et la dureté.

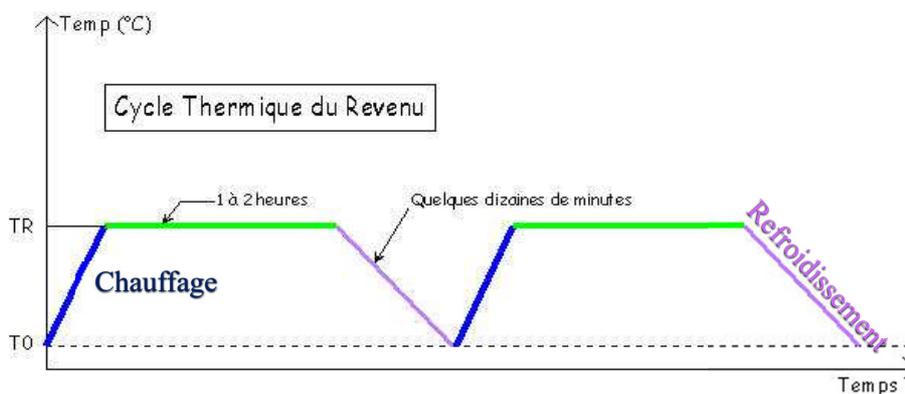


Figure 8: Cycle thermique du revenu [11]

I.9. La dureté

I.9.1. Définition de la dureté

La dureté d'un matériau solide peut être définie comme la mesure de sa résistance à un changement de forme permanent lorsqu'une force de compression constante est appliquée [12], La déformation peut être produite par différents mécanismes, tels que l'indentation, la rayure, la coupe, l'usure mécanique ou la flexion [13].



Figure 9: Duromètre

I.9.2. essai de dureté

Le test de dureté est le processus de test de la dureté d'une surface en appliquant une force spécifique connue sur la surface de test, qui nous indique la résistance du métal. Les tests de dureté nous permettent de savoir combien de contraintes un matériau peut supporter avant de se déformer [14]. Il y a plusieurs variétés d'essais de dureté, chacune étant spécifique et élaborée dans un but particulier.

I.9.3. Essais de dureté

I.9.3.1. Essai de dureté Brinell HB

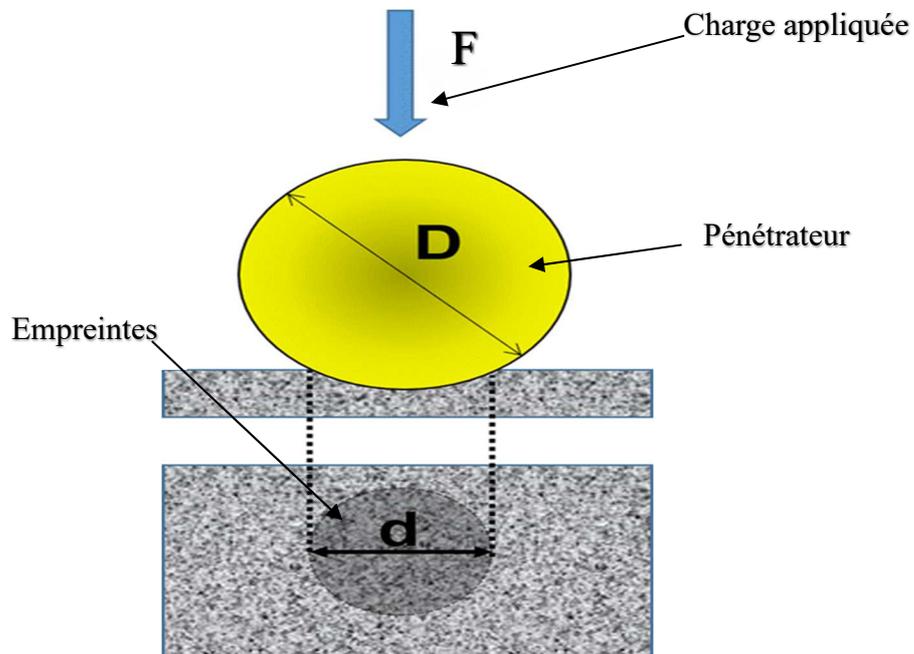


Figure 10: Essai de dureté Brinell [11]

Dans cet essai, une bille de diamètre D (mm) est utilisée pour indenter le matériau à travers la surface de la pièce est utilisée pour indenter le matériau par l'application d'une charge F , comme le montre la figure [10]. Le diamètre d (mm) de la déformation de l'indentation sur la surface est mesuré à l'aide d'un microscope optique, et l'indice de dureté Brinell (HB) est alors calculé comme la charge divisée par la surface réelle A_c de la surface courbe de l'échantillon [14].

$$HB = \frac{2.F}{\pi.D.(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (6)$$

HB= Dureté Brinell. [Sans unité]

F = Charge appliquée [N].

D= Diamètre de la bille [mm].

d = diamètre de l'empreinte laissée par la bille [mm].

I.9.3.2. Essai de dureté Vickers HV

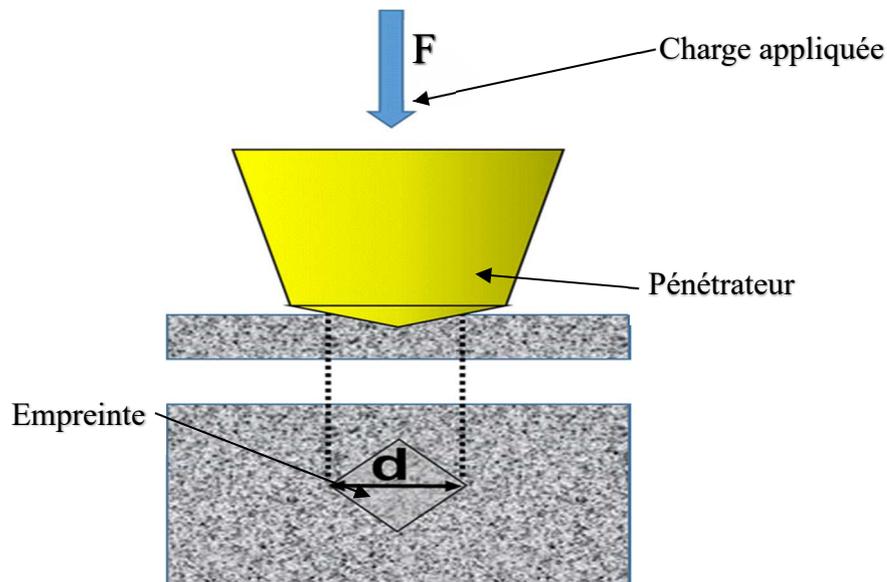


Figure 11: Essai de dureté Vickers [12]

Le test de dureté Vickers consiste à mesurer la taille de l'empreinte laissée par une pièce pyramidale lorsqu'elle est soumise à une charge. Cette empreinte est créée en appliquant une force sur la pièce à l'aide d'un pénétrateur en forme de pyramide à base carrée, fait en diamant dont les côtés opposés se rejoignent au sommet avec un angle de 136° , les bords à 148° et les faces à 68° [14].

L'indice de dureté Vickers (HV) est donc calculé comme suit :

$$HV = \frac{2F \cdot \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{9.80556 \cdot d^2} \quad (7)$$

H_v = dureté Vickers. [Sans unité].

F = force appliquée [N].

d = moyenne de diagonales de l'empreinte [mm].

g = Accélération terrestre (9.80665) [m/s²].

I.9.3.3. Essai de dureté Rockwell HR

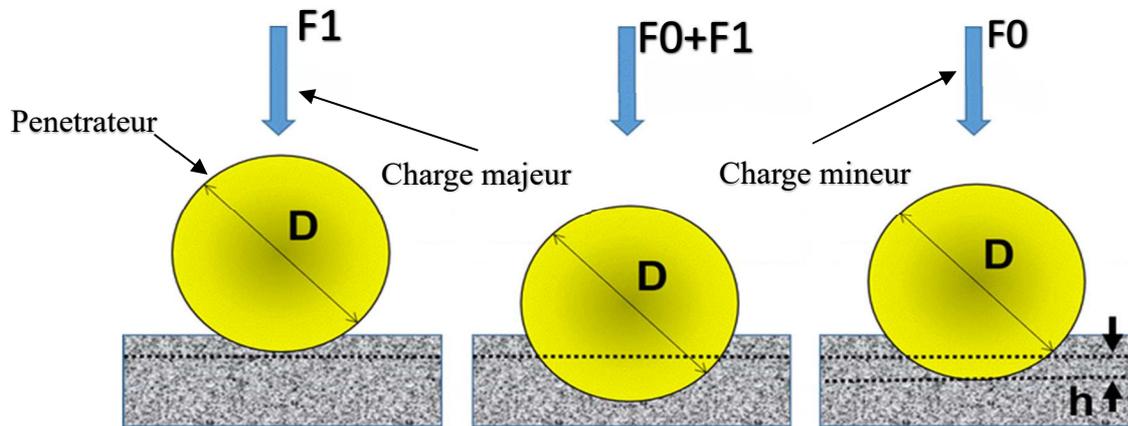


Figure 12: Essai de dureté Rockwell [12]

L'essai Rockwell détermine la dureté en mesurant la profondeur de pénétration d'un pénétrateur soumis à une charge importante par rapport à la pénétration réalisée par une charge plus faible.

La détermination de la dureté (HR) implique l'application d'une charge mineure F_0 suivie d'une charge majeure F_1 . La charge majeure est appliquée puis retirée tout en maintenant la charge mineure. Elle est calculée selon l'équation suivante [14].

$$HR = N - 500h \quad (8)$$

HR : dureté Rockwell [sans unité]

h : la différence entre les deux mesures de profondeur de pénétration.

N : paramètre qui dépend du pénétrateur utilisé (100 pour les pénétrateurs sphéroconiques et 130 pour une bille).

Le principal avantage de la dureté Rockwell est qu'elle permet d'afficher directement les valeurs de dureté.

I.10. La rugosité

La rugosité de surface est une caractéristique qui peut varier en fonction de la méthode d'usinage, des outils utilisés et du matériau lui-même. Elle se manifeste par des irrégularités, à la fois microscopiques et macroscopiques, sur la surface usinée. Ces irrégularités sont définies en comparant la surface avec une ligne de référence "moyenne" et sont regroupées en deux catégories : les aspérités, qui se présentent sous forme de "pics" ou de reliefs, et les cavités, qui correspondent à des "creux" ou des dépressions. L'ensemble de ces imperfections de surface forme la rugosité.

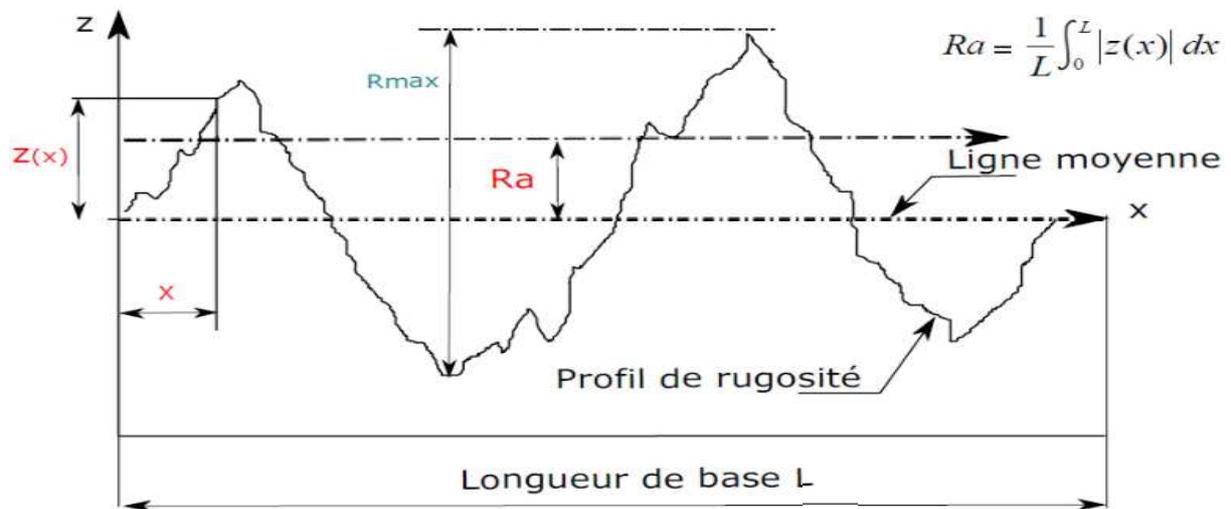


Figure 13: Profil spécifique de rugosité

I.10.1. Caractérisation de la rugosité

La géométrie d'une surface rugueuse présente une complexité intrinsèque. À partir de mesures, on extrait des statistiques qui permettent de caractériser les propriétés de cette géométrie, telles que la moyenne des amplitudes (R_a), l'écart-type (R_q), la moyenne des pentes, etc. Ces statistiques doivent être simples et en relation avec les fonctionnalités que le concepteur souhaite contrôler [15].

Les dispositifs de mesure ont évolué, ce qui permet désormais d'acquérir la topographie complète de la surface, ouvrant ainsi la voie à de nouveaux indicateurs quantitatifs tels que la surface développée, entre autres.

I.10.2. Quelques Paramètres de base de la rugosité

R_z : représente la hauteur maximale du pic R_p et de la profondeur du creux R_v d'un profil dans la longueur de base (L) :

$$R_z = R_p + R_v$$

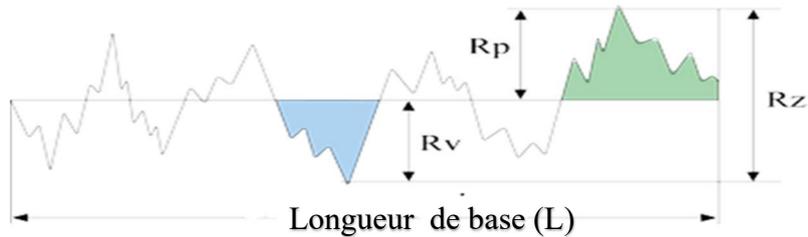


Figure 14: Hauteur maximal (R_z) [17]

R_p : hauteur maximale du pic de profil :

$$R_p = \max (Z(x))$$

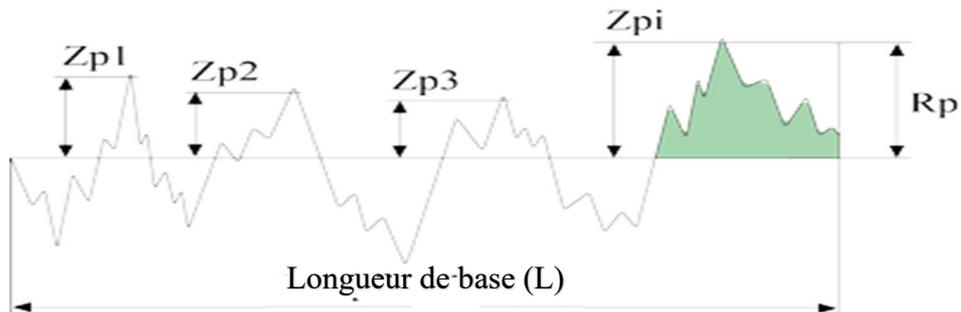


Figure 15: Hauteur maximale du pic [17]

R_v : profondeur de la vallée représente la hauteur maximale du creux :

$$R_v = \min (Z(x))$$

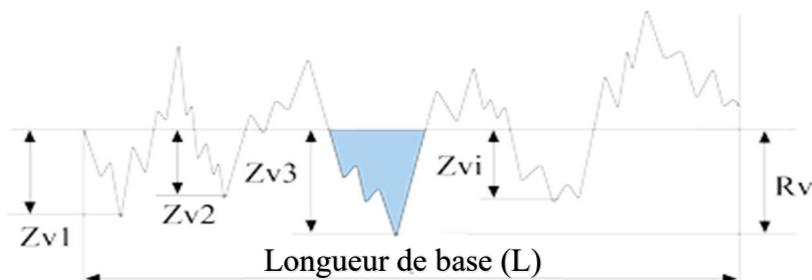


Figure 16: Hauteur maximale du creux [17]

Rt : hauteur totale elle représente la somme de la hauteur maximale de la crête Rp et de la profondeur maximale de la vallée Rv d'un profil dans la longueur de caractérisation, et non dans la longueur d'échantillonnage :

$$R_t = \max (Z_{pi}) + \max (Z_{vi})$$

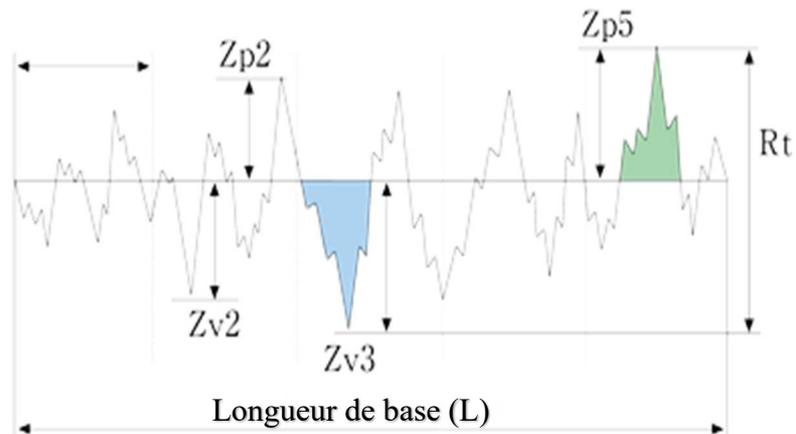


Figure 17: Hauteur totale (Rt) [17]

Ra : écart de la moyenne Représente la moyenne arithmétique de l'ordonnée absolue Z (x) dans la longueur d'échantillonnage :

$$R_a = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} |Z(x)| dx$$

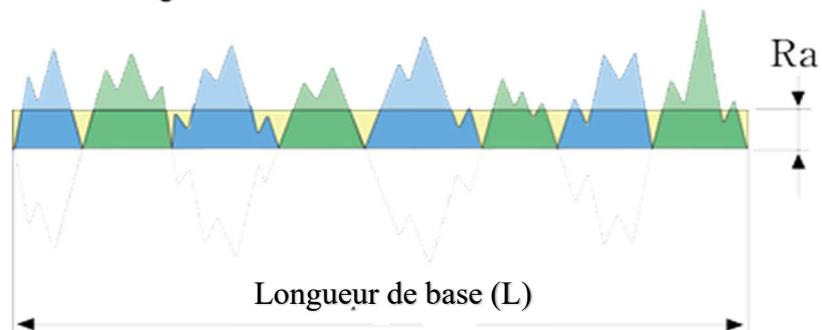


Figure 18: Moyenne arithmétique (Ra) [17]

I.10.4.les différents appareils de mesure de la rugosité

Figure 19: Profilomètre **Figure 20:** Rugosimètre mécanique **Figure 21:** Microscopie Balayage (MEB)

I.11.Conclusion :

En conclusion, l'acier a des caractéristiques exceptionnelles telles que la résistance, la résilience, la facilité de manipulation et la rentabilité en font un choix privilégié par rapport à d'autres matériaux.

Ensuite, le traitement thermique de l'acier est une étape cruciale pour améliorer ses propriétés mécaniques et sa performance globale.

Par ailleurs, la rugosité affecte la fonctionnalité, l'esthétique et les performances de l'acier, tandis que la microdureté peut fournir des informations sur la résistance et la qualité de la surface.

CHAPITRE II :
THEORIE DU TOURNAGE

II. Introduction

L'usinage est le processus de fabrication par lequel des pièces peuvent être produites aux dimensions et à l'état de surface souhaités à partir d'une pièce brute par enlèvement progressif de l'excédent de matière sous forme de copeaux à l'aide d'un outil de coupe tranchant. Près de 90 % de tous les composants sont soumis à une forme ou une autre d'usinage au cours de leur fabrication [18]. Il est très important de concevoir ces pièces de manière à accroître l'efficacité du processus d'usinage, l'amélioration de la durée de vie de l'outil et la réduction du coût global de l'usinage.

Pour atteindre ces objectifs, une brève connaissance des différents processus d'usinage est nécessaire.

II.1. Types d'opération d'usinage

Dans l'usinage par enlèvement de matière, les opérations sont généralement regroupées par catégorie pour faciliter leur classification et leur compréhension.

Dans l'usinage traditionnel, on distingue principalement quatre classes d'opérations essentielles :

- Le tournage
- Le fraisage
- Le perçage
- La rectification

II.2. Définition du tournage

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) impliquant des outils à simple tranchant. La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), qui est le mouvement principal du processus.

L'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation (rectiligne ou non) appelé mouvement d'avance, permettant de définir le profil de la pièce [19].

Le temps nécessaire pour effectuer une opération de tournage ou d'usinage est donné par la formule ci-dessous :

Temps nécessaire = Longueur de coupe (mm) / avance (mm par tour) × tours par minute

II.3. Les différents types de tournage

Il y a principalement deux types d'opérations de tournage, qui diffèrent en fonction de la surface de la pièce à usiner et des matériaux utilisés :

II.3.1. Le tournage extérieur

Le tournage extérieur, comme son nom l'indique, consiste à enlever des copeaux de matière à partir de la surface extérieure d'une pièce. Il englobe différentes opérations telles que le dressage, le chariotage, le chanfreinage, le rainurage et le filetage.

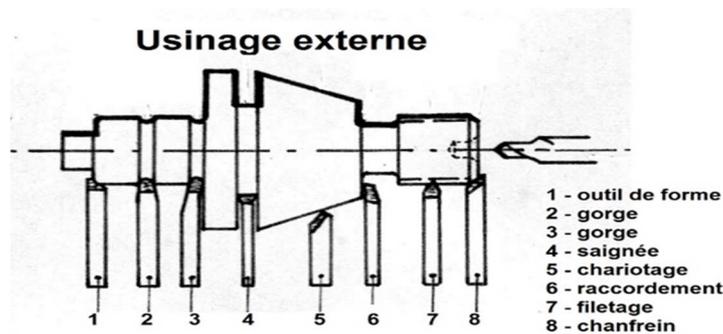


Figure 22 : Tournage externe [17].

II.3.2. Le tournage intérieur

Qui consiste à usiner une pièce de l'intérieur. Ce type d'opération comprend le pointage, le centrage, l'alésage, le rainurage.

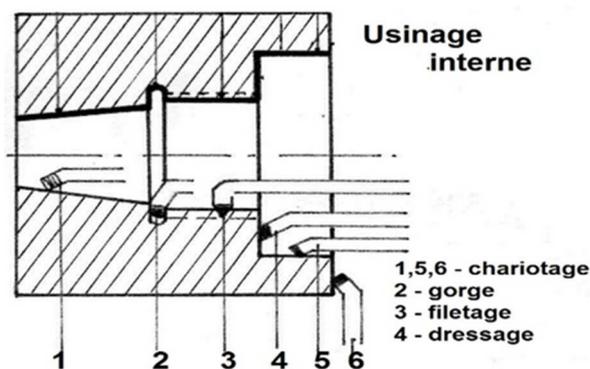


Figure 23 : Tournage interne [18]

II.4. Les opérations de base du tournage [20]

II.4.1. Le dressage

Est une opération où le mouvement d'avance est une translation rectiligne de l'outil perpendiculairement à l'axe de rotation de la pièce.

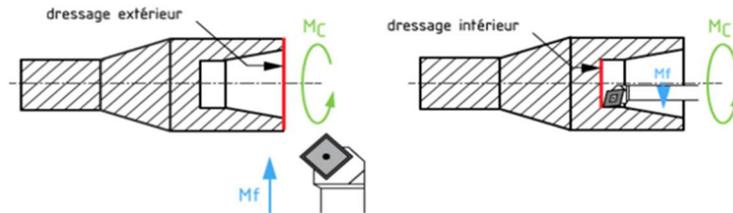


Figure 24 : Dressage [20]

II.4.2. Le chariotage

Est une opération où le mouvement d'avance correspond à une translation linéaire de l'outil parallèlement à l'axe de rotation de la pièce, cela a permis de produire des cylindres.

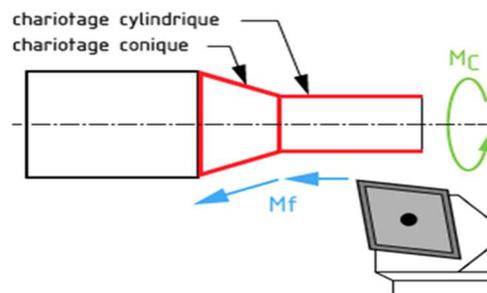


Figure 26 : Chariotage [20]

II.4.3. L'alésage

L'alésage est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique de qualité à l'intérieur d'une pièce.

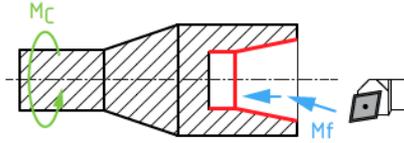


Figure 27 : Alésage [20]

II.4.4. Le chanfreinage

Le chanfreinage est une opération de tournage qui consiste à réaliser une surface en biseau ou en pente sur le bord d'une pièce afin de créer une transition douce entre deux surfaces adjacentes.

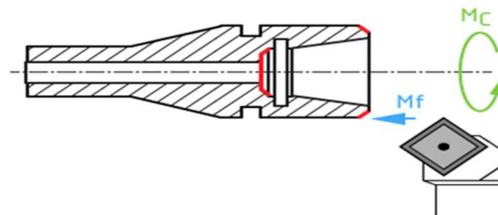


Figure 28 : Chanfreinage [20]

II.4.5. Le rainurage

Le rainurage est une opération de tournage qui consiste à créer une ou plusieurs rainures sur la surface extérieure d'une pièce. Les rainures peuvent avoir différentes formes, telles que des rainures droites, des rainures en V, des rainures hélicoïdales, etc.

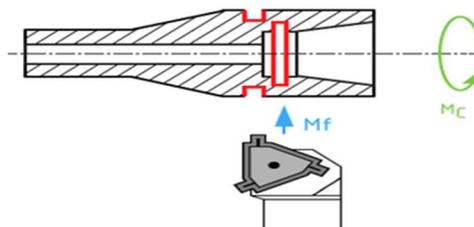


Figure 29 : Rainurage [20]

II.4.6. Le filetage

Est une opération qui consiste à créer des filets hélicoïdaux sur la surface extérieure d'une pièce, généralement sur un axe cylindrique.

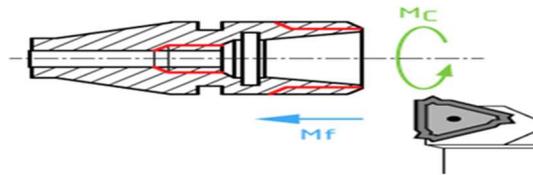


Figure 30 : Le filetage [20]

II.4.7. Le tronçonnage

Également connu sous le nom de coupe à la disqueuse ou coupe à la meule, est une opération de fabrication mécanique qui consiste à couper une pièce ou un matériau en utilisant une disqueuse ou une meule abrasive rotative.

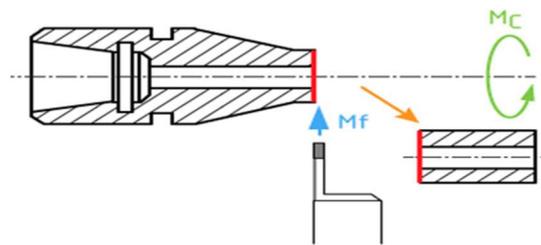


Figure 31 : Le tronçonnage [20]

II.4.8. L'épaulement

Est une opération qui combine à la fois le chariotage et le dressage. Cela signifie qu'il s'agit de réaliser à la fois une coupe en profondeur sur une partie de la pièce (chariotage) et d'obtenir une surface plane et lisse sur une autre partie de la pièce (dressage).

II.4.9. Le profilage

Est une opération qui consiste à réaliser des surfaces complexes et non cylindriques en utilisant une combinaison de surfaces cylindriques, planes, coniques, sphériques, etc.

Une fois que nous avons examiné les opérations du tournage il est maintenant essentiel de comprendre la définition du tour et son rôle dans ces processus.

II.5. Le tour

Est un dispositif de fabrication tout-en-un capable d'effectuer différentes opérations de tournage.

II.5.1. Les composants du tour

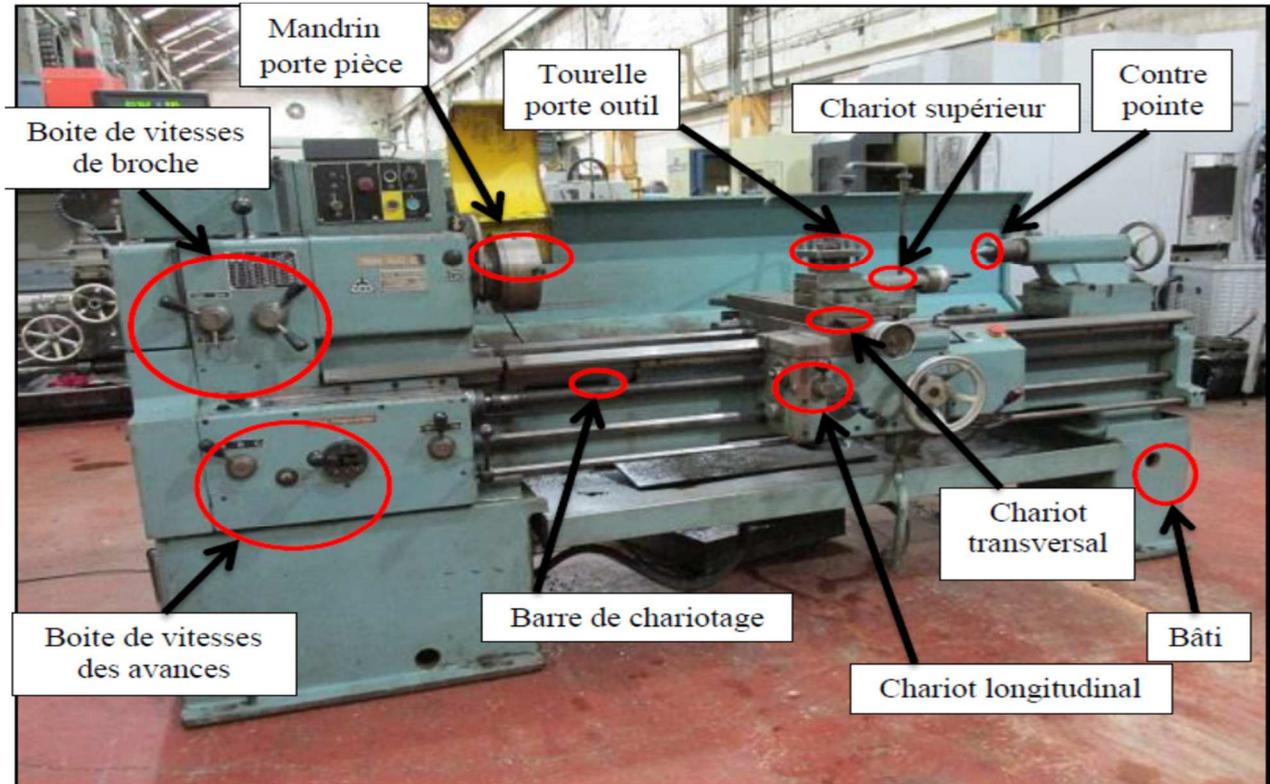


Figure 32 : Les composants du tour [23]

- Broche : C'est l'axe principal du tour sur lequel la pièce à usiner est fixée. La broche peut être entraînée par un moteur pour la faire tourner à une vitesse spécifiée.
- Tourelle ou porte-outils : Il s'agit d'une structure qui supporte les outils de coupe. La tourelle peut être équipée d'un revolver à outils pour changer rapidement d'outil pendant l'usinage.



Figure 33 : Tourelle

- Mandrin : C'est un dispositif de serrage utilisé pour fixer la pièce sur la broche. Il peut être à mort ou à pinces, selon le type de pièce et les besoins de serrage.



Figure 34 : Mandrin

- Système de déplacement : Les tours peuvent avoir différents axes de déplacement pour déplacer les outils et la pièce selon les besoins de l'usinage. Les axes principaux sont généralement l'axe X (déplacement transversal) et l'axe Z (déplacement longitudinal).
- Commandes : Les tours peuvent être équipés de commandes manuelles ou numériques pour contrôler les mouvements des outils, la vitesse de rotation de la broche, l'avance de coupe, etc.

II.5.2. Les différents types de tours

- Tour parallèle : également appelé tour horizontal ou tour universel. Il possède une broche horizontale et permet de réaliser des opérations de tournage extérieur et intérieur.



Figure 35 : Tour parallèle

- Tour vertical
- Tour à commande numérique (CNC)
- Tour automatique
- Tour à fileter
- Tour à copier
- Tour à revolver

II.6. Les outils de coupe

II.6.1. L'outil de coupe

Les outils coupants sont des dispositifs destinés à travailler la matière par enlèvement sous forme de copeaux.



Figure 37 : Outil de dressage

II.6.2. Les composant de l’outil



Figure 38 : Les éléments de l'outil

II.6.2.1. La partie active

La partie active d'un outil est principalement composée des éléments suivants : [10]

Tableau 2 : Eléments de la partie active de l'outil de coupe

1	Arête principale	
2	Face de coupe principale	
3	Face de coupe secondaire	
4	Face de dépouille principale	
5	Face de dépouille secondaire	
6	Bec de l'outil	
7	Arête secondaire	
8	Queue de l'outil	

II.6.2.2. Le corps de l'outil

Le corps de l'outil de coupe fait référence à la partie principale de l'outil qui relie la partie active au porte-outil ou au système de fixation.

II.6.3. Les types des outils de coupe en tournage [20]

- Les outils à charioter : Ces outils sont caractérisés par une direction de travail unidirectionnelle qui permet la réalisation de cylindres ou de cônes extérieurs sur la pièce, il y a trois types (Outil à charioter à plaquette, outil a charioté à barreau, outil a charioté à bras réglable).

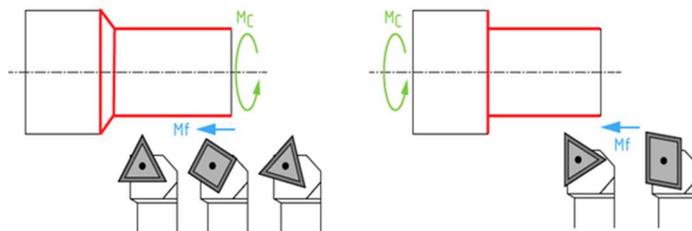


Figure 39 : Les outils à charioter [20]

- Les outils à dresser : Ces outils sont limités à une seule direction de travail perpendiculaire à l'axe de la pièce, ce qui leur permet de réaliser des surfaces planes à la fois à l'extérieur et à l'intérieur de la pièce. (Outils a dressé à barreau, a plaquette, a bras réglable).

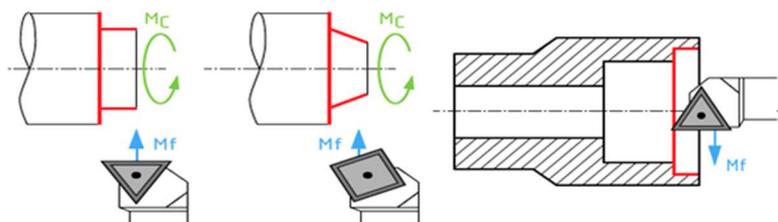


Figure 40 : Les outils à dresser [20]

- Les outils à aléser : Les outils à aléser sont spécialement conçus pour réaliser des cylindres ou des cônes à l'intérieur de la pièce. Ils sont caractérisés par une seule direction de travail, permettant d'usiner l'intérieur de la pièce pour obtenir des surfaces cylindriques ou coniques de précision.

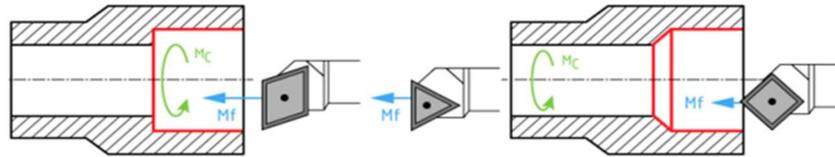


Figure 41 : Les outils à aléser [20]

- Les outils de rainurage : ces outils sont spécifiquement conçus pour effectuer des opérations de rainurage. Ils sont utilisés pour créer des rainures ou des cannelures sur les surfaces d'une pièce.

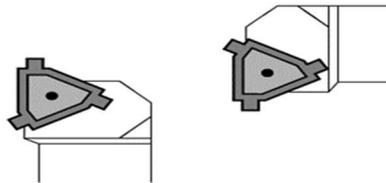


Figure 42 : Les outils à rainurer [20]

- Les outils à tronçonner : Ces outils sont dédiés à la réalisation des opérations de tronçonnage, permettant de couper, séparer ou sectionner une pièce avec précision et efficacité.



Figure 43 : Les outils à tronçonner [20]

II.7. Le choix de l'outil de coupe

II.7.1. Géométries de l'outil [1]

La géométrie de l'outil, y compris l'angle de coupe, le rayon de bout, l'angle d'arête et d'autres paramètres, doit correspondre aux exigences spécifiques de l'opération de tournage.

II.7.2. Le matériau de l'outil

Le matériau de l'outil doit être adapté aux matériaux de la pièce à usiner.

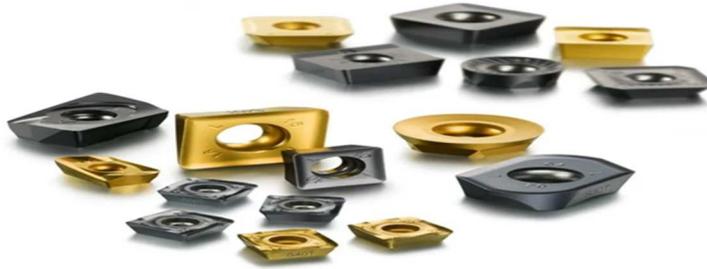


Figure 44 : Pastis de l'outil de coupe

Les différents matériaux d'aciers de coupe :

Acier au carbone

Acier tungstène

Les stellites

Les carbures de tungstène

Les céramiques

Les diamants industriels

II.7.3. Condition de coupe

II.7.3.1. Vitesse de coupe

La vitesse de rotation constitue le premier paramètre essentiel de l'opération de tournage, car elle détermine la cinématique et la dynamique du procédé. Lors de l'utilisation d'un tour, la pièce est entraînée à une vitesse spécifique, notée ω (en rad/s) ou N (en tr/min), par le biais de la broche et du porte-pièce. Cette vitesse de rotation est ajustée par l'opérateur sur la machine-outil en fonction des besoins de l'opération. [21]

Pour un point d'usinage donné situé sur un diamètre D (en m), la vitesse relative de la pièce, également appelée vitesse de coupe VC (en m/s).

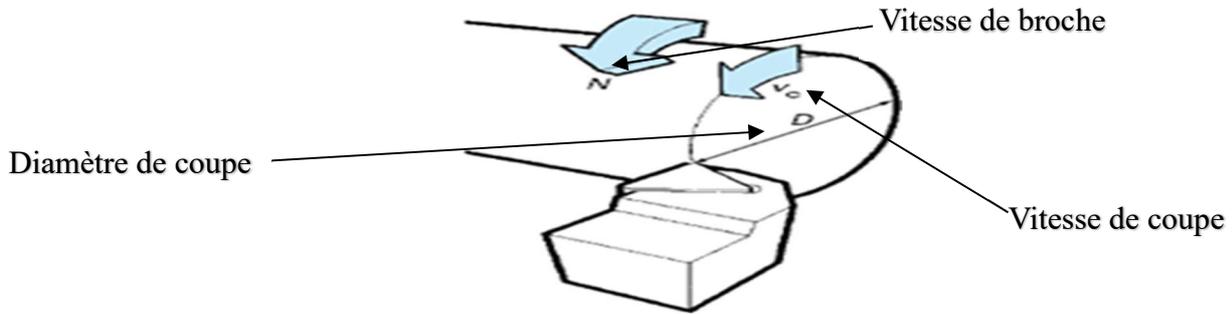


Figure 45 : Vitesse de coupe [21]

Peut être calculée de la manière suivante :

$$V_c = \frac{D}{2} \cdot \omega \quad (9)$$

V_c : vitesse de coupe (m/min)

D : diamètre (mm)

N : vitesse de rotation (tr/min)

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad [\text{m/min}] \quad (10)$$

Avec

$$N = \frac{1000 \times V_c \left(\frac{\text{m}}{\text{min}} \right)}{\pi \times D(\text{mm})} \quad [\text{tr/min}] \quad (11)$$

- Une augmentation de la vitesse de coupe tend à réduire la rugosité de surface. Cela est dû à une diminution de l'effet d'adhérence entre l'outil de coupe et la pièce, ce qui réduit la formation de copeaux irréguliers.
- Cependant, une vitesse de coupe trop élevée peut provoquer une augmentation de la température de coupe, ce qui peut entraîner une usure prématurée de l'outil et une détérioration de la qualité de surface.

II.7.3.2. Vitesse d'avance V_f

La vitesse d'avance (V_f) en mm/min représente la vitesse de déplacement de l'outil par rapport au bâti. L'avance par tour (f) en mm/tr correspond quant à elle au déplacement de l'outil ou de la pièce pour un tour complet. L'avance par tour est considérée comme une référence cruciale car elle a un impact direct sur la qualité de la surface usinée et la charge exercée sur l'outil. Elle influence également l'épaisseur des copeaux et leur mode de segmentation. [21]

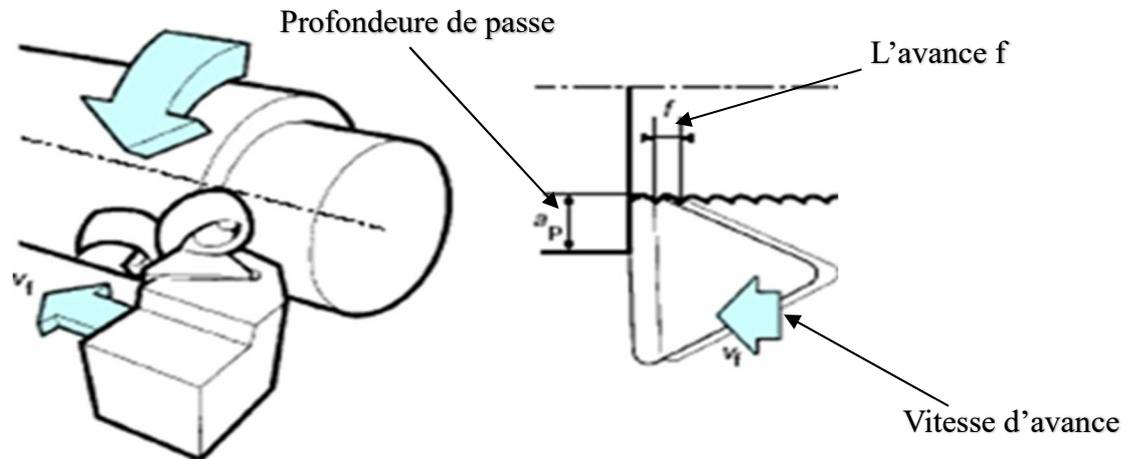


Figure 46 : Vitesse d'avance [21]

Toutes ces variables sont interconnectées par la formule suivante :

$$(12) \quad Vf = f \cdot N \quad [\text{mm/min}]$$

$$f \text{ Ebauche} = 0.4 \times R\epsilon$$

$$f \text{ Finition} = 0.2 \times R\epsilon$$

$R\epsilon$: rayon de bec de l'outil

- Une augmentation de l'avance peut conduire à une augmentation de la rugosité de surface. Cela est principalement dû à une augmentation de la déformation plastique du matériau de la pièce.
- Une avance plus faible peut réduire la rugosité de surface, mais cela peut également augmenter le risque de vibrations, ce qui peut détériorer l'état de surface.
-

II.7.3.3. La profondeur de passe a_p

La vitesse d'avance est mesurée perpendiculairement à la direction de l'avance plutôt qu'au niveau de l'arête de l'outil. Par exemple, lors du chariotage, elle correspond à la différence de rayon entre la surface usinée et la surface précédente.

Bien que la vitesse d'avance soit un critère important pour choisir entre l'ébauche et la finition, elle reste secondaire par rapport aux paramètres précédemment mentionnée. La profondeur de passe est souvent limitée technologiquement à environ 2/3 de la longueur utile de l'arête de coupe utilisée, ainsi qu'à la puissance disponible sur la broche. [21]

La profondeur de coupe (a) a impact direct sur l'état de surface obtenue après l'usinage :

- Une augmentation de la profondeur de coupe peut augmenter la rugosité de surface. Cela est dû à une augmentation de la quantité de matière enlevée et à une déformation accrue du matériau.
- Une profondeur de coupe plus faible peut améliorer la rugosité de surface, mais cela peut également entraîner une augmentation de l'usure de l'outil.

Tableau 3 : Les vitesses de coupe en fonction de quelques aciers [22]

Nuance ISO	Matériaux à usiner	Tournage d'extérieur				Tournage filetage	
		Acier rapide	Carbure	Acier rapide	Carbure	Acier rapide	Carbure
P	Avance f en mm/tr	0.05 à 0.1	0.1 à 0.2	0.1 à 0.2	0.2 à 0.3	$f = \text{pas de filet}$	
	Acier non allié	50	40	20	200	35	120
	Acier faiblement allié	30	20	150	130	20	80
	Acier fortement allié	20	15	120	100	15	60
	M	Acier inoxydable	25	20	150	130	20
V_c [m/min]							

II.7.4. Le type de lubrification/refroidissement [8]

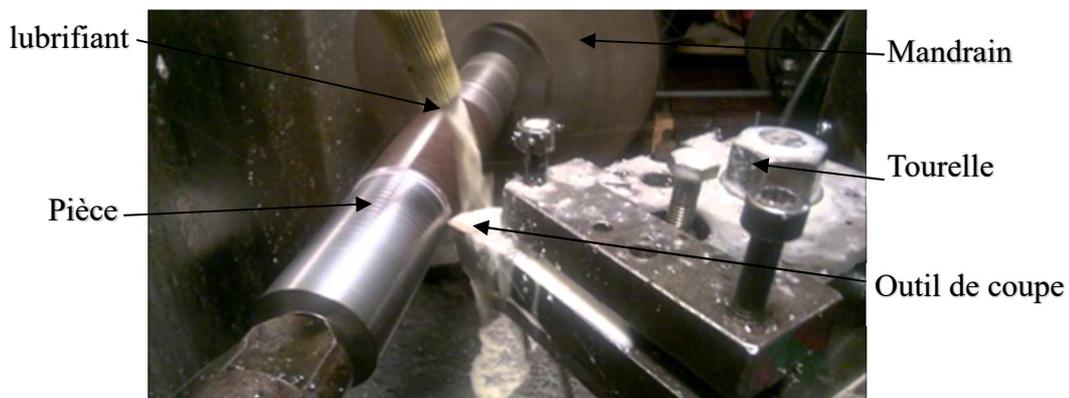


Figure 47 : Lubrifiant [8]

- Les huiles de coupe (synthétique, conventionnels (l'huile minérale))
- Les huiles émulsionnables (des huiles mélangées avec de l'eau)
- Huiles de coupe haute performance.

II.7.5. Coût et durée de vie de l'outil

Le coût de l'outil et sa durée de vie prévue doivent être pris en compte. Il est essentiel de trouver un équilibre entre la qualité de l'outil, sa longévité et son coût, pour assurer une productivité efficace et économique.

II.8. Conclusion :

Il existe différents processus d'usinage tels que le tournage, le fraisage, le perçage, etc. chacun adapté à des besoins spécifiques et à des types de matériaux différents.

Le choix du processus d'usinage approprié dépend de plusieurs facteurs, tels que la forme de la pièce, le matériau à usiner, les tolérances requises et les exigences de qualité de surface.

CHAPITRE III :
EXPERIMENTATION ET DISCUSSIONS DES
RESULTAS

III.1. Le but de l'étude

Comprendre l'impact de la dureté sur la rugosité en examinant comment la variation de la dureté influence la rugosité de la pièce usinée.

III.2. La définition des échantillons

Le choix d'étudier trois échantillons d'acier nous permet d'obtenir des résultats plus représentatifs, une meilleure cohérence, une compréhension des variations spatiales et une fiabilité statistique accrue dans notre étude.



Figure 49 : Acier XC38



Figure 50 : Acier A60



Figure 51 : Acier 42CD4

Tableau 4 : Définition des aciers utilisés

Acier	Désignation	Diamètre (mm)	Longueur (mm)
A60	Acier non allié	50	30
42CD4	Acier faiblement allié	50	30
XC38	Acier allié à 0.38% de carbone	50	30

III.3. L'opération tournage (Dressage)



Figure 52 : Tour



Figure 53 : Opération dressage

III.3.1. Paramètres de coupe utilisés

Tableau 5 : Les paramètres de coupe de notre opération

Acier	Diamètre de chaque pièce d'acier D(mm)	Vitesse de broche N(tr/min)	Vitesse de coupe Vc (m/min)	Profondeur de coupe a _p (mm)
A60	50	720	113	0.3
42CD4	50	720	113	0.3
XC38	50	720	113	0.3



Figure 54 : Les échantillons de l'acier après dressage

III.4. Mesure de la rugosité :

Nous avons utilisé un appareil de mesure de la rugosité qu'on appelle un rugosimètre de la marque LITEsurF, cet appareil qui utilise un palpeur qui pivote à 90° permettant de calculer perpendiculairement à l'axe pour collecter des données sur la surface de la pièce il est connecté à une application Roughness Studio sur pc ou bien sur smartphone qui permet de paramétrer l'instrument et de lancer des essais d'où nous donner les renseignements spécifiques à notre étude.

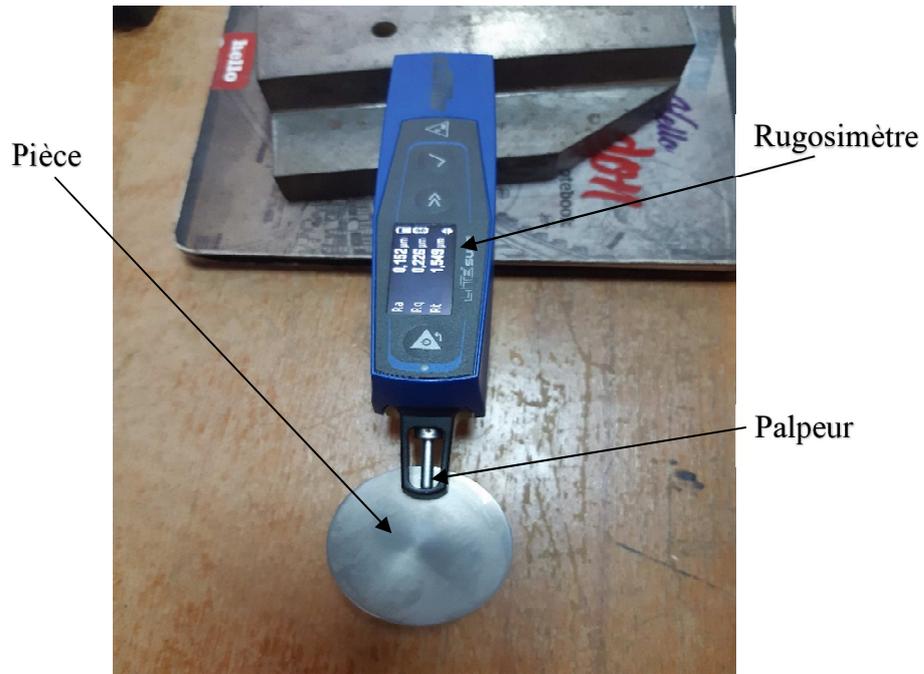


Figure 55 : Rugosimètre

Les résultats fournissent une mesure quantitative de la surface de la pièce après l'opération de tournage. La rugosité reflète les variations microscopiques de la surface, telles que les irrégularités, les ondulations et les défauts.

III.5. Polissage des échantillons

Cette étape de préparation de la surface est essentielle pour éliminer les imperfections, les aspérités et les traces de l'opération de dressage, afin d'obtenir une surface lisse et uniforme.



Figure 56 : Polisseuse METASERV 200

Cette polisseuse est équipée de disques ou de papiers abrasifs qui permettent d'éliminer rapidement les marques d'usinage afin d'obtenir une surface lisse. La sélection des disques abrasifs dépend de la nature du matériau utilisé.

Nous avons utilisé une séquence de disques avec des grains de 400, 800, 1000, 1500 et 2000 pour obtenir le niveau de lissage souhaité.



Figure 57 : Echantillons d'acier après polissage

III.6. Mesure de la dureté :

Une fois les pièces ont été polies, nous avons utilisés un duromètre adapté à la micro dureté.



Figure 58 : Duromètre Qness 250 CS.

On a appliqué une charge qui est $F= 0.5 \text{ N}$.

Dans ce type de duromètre, un pénétrateur de diamant en forme de pyramide à base carrée est utilisé pour appliquer une charge sur la surface de l'échantillon.

La charge est maintenue pendant une durée déterminée, puis retirée. L'indentation résultante forme une empreinte caractérisée par des diagonales qui sont mesurées avec précision.

Le duromètre Vickers est relié à un écran qui affiche les mesures des diagonales de l'indentation, généralement à l'aide d'un microscope optique, et calcule ensuite la dureté Vickers en utilisant une formule spécifique.

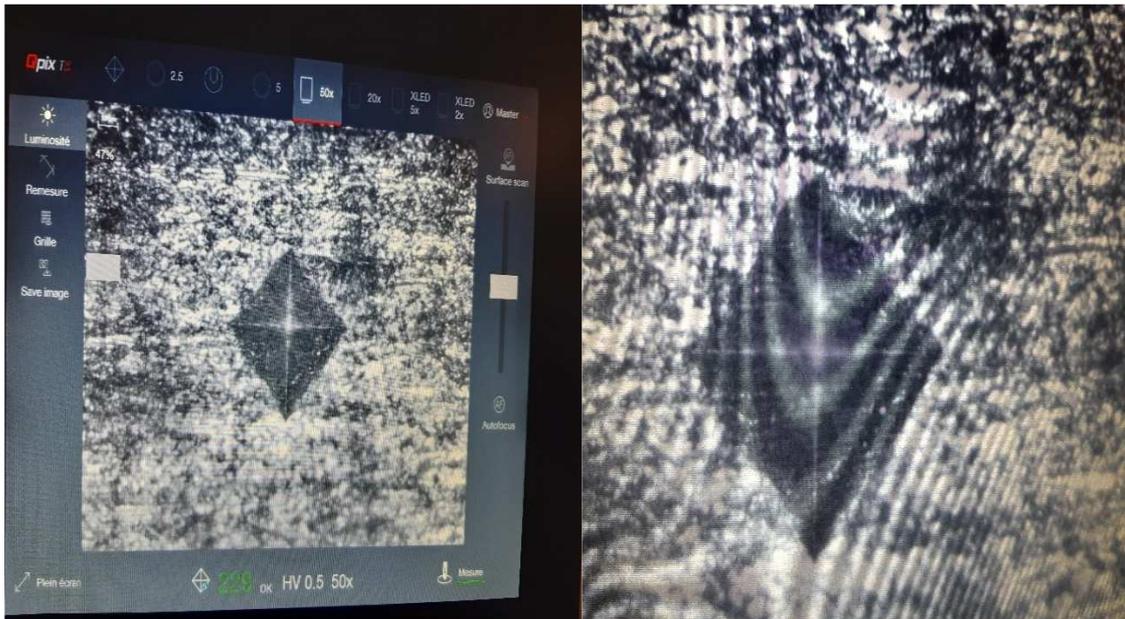


Figure 59 : Empreinte de l'essai de dureté sur l'acier XC38

Figure 60 : Empreinte de l'essai de la dureté sur l'acier A60



Figure 61 : Empreinte de l'essai de dureté sur l'acier 42CD4

III.7. Résultats obtenus

III.7.1. Les états de surface obtenus

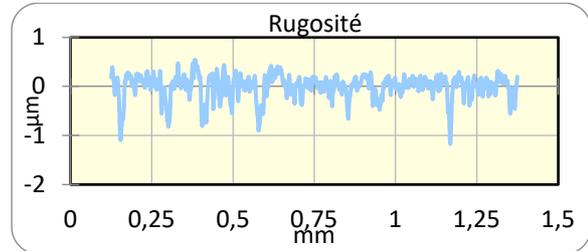
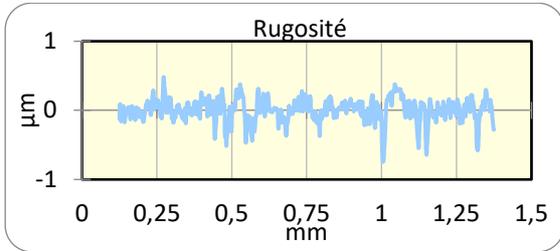
Matériau : 42CD4

Etat de surface autour du centre de la pièce

Etat de surface loin du centre de la pièce

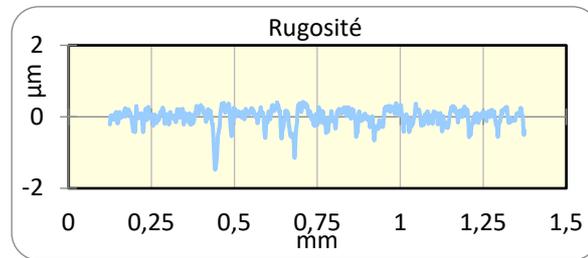
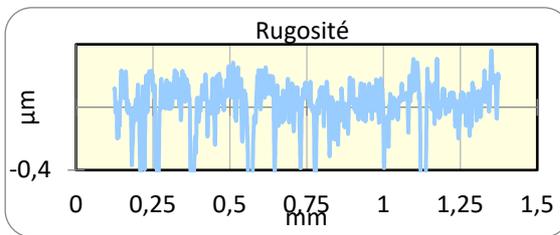
Ra = 0,121µm

Ra = 0,191µm



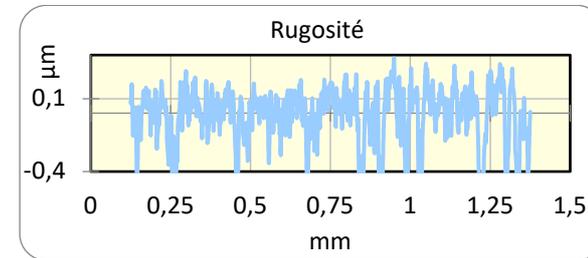
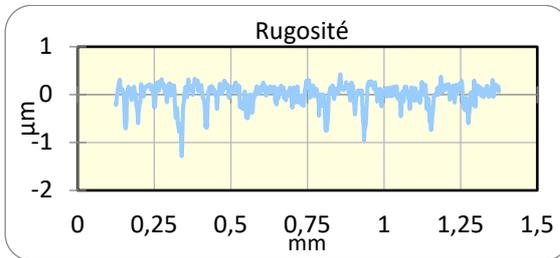
Ra = 0,129µm

Ra = 0,188µm



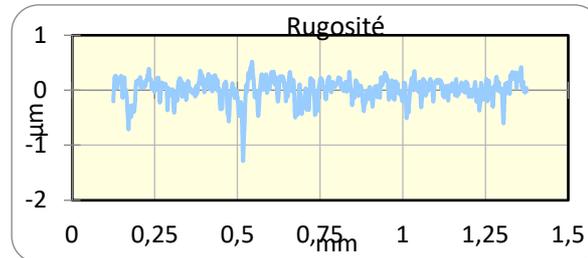
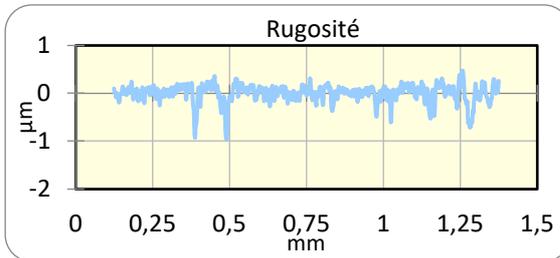
Ra = 0,162µm

Ra = 0,167µm



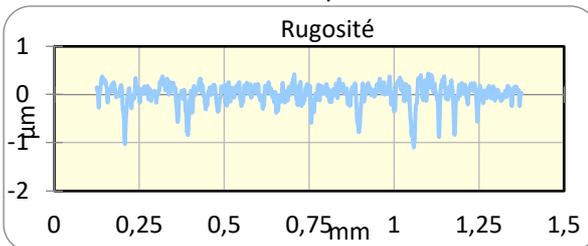
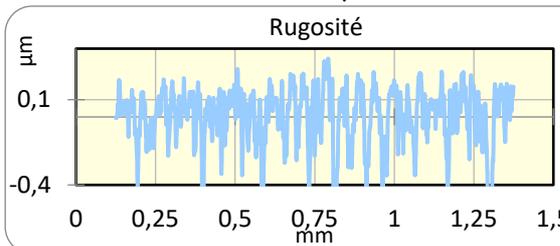
Ra = 0,130µm

Ra = 0,148µm



Ra = 0,140µm

Ra = 0,152µm



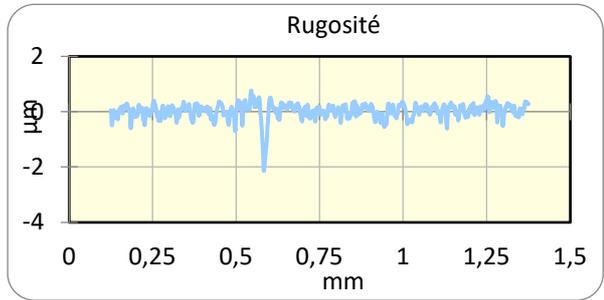
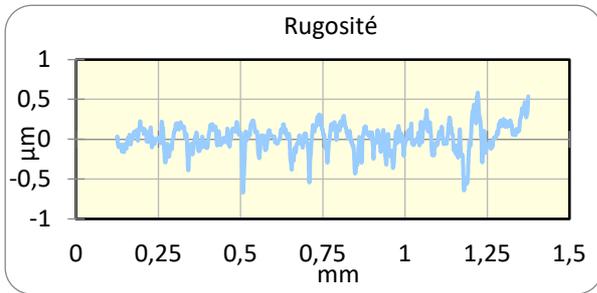
Matériau : A60

Etat de surface autour du centre de la pièce

Etat de surface loin du centre de la pièce

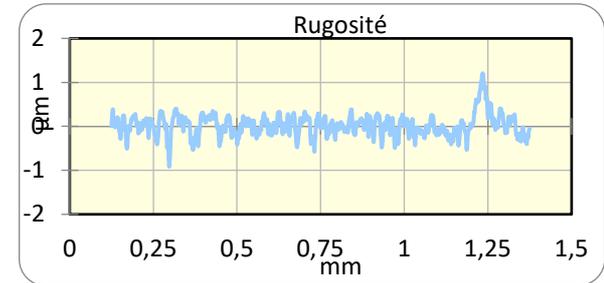
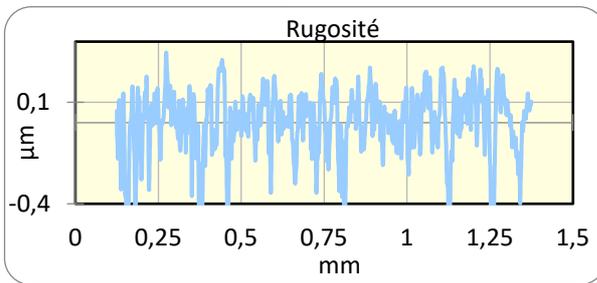
Ra = 0,128µm

Ra = 0,192µm



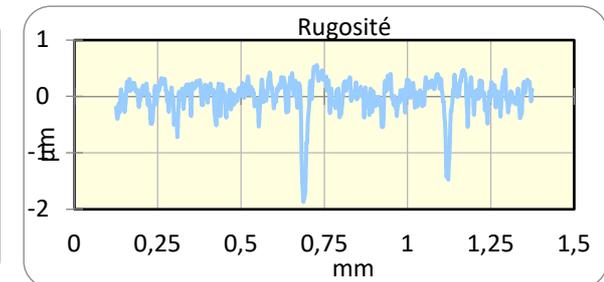
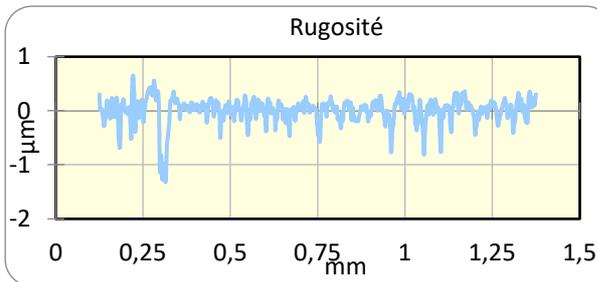
Ra = 0,130µm

Ra = 0,188µm



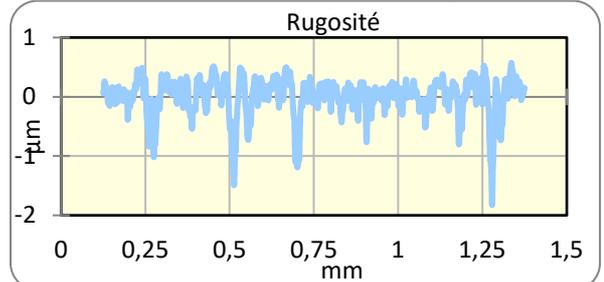
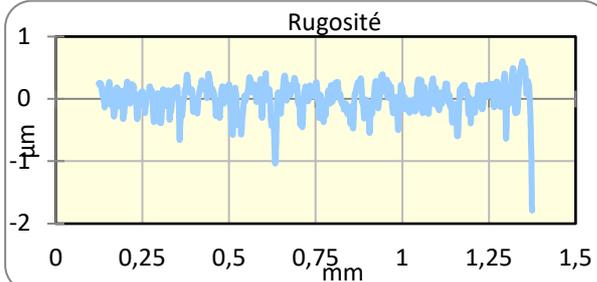
Ra = 0,162µm

Ra = 0,200µm



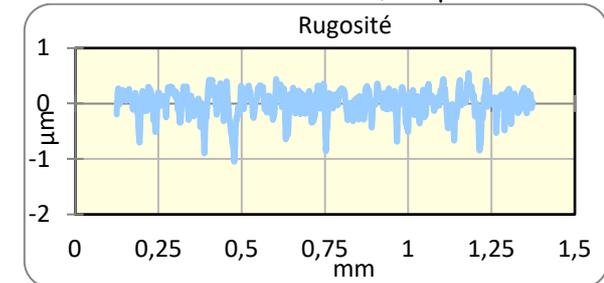
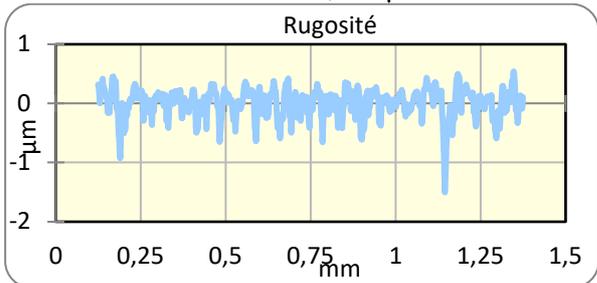
Ra = 0,177µm

Ra = 0,223µm



Ra = 0,184µm

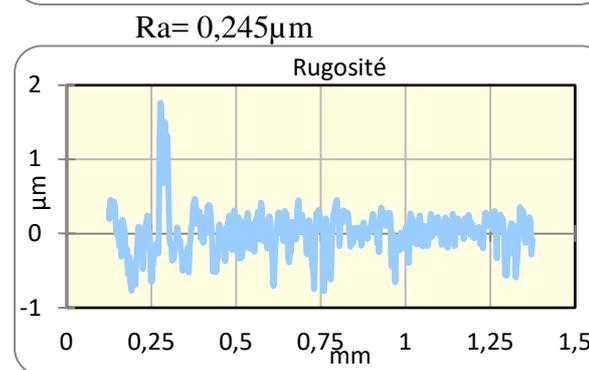
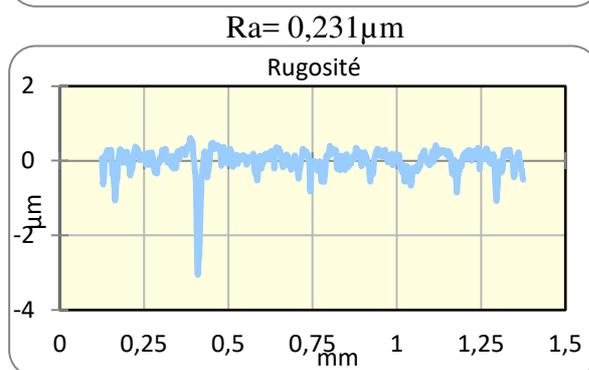
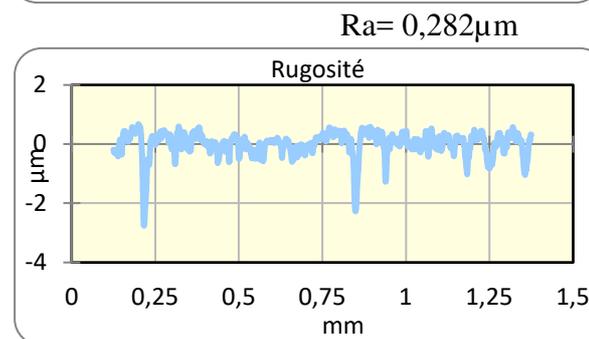
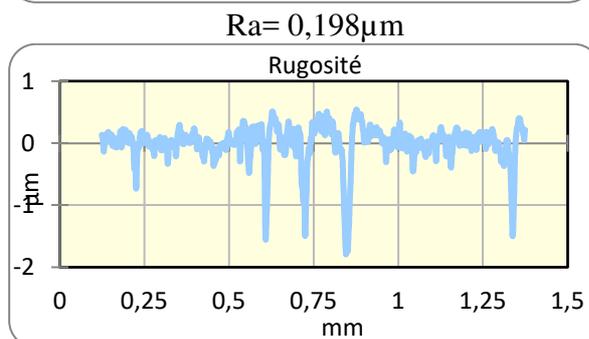
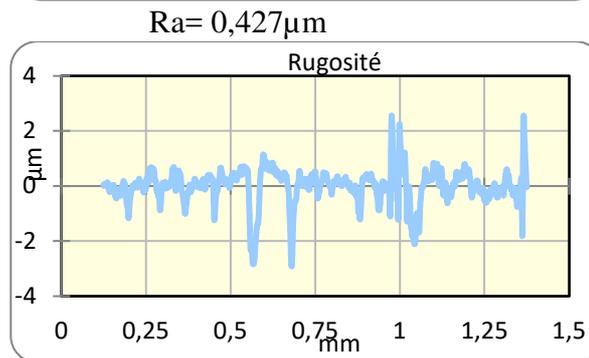
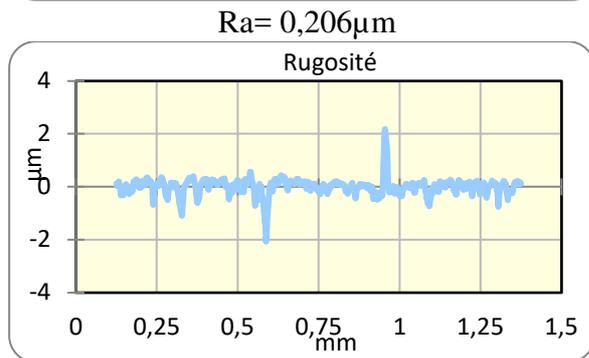
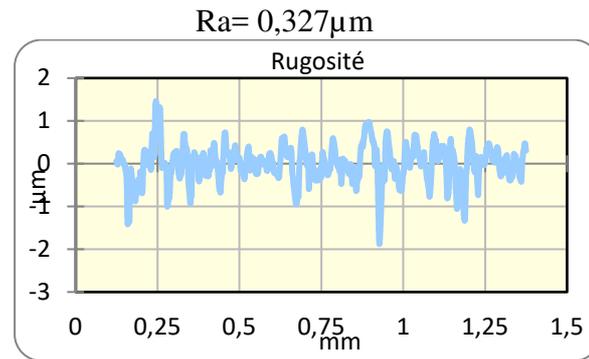
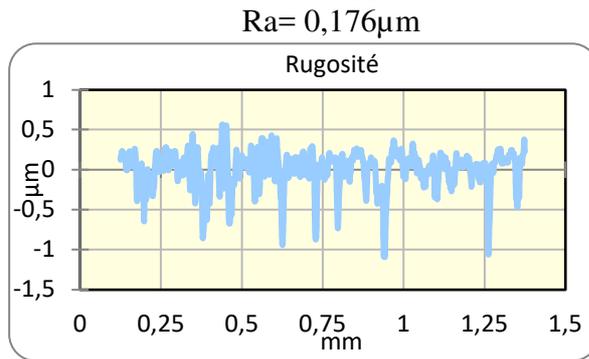
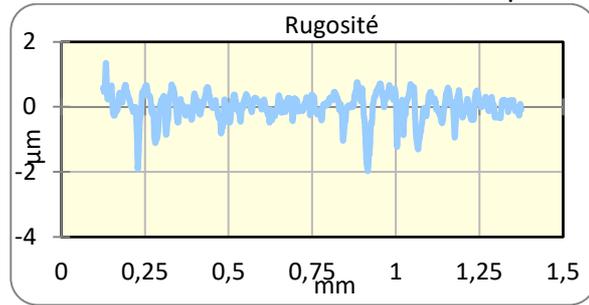
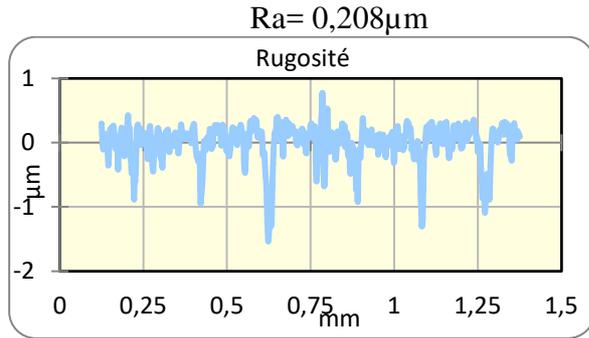
Ra = 0,181µm



Matériau : XC38

Etat de surface autour du centre de la pièce

Etat de surface loin du centre de la pièce



III.7.2. Représentation graphique de la variation des 3 aciers en fonction de l'épaisseur de la pièce

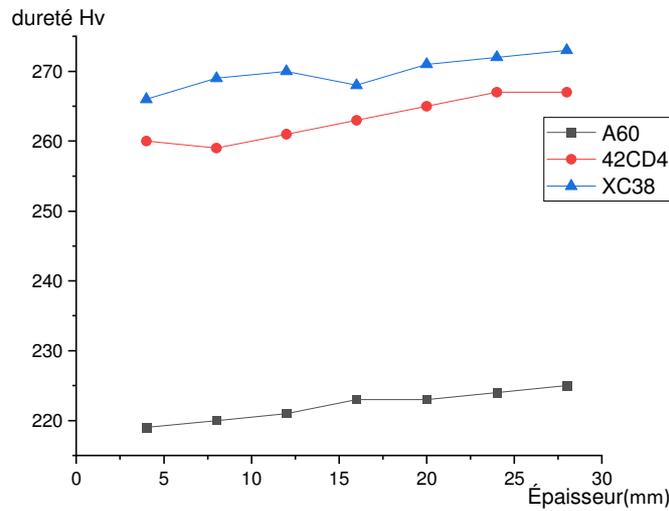


Figure 62: Variation de la dureté à proximité du centre de la pièce

L'acier A60, présente une plage de dureté de [219 à 228] Vickers avec une augmentation linéaire. En revanche, les aciers alliés, tels que l'acier 42CD4 et l'acier XC38, affichent une dureté respective de [260 à 265] Vickers et [265 à 280] Vickers. La courbe de dureté montre également une augmentation considérée comme linéaire, avec une légère diminution observée à 8 mm d'épaisseur pour l'acier 42CD4 et à 16 mm d'épaisseur pour l'acier XC38.

Ces diminutions ponctuelles de dureté peuvent être attribuées à des facteurs tels que la porosité ou des défauts de solidification présents dans la microstructure de ces aciers.

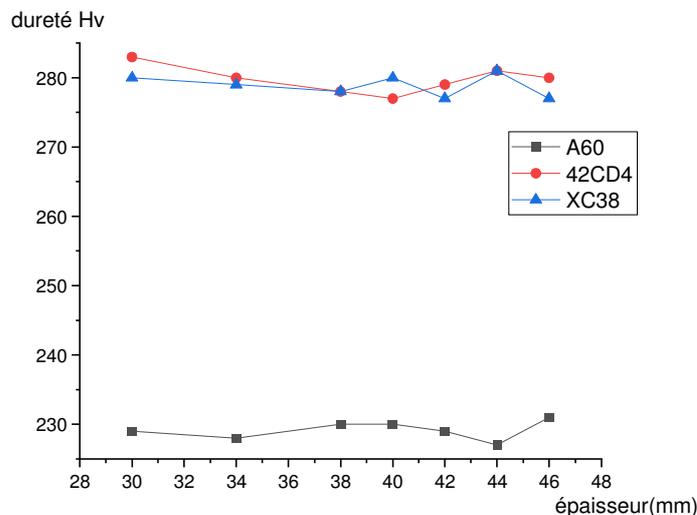


Figure 63 : Variation de la dureté à proximité de la pièce

Les résultats sont confirmés lors de l'essai de la dureté loin du centre de la pièce représenté dans la figure (63) ou la dureté de l'acier A60 dans l'extrémité de la pièce représente un intervalle de [229 à 235] Vickers.

L'acier 42CD4 conte a lui sa dureté varie entre [279 à 280] Vickers.

L'acier XC38 présente une dureté de [290 à 295] Vickers qui marque la dureté supérieure des aciers traité, en revanche on remarque que la courbe est linéaire et a tendance à se stabiliser en se rapprochant de l'extrémité.

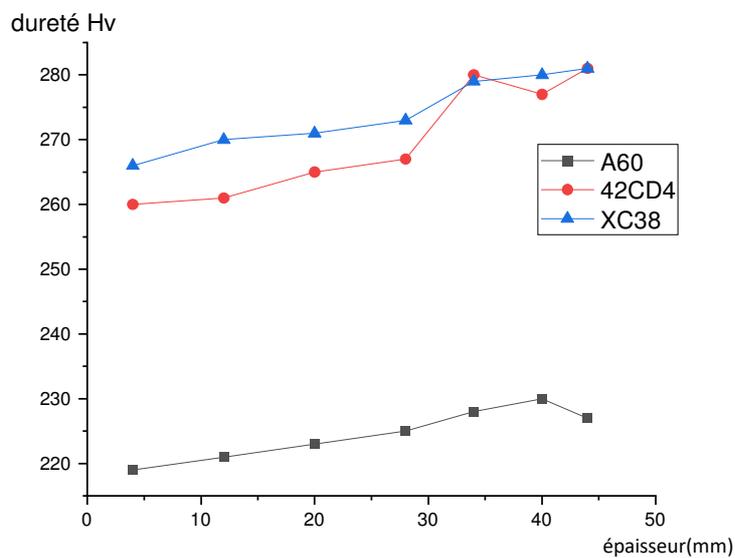


Figure 64 : Variation de la dureté en fonction de l'épaisseur de la pièce

Cette courbe met en évidence de manière claire et cohérente que l'acier pur présente une dureté inférieure à celle des aciers alliés.

Cette courbe démontre que la dureté augmente de manière linéaire depuis le centre dans l'intervalle [8 mm à 40 mm]. On observe une légère augmentation continue qui tend à se stabiliser lorsqu'on se rapproche de l'extrémité dans l'intervalle [40 mm à 50 mm]. On remarque également une diminution qui tend à se stabiliser.

Ce que l'on peut déduire de cette courbe, c'est que la dureté au centre des pièces est inférieure à celle de l'extrémité, ce phénomène constituant l'objet de notre étude.

III.7.3. La variation de la dureté en fonction de la rugosité

À présent, nous allons vous présenter les résultats finaux :

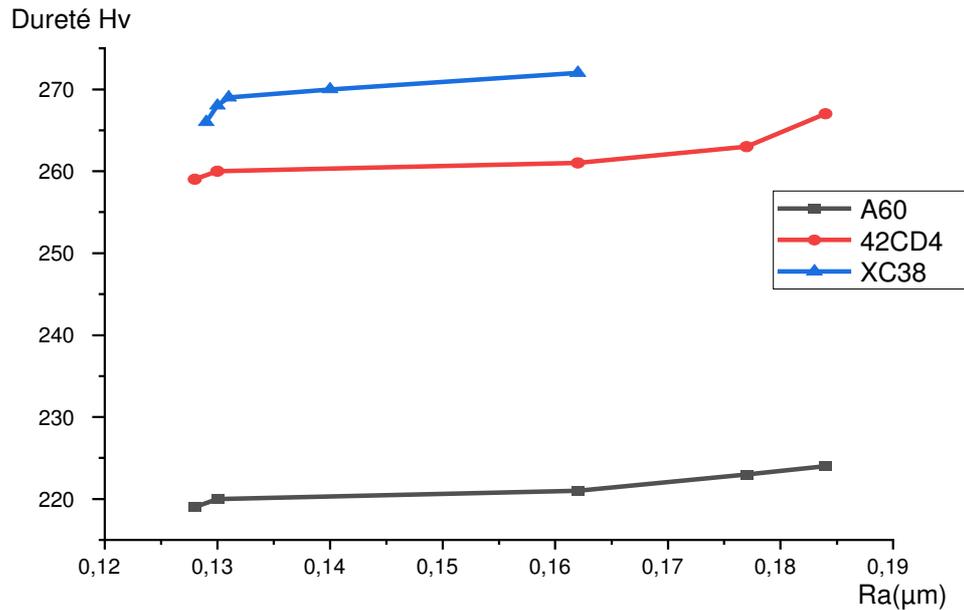


Figure 65 : Variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité du centre de la pièce

On peut observer que les trois courbes présentent une tendance générale à une légère augmentation (dureté faible) de la dureté avec l'augmentation de la rugosité près du centre de la pièce.

On remarque aussi que la dureté des aciers alliés est considérablement plus élevée que celle de l'acier pur, même en tenant compte des irrégularités de surface.

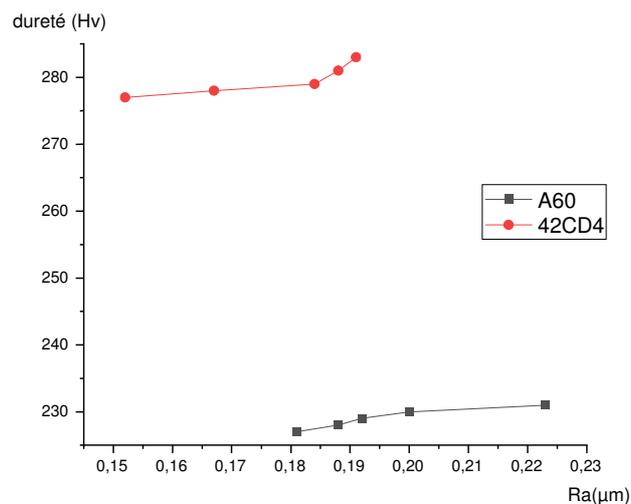


Figure 66: Variation de la dureté en fonction de la rugosité à proximité de l'extrémité de la pièce

On observe que la dureté des deux courbes commence à augmenter à mesure que l'on se rapproche de l'extrémité de la pièce, ce qui peut être expliqué par la présence d'irrégularités plus importantes à cet endroit par rapport au centre de la pièce.

La dureté de l'acier A60 est constamment inférieure à celle de l'acier faiblement allié.

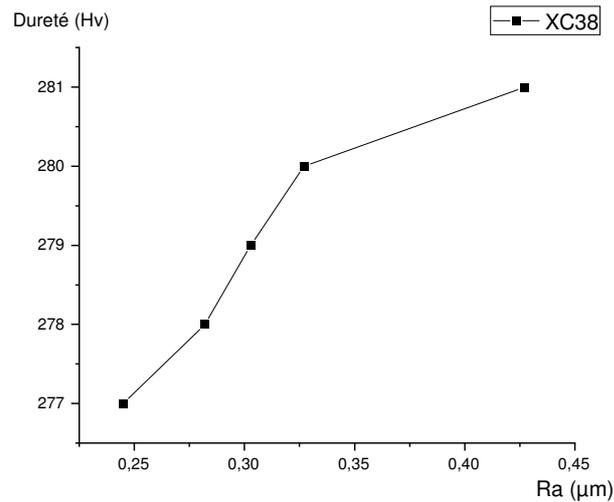


Figure 67 : Variation de la dureté en fonction de la rugosité à l'extrémité de la pièce XC38

Les résultats de la figure (66) sont confirmés par la figure (67), montrant que la dureté à l'extrémité de la pièce est effectivement plus élevée que celle au centre de la pièce, comme le montre la courbe de dureté croissante avec l'augmentation de la rugosité.

III.8. Conclusion des résultats obtenue :

- La dureté Vickers est faible en intensité à proximité de la zone du centre de la pièce
- Par contre la dureté Vickers augmente à fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre de la pièce
- une rugosité supérieure est constatée près de l'extrémité de la pièce par rapport à celle de la zone à proximité du centre
- Les couches au voisinage des extrémités présentent une compression traduite par des duretés supérieurs ceux-ci revient aux contraintes résiduelles survenues lors de la mise en forme du matériau
- Les aciers alliés utilisés ont présentés les mêmes résultats obtenus que ceux de l'acier pur concernant la variation de la dureté en fonction de l'épaisseur de la pièce ou en fonction de la rugosité Ra

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Les différences de duretés, constatés entre le centre et l'extrémité des pièces en Aciers et Aciers alliés utilisés ont montrés que la dureté obtenue lors des tests est définie par :

- La différence des états de surfaces ou rugosités des différentes zones du matériau.
- La différence des intensités accentuée en 2 zones spécifiques (centre et extrémité).
- Le gradient de température entre le centre et l'extrémité crée lors de la mise en forme et qui influence l'état de surface et par la suite sa dureté.
- Le contrôle de l'opération de refroidissement au moment de la mise en forme qui peut éliminer les différentes contraintes peuvent créés des zones de surfaces hétérogènes.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographies

- [1]. Machining Data Handbook, third edition, Vo1.2, Machinability Data.
- [2]. grande, Juan David Puerta Velasquez. Etude des copeaux et de l'intégrité de surface en usinage à.
- [3]. BENZAADA, SAID. TRAITEMENTS THERMIQUES , classification et designation des aciers et fontes . BISKRA : 2010.
- [4]. cinq-fraix, laurence. Qu'est-ce que l'acier ? 07 30, 2018.2018/08/quest-ce-que-lacier.pdf.
- [5]. Seb. designation matériaux . Versailles FRANCE : lycee ferry versailles, 2016.
- [6]. Cybel. Glossaire technique (coefficient de poisson) Cybel.
- [7]. Kenza, MOKRANI. microstructure et caractérisation d'un Acier BS2. ALGERIE/Biskra, 2018-2019. memoire master 2.
- [8]. Carré, Gillet. Statique et résistance des matériaux (chapitre 6 :contraintes et déformation).
- [9]. bochynski, luc. Metaux details services. 10 17, 2006. [Cited: 04 19, 2023.]
- [10]. THE 4 TYPES OF HEAT TREATMENT STEEL UNDERGOES. kloeckner metals. 2022.
- [11]. HEUTTE, Gerard. Forge et couttellerie.Coustil, 2004.
- [12]. Ahmet. Hardness test . 2015.
- [13]. Ouahiba, Tamellah. Effet des traitements mécanique de surface (TMS) sur l'écrouissage et la tenacité d'un acier . ALGERIE/Aanaba, 2012. Memoire en vue de l'obtention du diplome de MAGISTER .
- [14]. Importance of Hardness Testing. CIANFLONE SCIENTIFIC,KING.
- [15]. BLUNT L., JIANG X. : Advanced techniques for assessment surface topography : development of a basis for 3D surface texture standards" surfstand". Elsevier, 2003.
- [16]. BLUNT L. : Application of the lifting wavelet to rough surfaces.precision engineering 25, 2 (2001) 83-89.
- [17]. Mesure de la rugosité de surface : paramètres olympus (microscope industriel).
- [18]. Module3:selection of manufacturing processes . Version 2 ME IIT, Kharagpur.

Bibliographies

[19]. Fouad, TIGRINE Moussa FERADJ. encadré par M SAHALI. condition de coupes en tournage des aciers durs,dans le but de recuperer les galets de tréfilage problème posé par l'EURL RELLY METAL. ALGERIE/Akbou Bejaia, 2013/2014. memoire pour l'obtention de MASTER .

[20]. Cosmin GRUESCU Frédéric DEFOURNE, Philippe QUAEGEBEUR. préparation de production en productique mécanique -etude de fabrication et analyse d'usinage . université de Lille de France : université numerique ingenierie et technologie, 2015.

[21]. Maurel-Pantel, Aurelien. Etude expérimentale et modélisation par element finis du procédé du fraisage :application a l'indentification paramétrique des loi de comportement . FRANCE/Université de Franche-Comté, 09 08, 2009. Thèse doctorat.

[22]. Tecra, Les conditions de coupes.2010,13.

[23].M Methia, Diapo Tp CFAO.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact de la dureté sur la rugosité de la surface usinée des aciers A60, 42CD4 et XC38. L'étude a été réalisée en mesurant la dureté et la rugosité des pièces, en se concentrant sur les différences entre le centre et l'extrémité de chaque pièce. Les résultats obtenus montrent une corrélation entre l'augmentation de la micro dureté et l'augmentation de la rugosité de la surface usinée. Cette observation met en évidence l'importance de la micro dureté dans la détermination de l'état de surface des pièces usinées.

Les mots clés : la rugosité, la micro dureté et l'état de surface.

Abstract

The objective of this study is to investigate the influence of hardness on the surface roughness of machined steels A60, 42CD4, and XC38. Different measurements, including hardness and roughness measurements, were employed to examine the variation between the center and the edge of the workpiece. The results indicate a correlation between increasing microhardness and higher surface roughness. This finding highlights the significance of microhardness in determining the surface quality of machined parts.

The keywords: roughness, microhardness, and surface condition.